สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON CHANGES IN PHYSIOLOGY AND PROPERTY OF PECTIN IN BRUISED PAPAYA

T132472

จุฑามาศ แสงสว่าง

JUTHAMAS SANGSAWANG

วว
ว126ผ
2556
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 132472
วัน,เดือน,ปี 18 ก.ค. 2557
b.12609829
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-AG-M-021-154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF 1-METHYLCYCLOPROPENE ON CHANGES IN PHYSIOLOGY AND PROPERTY OF PECTIN IN BRUISED PAPAYA

JUTHAMAS SANGSAWANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

KMITL-2013-AG-M-021-154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจุฑามาศ แสงสว่าง
รหัสนักศึกษา	53640307
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชสวน
พ.ศ.	2556
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ลำแพน ขวัญพูล

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลที่ได้รมสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำโดยการตกกระทบด้วยลูกเหล็กหนัก 740 กรัม ที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร มีพื้นที่รอยช้ำน้อยกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร และพบว่าผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ได้รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี และพันธุ์ปลักไม้ลายที่รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง สามารถชะลออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ลดพื้นที่รอยช้ำและพื้นที่การเกิดโรค ชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด และการอ่อนนุ่มในผลมะละกอ ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำได้ดีกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า การรมผลมะละกอด้วยสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีและมีปริมาณ TSS ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร

สำหรับการศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทุกทรีตเมนต์มีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ และในสารละลาย KOH เพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รมสารและทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำเท่ากับ 57.2 และ 69.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ทำให้เกิดการช้ำที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ได้รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 ขณะที่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย เมื่อศึกษาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า มีขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายชนิดต่างๆ มีการกระจายตัวไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 และ 500 พีพีบี สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินในมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Effect of 1-methylcyclopropene on changes in physiology and property of pectin in bruised papaya
Student	Miss Juthamas Saengsawang
Student ID	53640307
Degree	Master of Science
Programme	Horticulture
Year	2013
Advisor name	Dr. Lampan Khurnpoon

Abstract

Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on physiological changes in bruised of 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya was studied. The results showed that, papaya fruit after treated with 1-MCP before bruising by impact with 740 g steel ball from heights level at 60 cm had bruised area less than non-treated fruit. 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya treated with 1-MCP at concentration of 1,000 and 500 ppb, respectively for 12 hours could delay respiration rate, ethylene production, bruised damage and disease area, reduced fresh weight loss and softening better than other treatments. In addition, fruit treated with 1-MCP both in non-bruised and bruised fruit could delay color changed greater than non-treated 1-MCP. The TSS content was lower in 1-MCP treated fruit.

The effect of 1-MCP on changes in pectin content in bruised of 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya was also studied. The results showed that, bruised fruits had increase the content of water soluble pectin (WSP) and KOH soluble pectin (KSP) throughout the storage. Bruise of 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya without treated with 1-MCP had WSP at 57.2 and 69.3 μg/mgAIS, respectively at the end of storage (day 6) and significantly different between treated and non-treated 1-MCP. 'Khak Dam' papaya treated with 1,000 ppb 1-MCP before impacted could delay the increase of WSP and KSP content and delayed the reduction of CDTA soluble pectin (CSP) and Na_2CO_3 soluble pectin (NSP) content. This result showed that, 500 ppb 1-MCP was appropriate fumigation concentration to maintain the quality and shelf life for 'Pak Mai Lai' papaya. Then, the effect of 1-MCP on molecular size distribution of pectin in bruised of 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya were also determined. Papaya fruit fumigated with 1,000 and 500 ppb 1-MCP could delay the change in molecular size distribution of pectin in 'Khak Dam' and 'Pak Mai Lai' papaya, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ลำแพน ขวัญพูล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณที่ให้คำปรึกษา คำเสนอแนะ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบุคคลากรทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์ต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้โอกาส กำลังใจ และการสนับสนุนในทุกๆด้าน สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณกันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ คุณนวลอนงค์ ปุเรนเต พี่ เพื่อนและน้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ บิดา มารดา และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน

จุฑามาศ แสงสว่าง

ธันวาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....IV

สารบัญ.....V

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญตารางภาคผนวก.....IX

สารบัญภาพ.....XIII

สารบัญภาพภาคผนวก.....XVIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 ขอบเขตการศึกษา.....3

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะละกอ.....4

2.2 มะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ฮอลแลนด์.....6

2.3 การช้ำของผลไม้.....7

2.4 การอ่อนนุ่มของผลไม้.....8

2.5 เพคติน.....9

2.5.1 องค์ประกอบของเพคติน.....9

2.5.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเพคติน.....13

2.5.3 บทบาทของเอนไซม์ในการย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์.....18

2.6 เอทิลีน.....20

2.6.1 คุณสมบัติของเอทิลีน.....20

2.6.2 การสังเคราะห์และการวัดปริมาณเอทิลีน.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 การถ่ายโอนสัญญาณและการทำงานของเอทิลีน.....24
2.7 สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP).....25
2.7.1 คุณสมบัติพื้นฐานของ 1-MCP.....25
2.7.2 การทำงานของสาร 1-MCP.....26
2.7.3 บทบาทของสาร 1-MCP ต่อการอ่อนนุ่มของผลไม้.....29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....32
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....32
3.2 วิธีดำเนินงานและการวางแผนการทดลอง.....33
3.3 การบันทึกข้อมูล.....36
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....40
3.5 สถานที่ดำเนินงาน.....40
3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน.....40

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....41
ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยา ในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ.....41
ผลการทดลองที่ 1.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ.....41
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก.....41
- การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ.....48
- พื้นที่การเกิดโรค.....54
- พื้นที่การเกิดรอยช้ำ.....59
- การสูญเสียน้ำหนักสด.....62
- ความแน่นเนื้อ.....64
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ.....67
ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ.....69
- อัตราการหายใจ.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

- อัตราการผลิตเอทิลีน....71
ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ....74
1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ....74
- ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (Water soluble pectin; WSP)....74
- ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CDTA soluble pectin; CSP)....77
- ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (Na_2CO_3 soluble pectin; NSP)....79
- ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KOH soluble pectin; KSP)....81
2. การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคติน....84
- การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (WSP)....84
- การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CSP)....88
- การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (NSP)....92
- การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KSP)....96

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง....100

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย....107

บรรณานุกรม....109

ภาคผนวก....117

ประวัติผู้เขียน....163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะทางกายภาพของ agarose gel (Bio-Rad Products).....	16
2	ลักษณะทางกายภาพของ polydextran gel (Pharmacia Products) และ polyacrylamide gel (Bio-Rad Products).....	16
3	ลักษณะทางกายภาพของ sepharose gel.....	17
4	กลุ่มของผักและผลไม้ที่ผลิตเอทิลีนในอัตราต่างๆกัน.....	21
5	ผลของสาร 1-MCP ต่อเมตาบอลิซึมของผักและผลไม้.....	28

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....118

2 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....119

3 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....120

4 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....121

5 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....122

6 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....123

7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....124

8 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

9 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....126

10 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....127

11 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....128

12 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....129

13 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....130

14 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....131

15 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....132

16 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....133

17 การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

18 การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....135

19 อัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ....136

20 อัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ....137

21 อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ....138

22 อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ....139

23 ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....140

24 ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....141

25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอ พันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....142

26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอ พันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ หน้า

27 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....144

28 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....145

29 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....146

30 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....147

31 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....148

32 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....149

33 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....150

34 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน	10
2	โครงสร้างของเพคตินที่มี galacturonic acid เป็นองค์ประกอบหลัก	10
3	โครงสร้างทางเคมีของ Homogalacturonan (A) Xylogalacturonan (B) และ Rhamnogalacturonan I (C)	11
4	โครงสร้างทางเคมีของ Rhamnogalacturonan II	11
5	องค์ประกอบของผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเพคติน (homogalac-turonan; HG, xyloglucan; XG, rhamnogalacturonan; RG I, rhamnogalacturonan; RG II, Galactan; Gal) และ arabinan; Ara) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) และเซลลูโลส (cellulose; cel)	12
6	การจับเรียงตัวกันของ homogalacturonan ด้วยพันธะไอออนิกโดยมีแคลเซียมเป็นตัวกลาง ในรูปแบบที่เหมือนถาดใส่ไข่ เรียกว่า egg-box	12
7	สารละลายที่มี chelating agent ทำหน้าที่ดึงเอาพันธะไอออนิกออกระหว่างแคลเซียมกับเพคตินออกจากกัน	14
8	ขั้นตอนของ Gel filtration โดยให้สารโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ออกก่อนและสารโมเลกุลที่มีขนาดเล็กออกทีหลัง	15
9	บทบาทของเอนไซม์ pectin methylesterase ทำหน้าที่ย่อยเอาหมู่ methyl ออกจากเพคติน	19
10	การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละชนิดตรง homogalacturonan (PME: pectin methylesterase; PNL: pectin lyase; PL: pectate lyase; PG: polygalacturonase ; R1/R2: เริ่มต้น/ปลายพอลิเมอร์ของ เพคติน ΔT: การให้ความร้อน)	20
11	องค์ประกอบของเครื่อง Gas Chromatography	23
12	ลักษณะของ chromatogram ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลของเครื่อง Gas Chromatography	23
13	กลไกการทำงานของเอทิลีน	24
14	โครงสร้างทางเคมีของสาร 1-methylcyclopropene	25
15	โครงสร้างของสาร 1-MCP cyclodextrin complex ในรูปผง	26
16	การทำงานของสาร 1-MCP กับตัวรับเอทิลีน	27
17	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

18 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....45

19 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....47

20 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน.....49

21 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน.....51

22 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน.....53

23 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....55

24 ลักษณะการเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....56

25 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....57

26 ลักษณะการเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

27 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เริ่มต้นการเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....60

28 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เริ่มต้นการเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B).....61

29 การสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....63

30 ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....66

31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอ พันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....68

32 อัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ.....70

33 อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ.....73

34 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (Water soluble pectin; WSP) ของผลมะละกอ พันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

35 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CDTA soluble pectin; CSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....78

36 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (Na_2CO_3 soluble pectin; NSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....80

37 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KOH soluble pectin; KSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....83

38 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....86

39 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....87

40 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

41 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....91

42 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....94

43 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....95

44 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน....98

45 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน....99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่ หน้า

1 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน.....152

2 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน.....153

3 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน.....154

4 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน.....155

5 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน.....156

6 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน.....157

7 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน.....158

8 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....159

9 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร
และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน.....160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่ หน้า

10 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน.....160

11 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน.....161

12 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน.....161

13 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....162

14 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน.....162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะละกอ (*Carica papaya*) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการปลูกทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศ จากสถิติของกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่า ในปี 2550 มีพื้นที่ให้ผลผลิตแล้วทั้งสิ้น 30,668 ไร่ และผลผลิตรวมทั้งประเทศ 116,068.04 ตัน ขณะที่ตลาดมีความต้องการประมาณ 150,000 ตันต่อปี ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (ลำแพน ขวัญพูล และคณะ, 2552) ในปี 2555 มีปริมาณการส่งออกมะละกอ 549 ตัน คิดเป็นมูลค่า 29.444 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตมะละกอมักพบอาการช้ำของผลเกิดขึ้นอยู่เสมอ โดยมักเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การบรรจุ และการขนส่ง โดยผลที่มีความสุกมากมักจะเกิดการช้ำได้ง่ายกว่าผลที่ยังดิบ เนื่องจากผลสุกจะมีผนังเซลล์ที่บอบบาง เนื้อภายในนิ่ม ทนแรงกระแทกได้น้อย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ทำให้ผลมะละกอเกิดการอ่อนนุ่ม ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ ได้แก่ pectin, hemicellulose และ cellulose โดยการทำงานของเอนไซม์บางชนิด เช่น polygalacturonase (PG) และ pectinmethylesterase (PME) เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผนังเซลล์เกิดการย่อยสลาย ความแน่นเนื้อของผลลดลง เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายได้ง่าย อายุในการวางขายสั้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ โดยสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเคลือบผิว การใช้สารต้านจุลินทรีย์ การฉายรังสี การห่อด้วยฟิล์ม การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ การแช่ และการรมสารเคมี เช่น 1-methylcyclopropene (1-MCP) เป็นต้น สาร 1-MCP อยู่ในกลุ่มสาร cyclopropene เป็นสารไม่มีกลิ่น และไม่เป็นพิษ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ซึ่งในปี 1999 ได้รับการยอมรับจาก Environmental Protection Agency (EPA) สำหรับใช้ในดอกไม้ โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า Ethyl bloc® และยังมีการพัฒนามาใช้ในผลิตผลรับประทานสด โดยใช้ชื่อการค้าว่า Smart Fresh™ นอกจากนั้นสาร 1-MCP ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีความเป็นพิษในระดับที่ต่ำมาก จึงได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration; FDA) ให้สามารถนำ 1-MCP มาใช้กับผลิตผลทางการเกษตรได้ และยังได้รับการยกเว้นจาก U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) ในเรื่องของข้อกำหนดในการระบุปริมาณผลตกค้างที่จะยอมรับได้ในผลิตผลจำพวกผัก และผลไม้สด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) โดยสาร 1-MCP มีบทบาทในการช่วยดูดซับสารเอทิลีน สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีน จึงทำให้การทำงานของเอนไซม์ cellulase ลดลง และยับยั้งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่ถูกกระตุ้นจากเอทิลีน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ได้ (มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และอุษณา ไตรนอก, 2550) ส่วนการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร 1-MCP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ มีรายงานว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะละกอได้นานกว่าชุดควบคุมถึง 6 วัน ลดอัตราการผลิตเอทิลีน และลดอัตราการหายใจ (เทอดธวัช โสภณดิลก และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังพบว่าช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการอ่อนนุ่มได้ 10 วัน โดยรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 6 และ 12 ชั่วโมง (กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ และลำแพน ขวัญพูล, 2553) ชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยการรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี (จารุวัฒน์ โรจนภัทรกุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2545) ส่วนในลองกองพบว่าการรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี มีแนวโน้มชะลอการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว และมีการหลุดร่วงของผลลองกองน้อยที่สุด (จริงแท้ ศิริพานิช และจารุวัฒน์ โรจนภัทรกุล, 2547) ขณะที่พรทิพย์ วิสารทานนท์ และคณะ (2549) พบว่าการรมลิ้นจี่ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 5 พีพีเอ็ม สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และลดความสูญเสียคุณภาพของผลลิ้นจี่หลังการเก็บรักษาได้ ส่วนการรมลูกพลับด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 3 พีพีเอ็ม สามารถชะลอการผลิตเอทิลีนและการหายใจ ชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ในระหว่างการสุกและลดการเพิ่มขึ้นของเพคตินที่ละลายน้ำได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Luo, 2007) และการรมผลมะละกอพันธุ์ Eksotika ด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 90 และ 270 พีพีบี สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการอ่อนนุ่มได้ 10 และ 12 วัน ตามลำดับ มีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ catalase (CAT) และ ascorbate peroxidase (APX) (Ali and Mamat, 2010) จากประสิทธิภาพของสาร 1-MCP ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน สามารถชะลอการอ่อนนุ่มได้ และเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค งานวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของการรมสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณสมบัติของเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ที่มีส่วนทำให้ผลเกิดการอ่อนนุ่มในผลที่เกิดการช้ำได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1.4.2 ทราบถึงผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของมะละกอ

มะละกอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carica papaya L.* ชื่อวงศ์ CARICACEAE และมีชื่อสามัญคือ Papaya เป็นไม้ผลล้มลุกขนาดกลาง เป็นพืชปลูกง่ายโตเร็ว ให้ผลเร็ว ให้ผลได้ตลอดทั้งปี สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพภูมิอากาศ (โกศล มารมย์, 2548) ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำ ไม่มีแกนกลาง ใบหยักลึก ดอกสีขาว มีทั้งดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกสมบูรณ์เพศ และมะละกอต้นเดียวอาจมีดอกชนิดเดียว 2 ชนิด หรืออาจ 3 ชนิดก็ได้ ผลยาวรีปลายค่อนข้างแหลม มะละกอดิบมีเปลือกสีเขียว เนื้อแข็งกรอบ เมื่อสุกมีเปลือกสีเหลือง หรือสีส้มเหลือง เนื้อนิ่ม สีเหลืองและสีส้ม รสหวาน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะละกอ (อภิชาต ศรีสะอาด และคณะ, 2555)

ลำต้น

ลำต้นมะละกอมีความสูงระหว่าง 1.5 - 6 เมตร ลำต้นอวบน้ำ ลำต้นมะละกอมีลักษณะเป็นลำต้นสูงชะลูดขึ้นไป มักพบเป็นลำเดี่ยว ภายในลำต้นกลวง ยกเว้นตรงส่วนข้อต่อ ขนาดของลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-30 เซนติเมตร บริเวณส่วนปลายของลำต้นมีใบเกิดเรียงตัวกันแบบเกลียว มีรอยแผลของก้านใบส่วนที่สัมผัสกับลำต้นมีใบอย่างชัดเจน ส่วนลำต้นมีท่อน้ำและท่ออาหารอัดแน่นอยู่เป็นจำนวนมากและมีเส้นใยอยู่น้อย

ใบ

มะละกอมีใบขนาดใหญ่และกว้างประมาณ 25-75 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายกับใบปาล์มแต่มีเนื้อผิวอ่อนกว่า ส่วนของใบประกอบด้วยก้านใบที่ยาว และกลวง ก้านใบมีสีเขียวอ่อน หรือเจือสีม่วง แผ่นใบเป็นรูปคล้ายหัวใจ ลักษณะเป็นแฉก ๆ แต่ละใบมีประมาณ 7-8 แฉก ขนาดลึกและเป็นซี่กว้าง

ดอก

ดอกมะละกอแบ่งได้เป็น 7 ชนิด คือ

1. ดอกเพศผู้ (staminate) เกิดเป็นช่องแคบ cymose ก้านช่อดอกยาว 25-75 เซนติเมตร ดอกประกอบด้วยกลีบดอกเชื่อมติดกันตั้งแต่โคนดอกเป็นท่อยาว ส่วนปลายแยกจากกันเป็น 5 กลีบ เกสรตัวผู้ 10 อัน ในจำนวน 5 อัน อยู่ระหว่างกลับดอก 2 กลีบ มีก้านเกสรยาว และอีก 5 อัน อยู่ตรงกลางกลีบดอก มีก้านเกสรสั้น ส่วนของเกสรตัวเมียลดรูปลงเหลือเป็น rudimentaty pistil ซึ่งไม่สามารถเป็นผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดอกตัวผู้ที่ติดผล (teratological staminate) เป็นดอกตัวผู้ที่มีเกสรตัวเมียเจริญขึ้นมา บางครั้งอาจเกิด stigma ที่ปลายได้ มักพบในต้นตัวผู้ที่มีการเปลี่ยนเพศได้ในสภาพที่มีอากาศเย็น อุณหภูมิกลางคืนต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสูง ดอกชนิดนี้จะเจริญเป็นผลได้

3. ดอกรีดิวส์อีลองกาตา (reduced elongata) พบในต้นสมบูรณ์เพศ เป็นดอกที่มีลักษณะเหมือนดอกตัวผู้ แต่ดอกมีขนาดใหญ่กว่า กลีบดอกแข็ง สั้น และหนากว่า เกสรตัวเมียไม่เจริญจึงทำให้ไม่มีการติดผล จะเกิดดอกชนิดนี้มาก ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส

4. ดอกอีลองกาตา (elongata) เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่มีกลีบดอกเชื่อมติดกัน 3 ใน 4 ของความยาวกลีบดอกส่วนปลายแยกออกเป็น 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้ทั้งหมด 10 อัน เรียงอยู่ในตำแหน่งเช่นเดียวกับดอกตัวผู้ เกสรตัวเมียมี 5 carpels

5. ดอกคาร์เพลลอยล์อีลองกาตา (carpelloid elongata) เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่มีเกสรตัวผู้ 2-10 อัน และก้านของเกสรตัวผู้ซึ่งอยู่ระหว่างกลางกลีบดอกเชื่อมติดกับผนังรังไข่ ทำให้รูปร่างของรังไข่บิดเบี้ยวผิดปกติ

6. ดอกเพ็นแทนเดรีย (pentandria) เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรตัวผู้ 5 อัน เรียงสลับกับกลีบดอก เกสรตัวเมียมี 5 carpels รังไข่เป็นร่อง และเกสรตังผู้ทั้ง 5 อัน จะอยู่แนบชิดกับร่องของรังไข่พอดี

7. ดอกคาร์เพลลอยล์เพ็นแทนเดรีย (carpelloid pentandria) เป็นดอกชนิด pentandria ที่มีก้าน

ผล

ผลเป็นแบบผลเดี่ยว ยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร อาจมีน้ำหนักมากถึง 9 กิโลกรัม และมีผิวเปลือกบางเรียบ เมื่อระยะอ่อนมีสีเขียวหรือเขียวคล้ำ เมื่อสุกมีสีเหลืองหรือเหลืองส้ม เนื้อมีสีส้ม หรือสีส้มปนแดง เนื้อรับประทานได้มีรสชาติดี ตรงกลางผลมีช่องว่างที่มี 5 ร่องปรากฏอยู่ รูปร่างของผลขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และชนิดของดอก เมล็ดมีจำนวนมาก โดยใน 1 ผลมีประมาณ 500-800 เมล็ด และติดอยู่กับผนังด้านในของรังไข่ เมล็ดรูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร มีสีดำหรือเทา ผิวเปลือกย่น และมีเยื่อหุ้มอยู่ซึ่งประกอบด้วยสารยับยั้งการงอกของเมล็ด และระยะการสุกของผลทางสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จัดระดับความสุกของมะละกอเป็น 6 ระดับ ได้แก่

1. ระยะแก่จัดสีเขียว (mature green) เปลือกมะละกอจะมีสีเขียวเข้ม เนื้อผลแน่นแข็ง เนื้อภายในติดกับช่องว่างภายในผล และสันบริเวณปลายผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพู แสดงให้เห็นว่าผลมะละกอเริ่มเข้าสู่ระยะสุก และไม่ควรเก็บเกี่ยวในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากมีผลต่อกระบวนการสุกในภายหลัง

2. ระยะเริ่มเปลี่ยนสี (breaking stage) เปลือกมะละกอที่มีสีเขียวเข้ม จะเริ่มปรากฏแต้มสีเขียวอ่อน หรือมีสีเหลืองบริเวณสันทางด้านปลายผล เนื้อภายในยังคงแน่นและแข็ง โดยเปลี่ยนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีชมพูอมแดงตลอดทั้งผล ยกเว้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อกับผิวเปลือก ซึ่งยังคงเป็นสีเขียว ระยะนี้เหมาะสำหรับการเก็บเกี่ยวมะละกอที่จะส่งไปต่างประเทศ

3. ระสุกหนึ่งในสี่ เปลือกมะละกอส่วนใหญ่มีสีเขียวเข้ม และเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองถึงสีส้มชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะบริเวณสันทางปลายผล เนื้อผลภายในที่ติดกับโพรงเริ่มอ่อน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมแดงทั่วทั้งผล ยกเว้นด้านบนที่ติดกับก้านผล และบริเวณปลายผล ระยะนี้เหมาะสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อบริโภคภายในประเทศ และเป็นระยะที่เหมาะสมกับการขนส่งเพื่อจำหน่ายปลีก

4. ระยะหนึ่งในสอง เปลือกมะละกอประมาณครึ่งหนึ่งของผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และอีกครึ่งหนึ่งยังคงมีสีเขียว เนื้อผลแน่น เมื่อกดจะรู้สึกยุบตัวลงเล็กน้อย เนื้อภายในผลมีสีแดงอมชมพูตลอดทั้งผล ยกเว้นด้านบนที่ติดกับก้านผล และบริเวณปลายผล ซึ่งยังคงแน่น แข็ง และมีสีชมพูออกเหลือง เหมาะสำหรับใช้แสดงเพื่อขายปลีก และเกือบรับประทานได้

5. ระยะสุกสามในสี่ เปลือกจะมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว เนื้อผลนิ่ม เมื่อใช้นิ้วกดจะยุบตัวลง เนื้อบริเวณขั้วผลเริ่มนิ่ม เนื้อผลมีสีแดงอมชมพูตลอดทั้งผล เป็นระยะที่รับประทานได้

6. ระยะสุกเต็มที่ เปลือกผลยังคงมีสีเขียวปน เนื้อภายในผลนิ่ม และมีสีชมพูตลอดทั้งผล เป็นระยะที่เหมาะจะรับประทานเป็นผลสด

<u>เพศของต้นมะละกอ</u>

ต้นมะละกอ แบ่งได้ 3 ชนิดตามเพศของดอกที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. ต้นตัวผู้ สำหรับต้นมะละกอตัวผู้จะมีดอกได้ 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ และดอกตัวผู้ที่เกสรตัวเมียเจริญขึ้นมาสามารถติดผลได้

2. ต้นตัวเมีย มีดอกเกิดขึ้นได้เพียงชนิดเดียว คือ ดอกตัวเมีย

3. ต้นสมบูรณ์เพศ โดยทั่วไปต้นสมบูรณ์เพศมีดอกเกิดขึ้นได้ทั้งหมด 5 ชนิด ซึ่งการพัฒนาเป็นดอกแต่ละชนิดขึ้นกับอายุและความสมบูรณ์ของต้น รวมทั้งสภาพแวดล้อมในขณะที่มีการพัฒนาตาดอก ดอกสมบูรณ์เพศทั้ง 5 ชนิดนี้ ได้แก่ ดอกชนิด elongate, reduce elongate, carpelloid elongate, pentandria และ carpelloid pentandria (สิริกุล วะสี, 2552)

2.2 มะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย

มะละกอพันธุ์แขกดำ เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ลักษณะทั่วไปของมะละกอพันธุ์แขกดำคือมีลักษณะต้นเตี้ย แข็งแรง ความสูงประมาณ 2-4 เมตร ก้านใบสีเขียวอ่อน ลักษณะสั้น และแข็งแรง ก้านใบตั้งตรงยาวประมาณ 60-80 เซนติเมตร ใบหนากว่าพันธุ์อื่นๆ มีเส้นใบ 9-11 แฉก มีการออกดอกติดผลเร็ว ผลมีขนาดปานกลาง ส่วนหัว และปลายผลมีขนาดเท่ากัน ผลยาวประมาณ 25-35 เซนติเมตร ผลโตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม ส่วนหัวและปลายผลเกือบมีขนาดเท่ากันตลอด เปลือกของผลหนามีสีเขียวเข้ม เนื้อแน่นและกรอบ ผลในขณะที่ยังดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเปลือกสีเขียวเข้ม เปลือกหนา เนื้อหนาประมาณ 2.5-3 เซนติเมตร ผลสุกมีสีส้มอมแดง เนื้อสีแดงเข้ม มีรสหวานอร่อย เมล็ดน้อยมีน้ำหนักผลประมาณ 0.60-1.70 กิโลกรัม เหมาะสำหรับบริโภคสุกและดิบ (โกศล มารมย์, 2548)

ลักษณะทั่วไปของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ลำต้นใหญ่สีเขียว ใบมี 11 แฉกใหญ่ กลางใบมีกระโดงใบ 1 ใบ กาบใบมีสีเขียวตั้งขึ้น ดอกออกเป็นช่อ ติดผลดก รูปทรงกระบอกคล้ายลูกฟักอ่อน อายุการเก็บเกี่ยว 8 เดือน น้ำหนักผลประมาณ 800-2,000 กรัมต่อผล เนื้อสีแดงอมส้ม ไม่เละ เนื้อหนา 2.5-3.0 เซนติเมตร ความหวานวัดได้ 11-13 องศาบริกซ์ ผลผลิตต่อต้น 60-80 กิโลกรัม จุดเด่นที่มองออกง่าย คือ ที่ปลายผลจะป้านคล้ายผลฟักอ่อน (พาณิชย์ ยศปัญญา, 2552) มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย หากเป็นมะละกอดิบตลาดจะไม่ค่อยยอมรับ จึงต้องขายเป็นมะละกอสุก และขณะนี้ผู้บริโภคกำลังนิยมรับประทานมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายมากขึ้น เพราะมีเนื้อหนา รสชาติดี ทรงผลได้สัดส่วน (ปัทมา คุ้มวงศ์ดี, 2551)

2.3 การช้ำของผลไม้

ผลมะละกอที่ช้ำเป็นลักษณะที่สำคัญในการตรวจวัดคุณภาพในการรับซื้อ เนื่องจากบริเวณเนื้อที่ช้ำจะนิ่มเละ การช้ำจะเป็นสิ่งกระตุ้นการเสื่อมสภาพจากจุลินทรีย์ เกิดกลิ่นเหม็นจากการเจริญเติบโตและย่อยสลายของจุลินทรีย์ ยังอาจทำให้เกิดการกระจายและปนเปื้อนของจุลินทรีย์ไปยังผลผลิตชุดอื่นๆ

การช้ำของผลผลิตเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้อง เช่น การกระทุ้ง หรือเขย่าต้นให้ผลหล่นลงมากระแทกพื้น หรือการบรรทุกที่มีน้ำหนักบรรจุมากเกินไป การจัดเรียงที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการกระทบกระแทกกันระหว่างขนส่งมายังโรงงานหรือการขนส่งโดยสภาพถนนที่ขรุขระ หรือใช้เวลาขนส่งนาน นอกจากนี้ ผลที่มีความสุกมากจะเกิดการช้ำได้ง่าย เนื่องจากผลสุกจะมีผนังเซลล์ที่บอบบาง เนื้อภายในนิ่ม จึงไม่สามารถทนแรงกระแทกได้ การเสียหายเช่นนี้เรียกว่า ความเสียหายจากสาเหตุทางกล (mechanical injury) ซึ่งเกิดได้หลายสาเหตุ ได้แก่

1. การกระแทก ทำให้ผลถลอก มีรอยขีดข่วนหรือช้ำ ซึ่งเกิดจากการกระทบกันของผลไม้ การหล่นกระทบพื้น ความเสียหายนี้เกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว

2. แรงกด เกิดจากการเรียงซ้อนกันของผลไม้มากเกินไปหรือการใช้ภาชนะบรรจุที่ไม่ดีพอ คือ บรรจุแน่นเกินไป หรือเรียงซ้อนกันสูงเกินไป

3. การสั่นสะเทือน มักจะเกิดขณะขนส่ง เนื่องจากการบรรจุผลไม้แบบหลวมๆ ความเสียหายนี้เกิดขึ้นทุกขั้นตอนของการผลิต เช่น การเก็บเกี่ยว เกิดจากลูกเห็บ ลม การตัดแต่ง การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ไม่เหมาะสม และหลังเก็บเกี่ยว การบรรจุหีบห่อที่ไม่ดี เช่น แน่นเกินไป หรือหลวมเกินไป การใช้ภาชนะที่ไม่แข็งแรงพอที่จะทนทานต่อการขนส่งหรือขนย้ายสินค้า

ความเสียหายโดยวิธีทางกลนี้ เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นมากกับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เพราะนอกจากจะทำให้ผลผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สี การอ่อนนุ่มของเนื้อ ความสุก การสูญเสียน้ำหนักสด เป็นตำหนิต่างๆ ทำให้เกิดโรคและเน่าเสีย อีกทั้งยังทำให้ราคาผลผลิตตกต่ำ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544)

2.4 การอ่อนนุ่มของผลไม้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553)

ผลไม้แทบทุกชนิดเมื่อมีความบริบูรณ์ (mature) เต็มที่แล้วจะเริ่มอ่อนตัวลงโดยเฉพาะเมื่อมีการสุกเกิดขึ้น และเห็นได้ชัดเจนในผลไม้ประเภท climacteric เช่น กล้วย มะม่วง และมะละกอ ขณะที่ผลไม้ประเภท non-climacteric เช่น ส้ม และสับปะรด พบว่าการอ่อนตัวเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

การอ่อนตัวของผลไม้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาสำคัญทั้งในแง่ของการขนส่งและคุณภาพในการบริโภค ผลไม้ที่อ่อนนุ่มบอบช้ำได้ง่ายจากแรงกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง ทำให้ต้องเพิ่มความระมัดระวังด้วยการใช้วัสดุห่อหุ้ม ซึ่งควรเป็นวัสดุที่อ่อนนุ่ม หรือยึดให้ผลไม้อยู่กับที่ไม่ขยับไปมา เพราะอาจทำให้เกิดบาดแผลหรือบอบช้ำได้ ในด้านคุณภาพ ผู้บริโภคนอกจากจะใช้สายตาในการดูความสดของผลไม้แล้วยังใช้มือสัมผัสผิวดูด้วยว่าแข็งอ่อนเพียงไร ผลไม้ที่อ่อนย่อมแสดงว่าเริ่มสุกหรือสุกเกินไป ดังนั้น การเข้าใจถึงกระบวนการ หรือ กลไกในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะนำเอาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านเนื้อสัมผัส (texture) ของผลไม้ ทำให้ได้ผลไม้ที่มีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค

เนื้อของผลไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) ที่มีขนาดใหญ่ซึ่งเต็มไปด้วยน้ำและอาหารสะสม มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก และมีผนังเซลล์บาง ซึ่งผนังเซลล์เป็นโครงสร้างของเซลล์ที่ให้ความแข็งแรงกับเซลล์และเนื้อเยื่อโดยรวม ดังนั้นปัจจัยใดๆ ที่จะทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอลง หรือทำให้การยึดตัวระหว่างผนังเซลล์ของเซลล์ที่อยู่ติดกันอ่อนแอลง ย่อมทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผลไม้ขึ้นได้ การสูญเสียน้ำออกจากผลไม้ทำให้แรงเต่ง (turgor pressure) ภายในเซลล์ของผลไม้ลดลงและทำให้เซลล์อ่อนตัวลงได้เช่นกัน แต่เนื่องจากการสูญเสียน้ำนั้นมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมากจึงสามารถป้องกันได้ด้วยการเพิ่มความชื้นในบรรยากาศหรือป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากผลไม้ เช่น การใช้สารเคลือบผิวและการใช้วัสดุต่างๆ ห่อหุ้ม

สำหรับการอ่อนนุ่มของผลไม้ในระหว่างการสุกนั้นเกิดขึ้นจากปัจจัยภายในที่ถูกกำหนดขึ้นได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรูปของอาหารสะสมภายใน โดยเฉพาะผลไม้ที่สะสมสารอาหารในรูปของแป้งภายในเซลล์ เมื่อผลไม้สุกแป้งถูกเปลี่ยนจากโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่และละลายน้ำได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลงและละลายน้ำได้ดี ส่งผลให้ผลไม้อ่อนนุ่มลงได้ แต่ในผลไม้ชนิดอื่นๆ ที่ไม่มีการสะสมแป้ง เช่น ส้มและสตรอเบอรี่ ซึ่งสะสมอาหารในรูปของน้ำตาลและกรดที่มีการอ่อนนุ่มเกิดขึ้นเช่นกัน การศึกษาทางสรีรวิทยาของการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวแสดงให้เห็นว่าการอ่อนนุ่มของผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ซึ่งมีการย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์โดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ

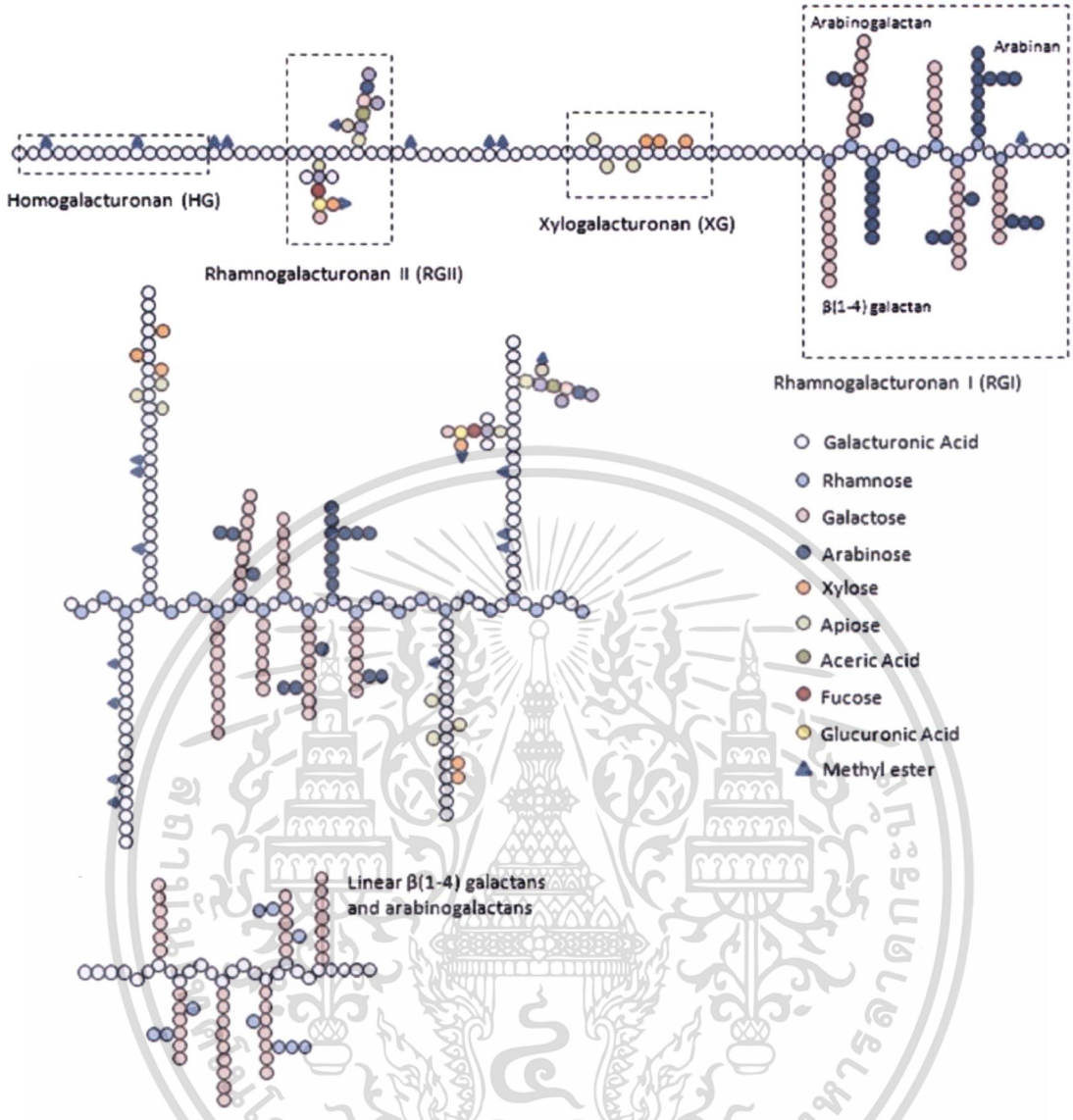
2.5 เพคติน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553)

2.5.1 องค์ประกอบของเพคติน

เพคตินเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญของผนังเซลล์ในผลไม้ มีประมาณ 50% ของผนังเซลล์ทั้งหมด ซึ่งเพคตินเป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีโครงสร้างของโมเลกุลค่อนข้างซับซ้อน (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยกรดของน้ำตาล galactose (galacturonic acid) เป็นหลัก (ภาพที่ 2) และมีโพลิเมอร์ของ D-galacturonic acid เป็นสายหลักหรือที่เรียกว่า smooth regions และมีกิ่งแขนง (hair regions) ซับซ้อน ที่พบมากมี 3 ชนิด ได้แก่ homogalacturonan ซึ่งเป็นโมเลกุลสายยาวของ galacturonic acid ไม่มีแขนง และมักมีหมู่ methyl มาเกาะอยู่ที่หมู่ carboxyl ของ galacturonic acid (ภาพที่ 3A) หรือมีน้ำตาล xylose มาเกาะ ซึ่งได้แก่ xylogalacturonan (ภาพที่ 3B) และเพคตินอีกชนิดหนึ่งที่พบมาก ได้แก่ rhamnogalacturonan I (RG I) เป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาล rhamnose สลับกับ galacturonic acid และมีแขนงของ β-galactan, α-arabinan หรือ arabinogalactan ณ ตำแหน่งของน้ำตาล rhamnose (ภาพที่ 3C) นอกจากนั้นยังมีเพคตินที่เปลี่ยนแปลงมากจาก homogalacturonan ได้แก่ rhamnogalacturonan II (RG II) ซึ่งมีแกนหลักเป็น homogalacturonan แต่มีแขนงต่างกันถึง 4 แบบ แต่ละแขนงประกอบด้วยน้ำตาลชนิดต่างๆ (ภาพที่ 4) และอาจเกาะกันเป็นไดเมอร์โดยอาศัยอะตอมของโบรอนเป็นตัวเชื่อม เพคตินเหล่านี้เรียงตัวกันเป็นโครงข่ายประสานกับ cellulose microfibril (ภาพที่ 5) ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้น โดยอาศัยแขนงของ rhamnogalacturonan I เช่น arabinan และ galactan

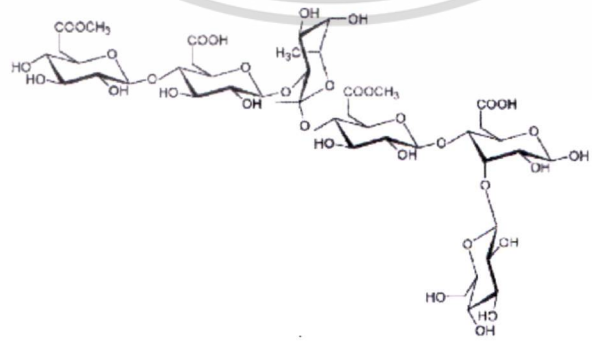
เพคตินประกอบไปด้วยโมเลกุลทั้งที่เป็นสายยาวและโมเลกุลที่มีแขนงประสานกันเป็นโครงข่ายอยู่ด้วยกัน และอาจเชื่อมต่อกันด้วยไอออนของแคลเซียม เช่น โมเลกุลของ homogalacturonan ที่ไม่มีหมู่ methyl มาจับบนหมู่ carboxyl อาจเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไอออนิกโดยมีแคลเซียมเป็นตัวกลางในรูปแบบที่เรียกว่า junction zone ถ้าหลายๆ โมเลกุลเชื่อมต่อกันในลักษณะนี้ทำให้ได้โครงสร้างที่เรียกว่า egg-box ช่วยยึดให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้น (ภาพที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเพคตินที่มีโมเลกุลซับซ้อน

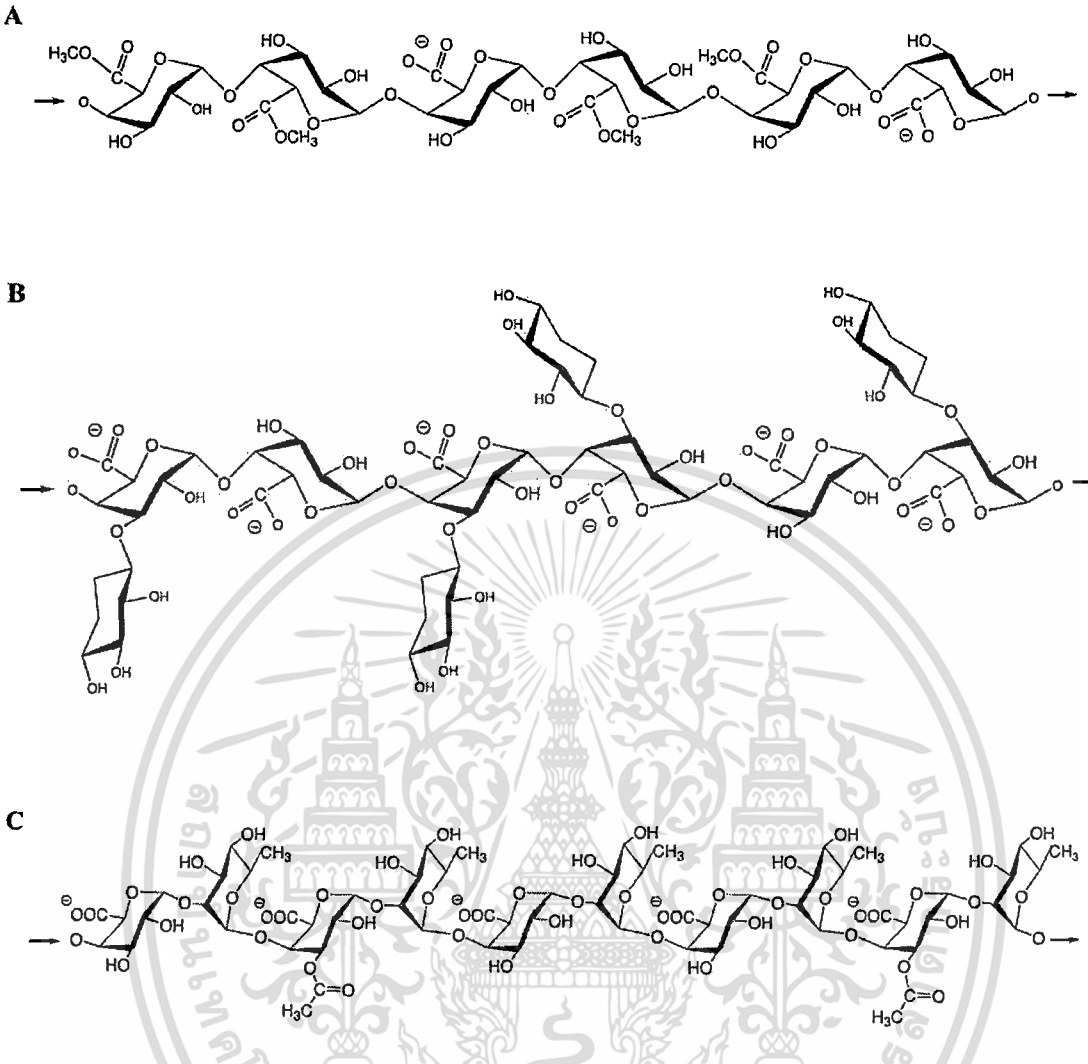
ที่มา: Maxwell *et al.* (2012)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเพคตินที่มี galacturonic acid เป็นองค์ประกอบหลัก

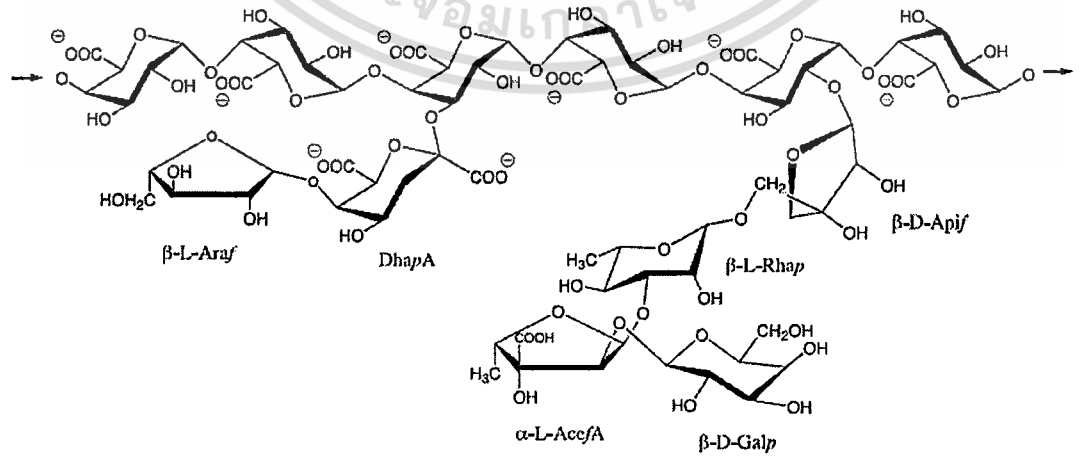
ที่มา: Waymack *et al.* (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของ homogalacturonan (A) xylogalacturonan (B) และ rhamnogalacturonan I (C)

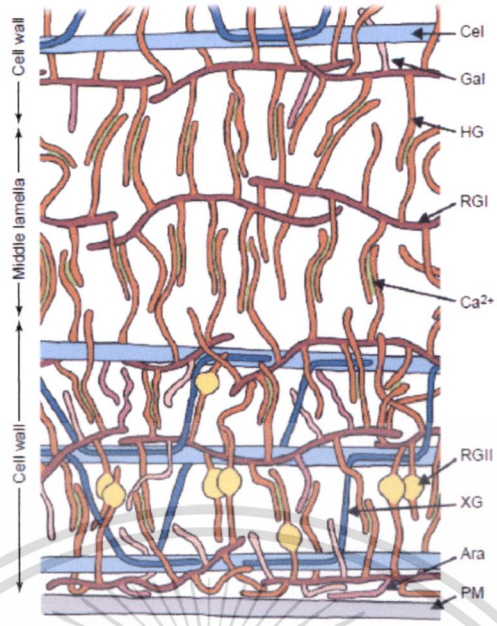
ที่มา: Dominic (2008)



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของ rhamnogalacturonan II

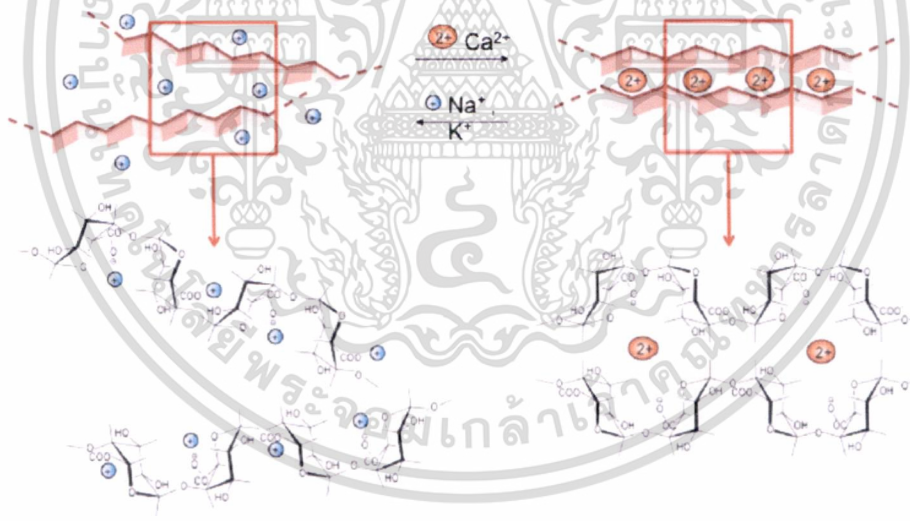
ที่มา: Dominic (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 องค์ประกอบของผนังเซลล์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเพคติน (homogalac-turonan; HG, xyloglucan; XG, rhamnogalacturonan; RG I, rhamnogalacturonan; RG II, Galactan; Gal) และ arabinan; Ara) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) และเซลลูโลส (cellulose; cel)

ที่มา: Vorwerk *et al.* (2004) และ จริงแท้ ศิริพานิช (2553)



ภาพที่ 6 การจับเรียงตัวกันของ homogalacturonan ด้วยพันธะไอออนิกโดยมีแคลเซียมเป็นตัวกลาง ในรูปแบบที่เรียกว่า egg-box

ที่มา: Munarin *et al.* (2012)

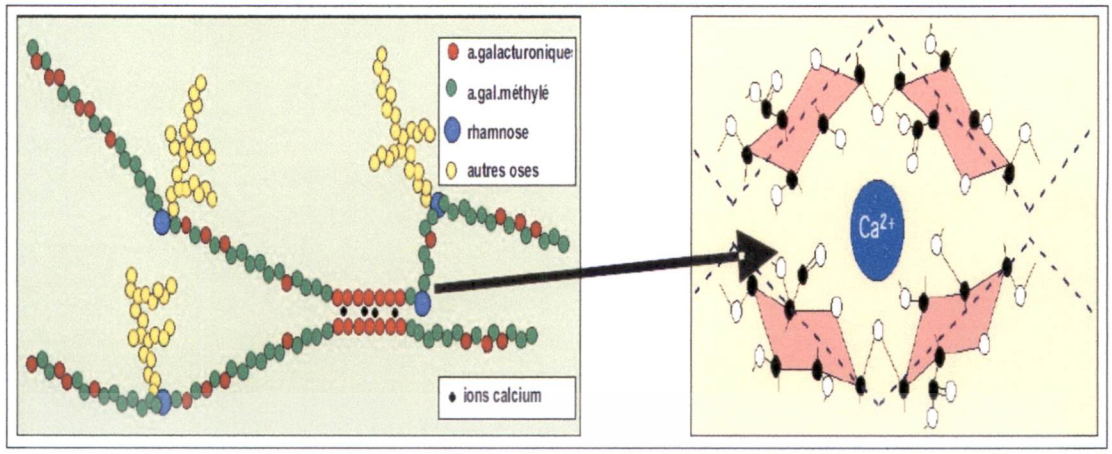
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเพคติน

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอาหารสะสมภายในเซลล์ โดยทั่วไปเมื่อผลไม้สุกเป็งมักจะถูกเปลี่ยนจากโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ และละลายน้ำได้น้อยไปเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลง และละลายน้ำได้ดี โดยเกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบของ polysaccharides ของผนังเซลล์ และ middle lamella ทำให้โครงสร้างอ่อนตัวลง การย่อยสลายของ polysaccharides เป็นการเปลี่ยนแปลงในพันธะระหว่าง polymers ทำให้เกิดการอ่อนนุ่ม และการบวมของผนังเซลล์ ซึ่งรวมกับการเปลี่ยนแปลงความเต่งที่นำไปสู่การอ่อนนุ่มของผลไม้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในส่วนของเพคติน โดยสายของ pectic galactan ถูกตัดให้มีโมเลกุลสั้นลงด้วยกระบวนการ depolymerization ตามด้วยการสูญเสียของสาย pectic arabinan และเกิดการละลายของเพคติน (pectin solubilization) ซึ่งมักเกิดก่อนกระบวนการสุก ส่วนการ depolymerisation ของเพคติน อาจจะเริ่มขึ้นในช่วงต้นไปจนถึงช่วงกลางของการสุก แต่มักจะเด่นชัดที่สุดในช่วงปลายของการสุก ขณะที่กระบวนการ depolymerisation ของ xyloglucan เกิดขึ้นค่อนข้างจำกัด และการที่ผนังเซลล์บวมอาจจะเกี่ยวข้องกับการคลายการยึดเกาะระหว่าง xyloglucan-cellulose เป็นเหตุทำให้ผนังเซลล์มีรูพรุนมากขึ้น (Brummell, 2006)

สำหรับวิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ดำเนินการดังนี้ ในขั้นตอนแรก ต้องสกัดแยกเอาผนังเซลลล์ออกจากส่วนอื่นๆ ของเนื้อเยื่อก่อน โดยทั่วไปจะทำการสกัดโดยใช้แอลกอฮอล์เพื่อละลายบริเวณผิวรอบนอก (pheral) ออกไป จะได้องค์ประกอบของผนังเซลล์ตกตะกอน ที่เรียกว่า alcohol insoluble solid (AIS) หรือของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮล์ จากนั้นจึงทำการศึกษาคุณสมบัติของการละลายของผนังเซลล์นี้ โดยนำ AIS ไปละลายในน้ำ ได้สารละลายที่สกัดด้วยน้ำนี้คือ water soluble pectin หรือ เพคตินที่ละลายได้ในน้ำ จากนั้นจึงนำตะกอนที่เหลือไปละลายด้วย chelating agent เช่น EDTA หรือ CDTA เพื่อดึงเอาพันธะไอออนิกออกระหว่างแคลเซียมกับเพคตินออกจากกัน (ภาพที่ 7) โดยเรียกเพคตินส่วนนี้ว่า chelating soluble pectin ลำดับต่อไปนำกากที่เหลืออยู่ไปละลายในสารละลาย Na_2CO_3 เพื่อทำลายพันธะโคเวเลนต์ระหว่าง arabinogalactan และ xyloglucan ได้เพคตินอีกส่วนหนึ่งที่เรียกว่า Na_2CO_3 soluble pectin จากนั้นจึงนำตะกอนที่เหลืออยู่ไปละลายในสารละลายด่าง เช่น KOH เพื่อสกัดเอา hemicellulose ออกจากเพคตินเป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งเพคตินที่ยังคงเหลืออยู่ในส่วนนี้เรียกว่า alkaline soluble pectin และส่วนที่เหลือเป็นตะกอนอยู่ คือ cellulose (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

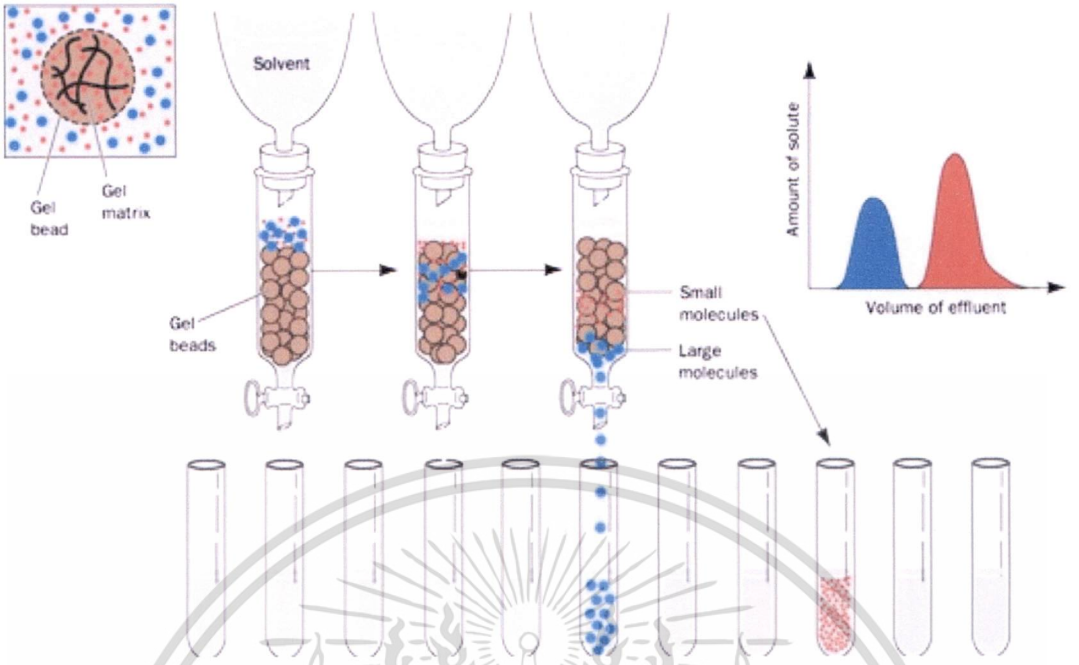


ภาพที่ 7 สารละลายที่มี chelating agent ทำหน้าที่ดึงเอาพันธะไอออนิกออกระหว่างแคลเซียมกับเพคตินออกจากกัน
ที่มา: Ouldali *et al.* (2011)

สำหรับการศึกษาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคติน ทำได้โดยการใช้หลักการของ size exclusion chromatography หรือ gel filtration chromatography เป็นการแยกสารออกจากกันตามขนาดโมเลกุล (size) ด้วยหลักของการละลายแยกส่วน (partition chromatography) เกิดขึ้นบนตัวกลางที่เป็นเม็ดเจล (gel) ที่มีรูพรุน(porosity) ซึ่งเนื้อเจล (gel matrix) เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รูพรุนเกิดจากการทำ cross-link ของ linear polymer อย่างเป็นระเบียบ มีสมบัติ hydrophilic เมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดการพองตัว และเกิดเป็นปริมาตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร

หลักการ gel filtration chromatography คือการกรองสารผ่านชั้นเจล แต่เป็นการกรองให้สารโมเลกุลใหญ่ออกก่อน และสารโมเลกุลเล็กออกทีหลัง บางครั้งตั้งชื่อว่า gel permeation chromatography เรียกตามขีดจำกัดในการยอมให้สารผ่านเข้ารูพรุน เมื่อสารตัวอย่างมีหลายขนาดผสมอยู่ด้วยกัน การที่สารจะแยกออกจากกันจะเกิดการแยกส่วน (partition) เนื่องจากกาแพร่กระจายไปตามสารละลายในรูพรุนของเจลและสารละลายนอกเม็ดเจลเหมือนกับการเกิด partition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ขั้นตอนของ gel filtration โดยให้สารโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ออกก่อน และสารโมเลกุลที่มีขนาดเล็กออกทีหลัง

ที่มา: Sotolongo (2013)

สำหรับชนิดของเจลที่นิยมใช้ ได้แก่ โพลีอะครีลาไมด์เจล (polyacrylamide gel) และอากาโรสเจล (agarose gel) bio-gel A, bio-gel P, sephadex และ sepharose โดย polyacrylamide gel ใช้แยก polysaccharide ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กระหว่าง 6-1,000 คู่เบส ส่วน agarose gel ใช้แยก polysaccharide ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ประมาณ 100 คู่เบส จนถึงกว่า 50,000 คู่เบส และ Bio-gel A ใช้แยก polysaccharide ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ประมาณ 50,000-150,000,000 คู่เบส ส่วน Bio-gel P ใช้แยก polysaccharide ที่มีขนาดโมเลกุลระหว่าง 2,600-300,000 คู่เบส และใน sephadex ใช้แยก polysaccharide ที่มีขนาดโมเลกุลระหว่าง 700-800,000 คู่เบส โดย Sephadex: เป็นชื่อทางการค้า เป็น polymer สายตรงของ glucose (dextran) ทำ cross linking ด้วย epichlorohydrin, Gnumber สัมพันธ์กับค่า exclution limit (ขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถผ่านได้), Fraction range: ช่วงขนาดโมเลกุลที่สามารถผ่านเข้ารูพรุนได้ และสามารถแยกออกจากกันได้ดี, Water regain: ปริมาตรน้ำเป็น ml ที่ใช้ในการทำให้เจล 1 กรัมบวมเต็มที่ Bed Volume: ปริมาตรของเจล 1 กรัม เมื่อบวมเต็มที่

ที่มา: สมพร เกษแก้ว (2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของ agarose gel (Bio-Rad Products)

Trade name	Exclusion Limit	Fractionation Range (MW)	Agarose Concentration (%)
Bio-Gel A-0.5 m	0.5×10^6	<0.01-0.5	10
Bio-Gel A-1.5 m	1.5×10^6	<0.01-1.5	8
Bio-Gel A-5 m	5×10^6	0.01-5	6
Bio-Gel A-15 m	15×10^6	0.04-15	4
Bio-Gel A-50 m	50×10^6	0.10-50	2
Bio-Gel A-150	$>150\times10^6$	1->150	1

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของ polydextran gel (Pharmacia Products) และ polyacrylamide gel (Bio-Rad Products)

Trade name	Exclusion Limit	Fractionation Range (MW)	*Water regain (ml/g dry gel)	Bed Volume (ml/g dry gel)
Sephadex G-50	3×10^4	15×10^2-3×10^4	5	9-10
Sephadex G-100	15×10^4	4×10^3-15×10^4	10	15-20
Sephadex G-150	4×10^5	5×10^3-4×10^5	15	20-30
Sephadex G-200	8×10^5	5×10^3-8×10^5	20	30-40
Bio-Gel P-10	17×10^3	5×10^3-17×10^3	4.5	12
Bio-Gel P-60	7×10^4	3×10^4-7×10^4	7.2	20
Bio-Gel P-100	1×10^5	4×10^4-1×10^5	7.5	20
Bio-Gel P-200	3×10^5	8×10^4-3×10^5	14.7	35

*Approximate value

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ sepharose CL-4B เนื่องจากประเภทของ sepharose CL เป็น cross-linking ของ sepharose เกิดจากการจับกันของ sepharose กับ 2,3-dibromopropanol ภายใต้สภาวะที่เป็นด่างเข้มข้น และหลังจากนั้นเจลจะถูกแยกออกออกจากกัน โดยการย่อยสลายของด่างทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความเข้มข้นของด่างลดลง เป็นผลทำให้เกิดการเชื่อมโยงห่วงโซ่ของ polysaccharide มีปริมาณ ionizable groups น้อยมาก มีความทนต่อสารเคมีและการย่อยสลายทางชีวภาพ และมีคุณสมบัติของอัตราการไหลพร้อมกับประสิทธิภาพในการแยกส่วนของสารได้ดีกว่า sepharose

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของ sepharose gel

Property	**2B**	**CL-2B**	**4B**	**CL-4B**	**6B**	**CL-B6**
MW Range:						
Globular Proteins	7×10^4-4×10^7		6×10^4-2×10^7		1×10^4-4×10^6	
Dextrans	1×10^5-2×10^7		3×10^4-5×10^6		1×10^4-1×10^6	
DNA exclusion limit	-1352 base pairs		-872 base pairs		-45-165 base pairs	
Diameter (wet bead)	-60-200 µm		-45-165 µm		-45-154 µm	-45-165 µm
pH Range	4-9	3-14	4-0	3-14	4-9	3-14
Max. Pressure*	40 cm H_2O	20 cm H_2O	80 cm H_2O	120 cm H_2O	200 cm H_2O	>200 cm H_2O
Max. Volumetric Flow Rate*	0.83 mL/min	1.25 mL/min	0.96 mL/min	2.17 mL/min	1.16 mL/min	2.5 mL/min
Max. Linear Flow Rate	10 mL/cm2h	15 mL/cm2h	11.5 mL/cm2h	26 mL/cm2h	14 mL/cm2h	30 mL/cm2h

ที่มา: Sigma-Aldrich (2013)

132472

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

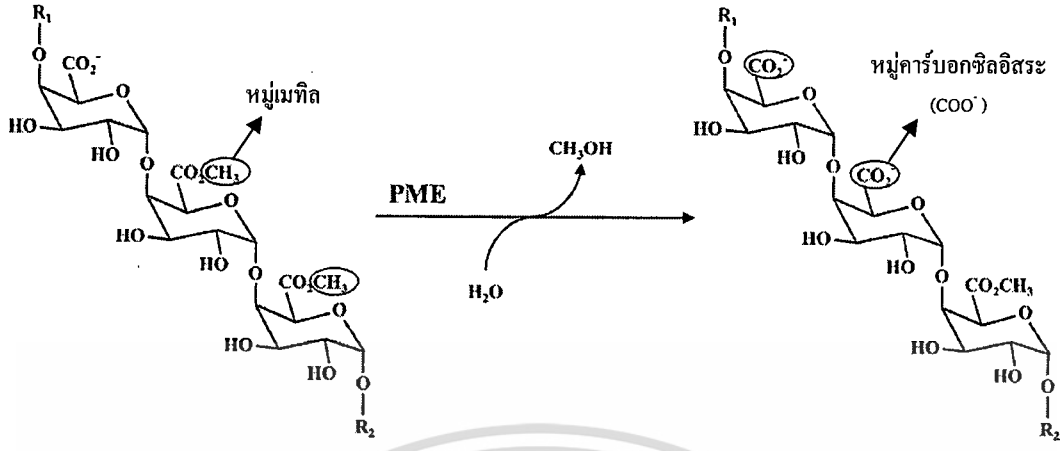
2.5.3 บทบาทของเอนไซม์ในการย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์

บทบาทเอนไซม์ที่ย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์โดยเฉพาะเพคติน ที่ผ่านมามีการศึกษาบทบาทของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิด ได้รับการศึกษาทั้งทางชีวเคมีและชีว-โมเลกุลค่อนข้างมากดังนี้

- เอนไซม์ polygalacturonase (PG) มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการย่อยสลายโมเลกุลของเพคตินให้แตกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กๆ อย่างรวดเร็ว และทำให้ผลไม้เกิดการอ่อนนุ่มในเวลาอันสั้น โดย hydrolyzed พันธะ glycosidic ที่อยู่ต่อกับหมู่ carboxyl ในสารประกอบเพคติน เอนไซม์ที่พบมีทั้ง endo และ exo polygalacturonase โดย endo PG ช่วยย่อยพันธะ α-1,4 โดยการสุ่มทั่วทั้งโมเลกุล (endo-splitting) ซึ่งเป็นส่วนที่ hydrolyzed substrate ของโมเลกุลสายยาวได้ด้วยอัตราเร็วสูง และ exo PG ช่วยย่อยพันธะ α-1,4 อย่างเป็นระเบียบจากปลายสายโมเลกุลของเพคตินด้าน non-reducing (exo-splitting) (ศศิธร และคณะ, 2547) จากการศึกษาของ Van linden *et al.* (2008) โดยทำการตรวจสอบมะเขือเทศในระยะผลสีเขียวจนถึงระยะผลสุก สีแดงให้ได้รับแรงกระทบ พบว่าเอนไซม์ PG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะผลสุกอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากเนื้อเยื่อเกิดการช้ำเมื่อได้รับแรงกระทบภายใน 3 ชั่วโมง พบว่า ระดับของ demethoxylation และ polymerization ลดลงเล็กน้อย และการละลายของเพคตินไม่เปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังพบว่าเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ xyloglucan

- เอนไซม์ pectin methylesterase (PME, PE) ทำหน้าที่ในการย่อยเอากลุ่ม methyl ออกไป (ภาพที่ 9) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH และประจุภายในผนังเซลล์ ทำให้เกิดพันธะไอออนิกเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลของเพคติน โดยอาศัยไอออนของแคลเซียมเป็นตัวเชื่อม และทำให้เอนไซม์ PG เข้าย่อยสลายโมเลกุลของเพคตินให้เล็กลง ดังที่มีการศึกษาการเปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ PG ในผลอะโวคาโดและมะเขือเทศ พบว่าเอนไซม์ PG จากมะเขือเทศมีกิจกรรมสูงกว่าในอะโวคาโดประมาณ 3-4 เท่า มีมวลโมเลกุลสูง มีค่าของ methylesterified ต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 33 เปอร์เซ็นต์ ในวันแรกของการทดลอง จากนั้นมวลโมเลกุลลดลง ค่าของ methylesterified สูงขึ้น มีค่าเท่ากับ 74 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 2 ของการทดลอง ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ PME ของทั้งอะโวคาโดและมะเขือเทศมีค่า methylesterified ลดลง เท่ากับ 11 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Wakabayashi *et al.*, 2003) ส่วนการศึกษาของ Chung *et al.* (2006) พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ PG และ PME ในมะเขือเทศสุกที่ถูกแรงกระทบทางกลมีแนวโน้มทำให้เกิดการสังเคราะห์เอนไซม์ PG สูง ในขณะที่เอนไซม์ PME ค่อยๆ ลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 บทบาทของเอนไซม์ pectin methylesterase ทำหน้าที่ย่อยเอาหมู่ methyl ออกจากเพคติน

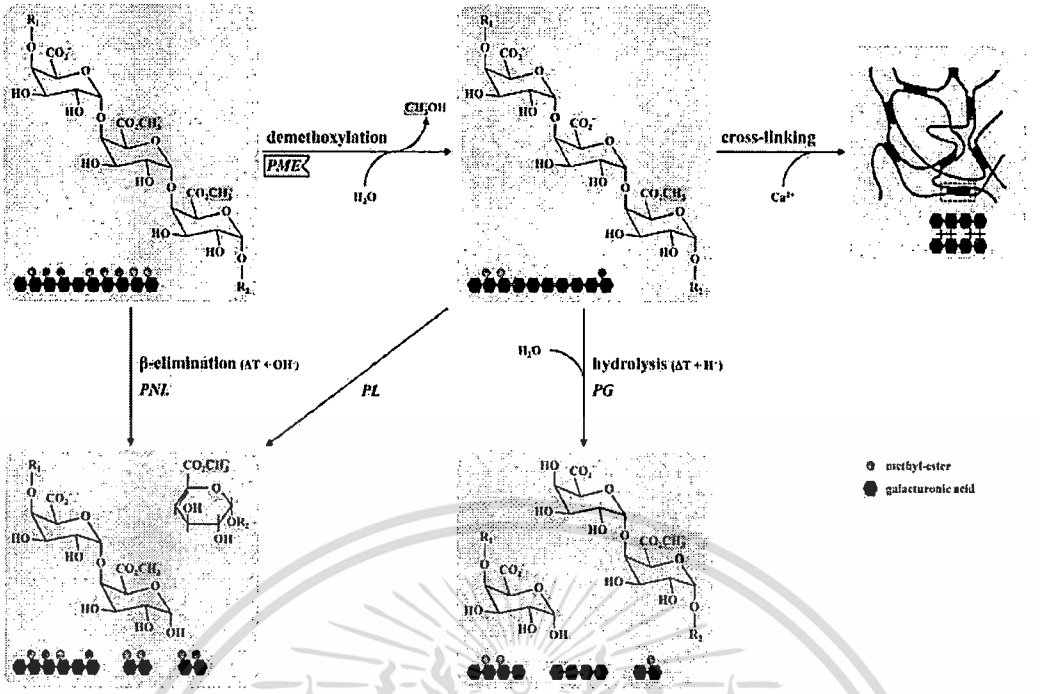
ที่มา: Jolie *et al.* (2010)

- เอนไซม์ pectate lyase (PL) มีหน้าที่ย่อยเอา galacturonic acid ออกจากโมเลกุลของเพคติน ในตำแหน่งเดียวกับเอนไซม์ PG แต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยา β-elimination คือตัดย่อยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) ที่อยู่ใกล้กับหมู่คาร์บอกซิลของ low methoxyl pectin หรือ complete deesterified pectin หรือกรดเพคติค โดยปฏิกิริยาจะอยู่ในลักษณะย้ายข้าม (trans-elimination) ของไฮโดรเจนอิออน (H^+) จากคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 4 (C_4) กับคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 5 (C_5) ของส่วนอะไกลโคนของสับสเตรท แล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่มีพันธะคู่เกิดขึ้นที่ปลาย ซึ่งแตกต่างจากปฏิกิริยา hydrolysis ของเอนไซม์ PG (Whitaker, 1996)

- เอนไซม์ β-galactosidase (β-gal) สามารถย่อย galactose ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโซ่ข้าง (side chain) หรือแขนงของโมเลกุลของเพคตินออก ทำให้โมเลกุลของเพคตินมีความพรุนมากขึ้น และช่วยให้เอนไซม์อื่นๆ เข้าย่อยสลายผนังเซลล์ได้ดีขึ้น

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ระหว่างการแตกของผล และการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียน พบว่าเนื้อทุเรียนอ่อนนุ่มลงตลอดตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงวันที่ 8 หลังการเก็บเกี่ยว ในขณะที่ส่วนเปลือกเริ่มการแตกในวันที่ 8 เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของผนังเซลล์พบว่า ทั้งในส่วนเนื้อ ส่วนแกนกลางผล ส่วนรอยสาแหรกและส่วนเปลือกทั่วไป มีปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของเนื้อเพคตินที่ละลายใน CDTA ในส่วนของเนื้อเช่นเดียวกัน แต่พบว่าในส่วนของรอยสาแหรกเพิ่มขึ้นมากที่สุด สำหรับเพคตินที่ละลายใน Na_2CO_3 ลดลงมากในส่วนของเนื้อ จากการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ พบว่าเอนไซม์ β-gal มีบทบาทเด่นชัดที่สุดต่อการอ่อนตัวของเนื้อ ในขณะที่เอนไซม์ PG ก็มีส่วนร่วมโดยเฉพาะในตอนท้ายของการเก็บรักษา (จริงแท้ ศิริพานิช และลำแพน ขวัญพูล, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละชนิดตรง homogalacturonan (PME: pectin methylesterase; PNL: pectin lyase; PL: pectate lyase; PG: polygalacturonase ; R1/R2: เริ่มต้น/ปลายพอลิเมอร์ของเพคติน ΔT: การให้ความร้อน)
ที่มา: Jolie *et al.* (2012)

2.6 บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพในผลไม้และการควบคุม

2.6.1 คุณสมบัติของเอทิลีน

เอทิลีน (ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสถานะเป็นแก๊ส มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของพืช โดยทั่วไปเอทิลีนจะมีผลเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืช สามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อทุกชนิดให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) เอทิลีนมีความสำคัญต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีส่วนเร่งการเสื่อมสภาพของผลผลิต การวาย รวมทั้งทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตผลต่างๆ ลดลงได้ (Reid, 2002)

เอทิลีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีสถานะเป็นแก๊ส ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย จัดเป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนมีสูตรทางเคมีคือ $CH_2 = CH_2$ สามารถติดไฟและเกิดการระเบิดได้ในช่วงความเข้มข้น 3.2 - 32 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเคมีที่พืชสามารถผลิตขึ้นได้เอง มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของพืชเป็นอย่างมาก แม้มีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 พีพีเอ็ม ก็อาจกระตุ้นให้เกิดการสุกของผลไม้หรือการหลุดร่วงของใบได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) เอทิลีนมีผลต่อคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวทั้งผลกระทบในแง่บวกและแง่ลบ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล ระยะสุกของผลิตผล และการนำไปใช้งาน (Saltveit, 1999) สำหรับการผลิตเอทิลีนในผักและผลไม้ชนิดต่างๆ นั้นแตกต่างกันออกไป โดยสามารถจัดแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ 5 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 6 สำหรับผลไม้พบว่า ลักษณะการผลิตเอทิลีนและปริมาณความเข้มข้นภายในมีความสัมพันธ์กับการหายใจ โดยผลไม้ประเภท climacteric มีการผลิตและความเข้มข้นของเอทิลีนภายในระหว่างการเจริญเติบโตต่ำ จนกระทั่งผลไม้เริ่มสุก การผลิตเอทิลีนจึงเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ความเข้มข้นภายในก็สูงขึ้นด้วย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณการผลิตเอทิลีนอาจเกิดขึ้นก่อน หรือหลังการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจก็ได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) โดยการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนที่ผลิตจากตัวผลิตผลเอง (endogenous ethylene) นี้ เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสุกของผลไม้จำพวก climacteric และอาจทำหน้าที่เหมือนตัวปรับกระแสไฟฟ้า (rheostat) สำหรับกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับเอทิลีน ส่วนเอทิลีนที่รับจากภายนอก (exogenous ethylene) โดยปกติใช้ในการช่วยให้ผลไม้เกิดการสุกอย่างสม่ำเสมอ เช่นกล้วย (Watkins, 2006) แต่อย่างไรก็ตามในทางการค้าสำหรับผลิตผลทางการเกษตรจำเป็นต้องพยายามหลีกเลี่ยงการเกิดเอทิลีน หรือให้เกิดเอทิลีนน้อยที่สุด และป้องกันการทำงานของเอทิลีนในระหว่างการสุก การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา การขนส่ง และการจัดจำหน่าย โดยการควบคุมอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศ

ตารางที่ 4 กลุ่มของผักและผลไม้ที่ผลิตเอทิลีนในอัตราต่างๆกัน

กลุ่ม	**อัตราที่ 20 องศาเซลเซียส (C_2H_4/kg·h)**	**ชนิดพืช**
ต่ำมาก	0.01 - 0.1	ส้มต่างๆ องุ่น สตรอเบอรี่ เชอรี่ ทับทิม ดอกไม้ ผักรับประทานใบเมืองหนาว ผักรับประทานราก มันฝรั่ง
ต่ำ	0.1 - 1.0	แตงกวา กระเจี๊ยบเขียว พริกยักษ์ พลับ สัปปะรด เงาะ กระเทียม ข้าวโพดฝักอ่อน หน่อไม้ฝรั่ง ผักกาดขาวปลี หอมหัวใหญ่ ผักบุ้งจีน เห็ด ผักคะน้า
ปานกลาง	1.0 - 10.0	กล้วยหอม แตงเทศ มะม่วง มะเขือเทศ ทุเรียน มังคุด น้อยหน่า
สูง	10.0 - 100.0	แอปเปิ้ล อะโวกาโด แคนตาลูป กีวี พลับ มะละกอ สาลี่ ฝรั่ง
สูงมาก	> 100.0	แพชชั่นฟรุท ละมุด

ที่มา: จริงแท้ ศิริพานิช (2549)

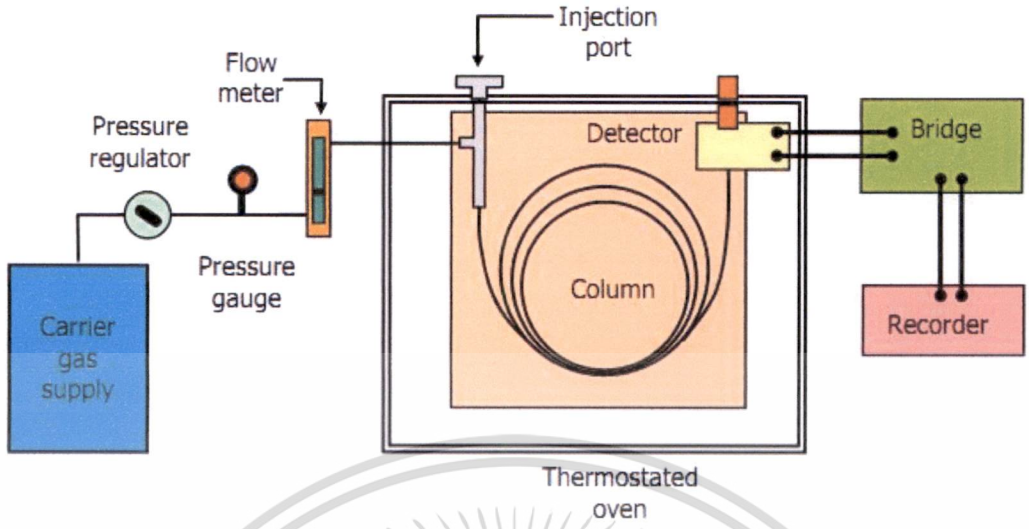
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การสังเคราะห์และการวัดปริมาณเอทิลีน

เอทิลีนถูกสร้างขึ้นจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) ผ่าน S-adenosyl-methionine (AdoMet หรือ SAM) และกรดอะมิโนวงแหวนที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของโปรตีน 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) และมีเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยาในวิถีการสังเคราะห์เอทิลีน ได้แก่ SAM synthethase, ACC syntase และ ACC oxidase (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) สำหรับผลไม้ประเภท climacteric การสังเคราะห์เอทิลีนแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ system I เป็นการสร้างเอทิลีนตามปกติที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อทั่วไป และ system II จะเกิดขึ้นเมื่อการสังเคราะห์เอทิลีน ACC synthase และ ethylene forming enzyme (EFE) หรือถูกกระตุ้นขึ้นโดยตัวเอทิลีนเอง (autocatalysis) ในขณะที่ลักษณะต้านทานต่ออิทธิพลของเอทิลีนลดลง ทำให้ความไว (sensitivity) ต่อเอทิลีนเพิ่มขึ้น ส่วนผลไม้ประเภท non-climacteric และเนื้อเยื่ออื่นๆ มีการผลิตเอทิลีนใน system I เท่านั้น ไม่มีการเร่งปฏิกิริยาเอง (autocatalysis) เกิดขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสังเคราะห์เอทิลีนอีกกระบวนการหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นได้ในผลิตผลทุกประเภท คือการสังเคราะห์ในลักษณะ stressed synthesis เมื่อพืชเกิดสภาวะเครียดทางสรีรวิทยา เช่น การได้รับบาดเจ็บ เกิดรอยแผล ได้รับการกระแทก เกิดการบอบช้ำ หรือ ถูกรุกรานจากเชื้อจุลินทรีย์ พืชจะตอบสนองต่อสภาวะเครียดนี้โดยการผลิตเอทิลีนขึ้นเพื่อส่งสัญญาณให้ระบบป้องกัน หรือซ่อมแซมตัวเองของพืชเกิดการทำงาน (ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล, 2548)

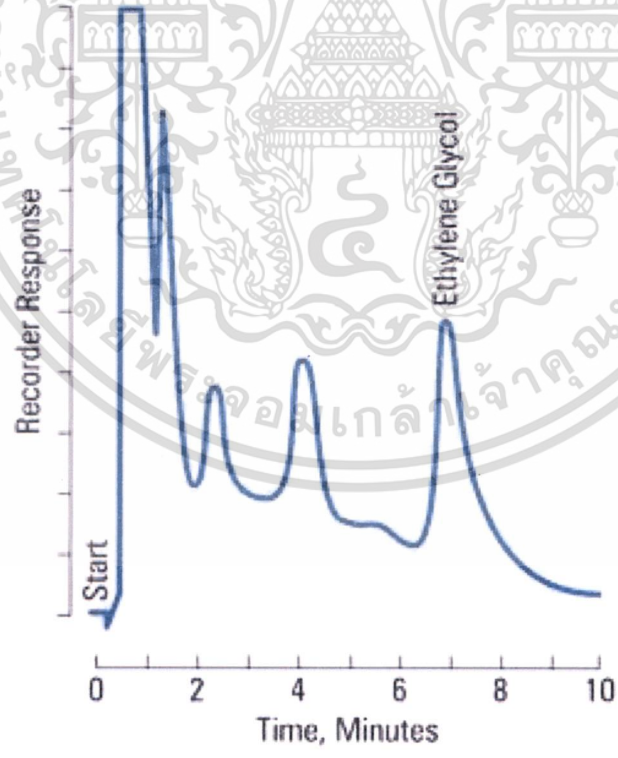
การวัดปริมาณก๊าซเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatography เป็นเทคนิคสำหรับแยกสารตัวอย่างที่เป็นสารผสม โดยเปลี่ยนสารผสมให้เป็นไอที่อุณหภูมิหนึ่ง แล้วให้ไอของสารเหล่านั้นผ่านเข้าไปยัง column ที่บรรจุด้วยเฟสคงที่(stationary phase) โดยอาศัยการพาไปของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) หรือ carrier gas องค์ประกอบของสารผสมที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่และการกระจายตัวผ่านเฟสคงที่ต่างกันจะแยกออกจากกัน โดยองค์ประกอบภายในเครื่อง GC ดังภาพที่ 11 และในการวิเคราะห์สารผสม ตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าที่ sample injection port สารผสมจะถูกให้ความร้อนจนกลายเป็นไอแล้วถูกพาเข้าไปใน column ด้วยเฟสเคลื่อนที่ องค์ประกอบของสารผสมจะแยกออกจากกันเมื่อเคลื่อนผ่าน column และถูกตรวจวัดโดย detector สัญญาณการตรวจวัดที่ได้จาก detector จะถูกบันทึกและแสดงออกมาในรูปของ chromatogram ดังภาพที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 องค์ประกอบของเครื่อง Gas Chromatography

ที่มา: ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ (2556)



ภาพที่ 12 ลักษณะของ chromatogram ที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลของเครื่อง Gas Chromatography

ที่มา: Butrym and Hartman (1999)

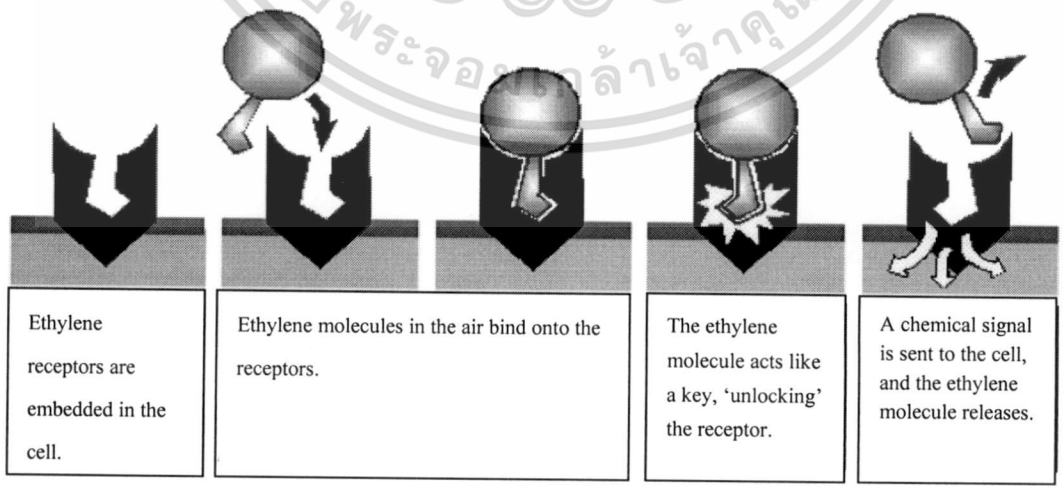
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การถ่ายโอนสัญญาณและการทำงานของเอทิลีน

ความพยายามค้นหาตัวรับเอทิลีน (ethylene receptor) เริ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงศตวรรษที่ 7 โดยการใช้วิธีการหลายอย่างทำให้ได้ข้อมูลว่า ตัวรับเอทิลีนน่าจะเป็นโปรตีนอย่างหนึ่งซึ่งมีความเกี่ยวพันกับเยื่อหุ้มบางชนิด เป็นโปรตีนที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ และมีลักษณะทางเคมีทั้งเป็นพวกไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และชอบกรด (acidic) มีประมาณ 5 นาโนโมล ต่อเนื้อเยื่อ 1 กิโลกรัม และมีขนาดโมเลกุลประมาณ 50 กิโลดัลตัน นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเอทิลีนจับกับตัวรับนี้จะไม่เกิดการแยกตัวของคาร์บอนอะตอมทั้ง 2 ของเอทิลีน และไม่เกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมออกไป สำหรับการถ่ายโอนสัญญาณจากการศึกษาพบว่า เมื่อฮอร์โมนเอทิลีนจับกับตัวรับและถ่ายโอนสัญญาณ จะทำให้เกิด transcription factor (TF) ขึ้น ซึ่ง TF เหล่านี้จะไปจับกับลำดับของเบสในส่วนควบคุมการแสดงออกของยีนต่างๆ (regulatory region) ซึ่งการจับของ TF กับส่วนควบคุมการแสดงออกของยีนเหล่านี้ ช่วยอธิบายถึงการที่ฮอร์โมนแต่ละอย่างมีอิทธิพลร่วมต่อการแสดงออกของยีน และการเปลี่ยนแปลงต่างๆของพืชที่สามารถสังเกตเห็นตามปกติ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553)

<u>การทำงานของเอทิลีน</u>

อิทธิพลต่างๆ ของเอทิลีนที่พบนั้นมิได้เกิดจากโมเลกุลของเอทิลีนโดยตรง เอทิลีนทำหน้าที่เป็นเพียงตัวกระตุ้น โดยมิได้ถูกรวมเข้าไปเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งอย่างใดของเซลล์พืช แต่ทำงานโดยผ่านตัวรับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการจับสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาและถึงจุดอิ่มตัวได้ด้วย (Reid, 2002) สำหรับการทำงานของเอทิลีนแสดงดังภาพที่ 9 โดยเอทิลีนจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของตัวรับ จากนั้นโมเลกุลดังกล่าวจะส่งสัญญานทางเคมี (chemical signal) ไปยังส่วนต่างๆ ของพืชส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางสรีรวิทยา จากนั้นโมเลกุลของเอทิลีนจะเคลื่อนที่ออกจากตัวรับได้ สามารถเกิดกลับไปกลับมาและถึงจุดอิ่มตัวได้ด้วย (Blankenship, 2001)



ภาพที่ 13 กลไกการทำงานของเอทิลีน

ที่มา: Blankenship (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบสนองต่อปริมาณเอทิลีน (dose response) ของเนื้อเยื่อประเภท vegetative ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน คือ ระดับความเข้มข้นที่เริ่มจะแสดงผล (threshold) อยู่ที่ประมาณ 0.01 พีพีเอ็ม ระดับที่ให้ผลประมาณครึ่งหนึ่งของอิทธิพลสูงสุดประมาณ 0.1 พีพีเอ็ม และระดับอิ่มตัวประมาณ 10 พีพีเอ็ม สำหรับในเนื้อเยื่ออื่น เช่น ผลไม้ การตอบสนองต่อปริมาณเอทิลีนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตผล ระยะการเจริญเติบโต หรือการบริบูรณ์ จะเห็นได้ว่าการทำงานของเอทิลีนไม่ได้ขึ้นอยู่กับการจับกับเอทิลีนอย่างตรงไปตรงมาเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอย่างอื่นด้วย ตัวรับเองอาจจับกับสารอื่นทำให้การตอบสนองต่อเอทิลีนของพืชเปลี่ยนไปได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553)

2.7 สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP)

2.7.1 คุณสมบัติพื้นฐานของ 1-MCP

สาร 1-MCP เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ที่สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงต่างๆ อันเนื่องมาจากผลของเอทิลีน โดยเฉพาะในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยสาร 1-MCP มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ C_4H_6 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 54 ซึ่งมีสถานะเป็นแก๊ส โดยโครงสร้างทางเคมีแสดงดังภาพที่ 14

ภาพที่ 14 โครงสร้างทางเคมีของสาร 1-methylcyclopropene

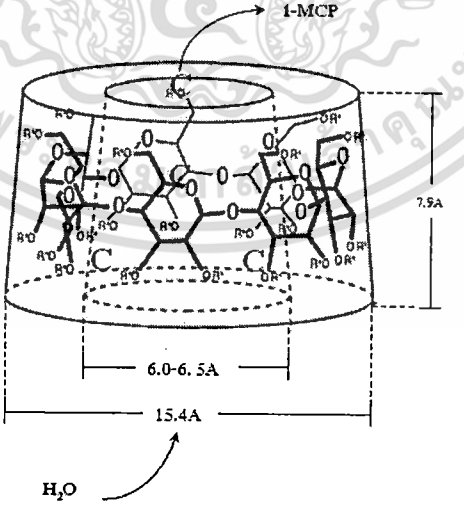
ที่มา: Sisler (2002)

สาร 1-MCP ถูกค้นพบโดย Edward Sisler และ Sylvia Blankenship โดยสาร 1-MCP ที่วางขายจะเรียกกันในยี่ห้อ 'Ethyl Bloc™' หรือ 'Smart Fresh™' ในรูปแบบของผง (powder) ซึ่งสาร 1-MCP จะอยู่ในรูปของโครงสร้าง 1-MCP cyclodextrin complex โดยแสดงดังภาพที่ 11 สำหรับการใช้งานจะต้องผสมน้ำโดยน้ำจะเข้าไปทำละลายด้านในวงของ cyclodextrin ซึ่งมีความชอบน้ำสูง สาร 1-MCP ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำจะเคลื่อนที่ออกสู่อากาศรอบๆ อย่างรวดเร็ว (Beaudry, 2005) โดยสามารถใช้งานได้ตั้งแต่ความเข้มข้น 0.5 พีพีบี ถึง 100 พีพีเอ็ม (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) โดยปกติจะผสมน้ำในขวดขนาดเล็ก ที่มีฝาปิดสนิทแล้วทำการเขย่าโดยอัตราส่วนที่ใช้คือ สาร 1-MCP 1 ส่วนต่อน้ำ 16 ส่วน เพื่อปลดปล่อยสาร 1-MCP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การทำงานของสาร 1-MCP

ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน เริ่มต้นจากสาร 1-MCP ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่สามารถจับกับตัวรับบนผลิตผลแทนที่เอทิลีนโดยจากการศึกษาพบว่าสาร 1-MCP มีความเข้ากันได้ (affinity) กับตัวรับมากกว่าเอทิลีนถึง 10 เท่า (Sisler and Serek, 1997) โมเลกุลดังกล่าวจะไม่สามารถส่งสัญญาณทางเคมีไปยังส่วนต่างๆ ของพืชส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางสรีรวิทยาได้ และการยึดติดของสาร 1-MCP กับตัวรับจะคงอยู่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกลับไปมาเหมือนกับเอทิลีน จึงเป็นการป้องกันการเข้าจับกับตัวรับของเอทิลีนจนกว่าจะมีการสังเคราะห์ตัวรับใหม่ของผลิตผลจึงสามารถจับกับเอทิลีนได้ใหม่ โดยจากการศึกษาพบว่าหากทำการให้สาร 1-MCP แก่ผักและผลไม้แล้วเก็บรักษาที่ 0-3 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตผลไม่มีการสังเคราะห์ตัวรับใหม่ แต่เมื่อนำออกมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีการสังเคราะห์ตัวรับและทำให้เกิดการสุกของผักและผลไม้ได้ จากกระบวนการทำงานดังกล่าว สาร 1-MCP จึงยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ สำหรับแผนภาพการทำงานของสาร 1-MCP แสดงดังภาพที่ 12 โดยจากการศึกษาพบว่า สามารถยับยั้งได้ทั้งเอทิลีนที่ผลิตผลสร้างขึ้นภายใน (endogenous ethylene) ตามธรรมชาติขณะที่มีการเจริญเติบโตและเอทิลีนจากภายนอก (exogenous) ซึ่งใช้เร่งการสุกในทางการค้า เช่น สารเอทธิฟอน ที่นิยมใช้ในการเร่งการสุกของผลไม้ เช่น กล้วย มะเขือเทศ (Blankenship, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่าสาร 1-MCP สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ความเข้มข้นระดับต่ำมากในระดับหนึ่งส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ซึ่งต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีน (Blankenship and Dole, 2003)

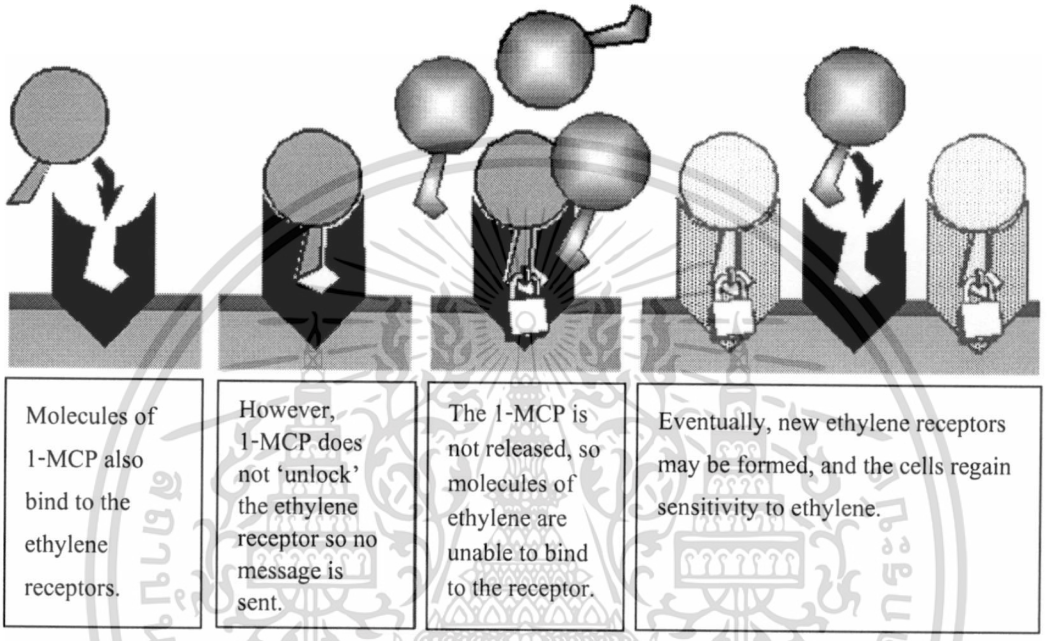


ภาพที่ 15 โครงสร้างของสาร 1-MCP cyclodextrin complex ในรูปผง

ที่มา: Casillas *et al.* (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการใช้สาร 1-MCP ในผลิตผลทางการเกษตรพบว่าสามารถยับยั้งและชะลอการเกิดลักษณะอันไม่พึงประสงค์ต่างๆ ที่เกิดจากการทำงานของเอทิลีนของผลิตผลแต่ละชนิดและมีการรวมรวบผลกระทบโดยปกติของสาร 1-MCP ต่อเมตาบอลิซึมต่างๆในผักและผลไม้ไว้ดังตารางที่ 7



ภาพที่ 16 การทำงานของสาร 1-MCP กับตัวรับเอทิลีน

ที่มา: Blankenship (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลของสาร 1-MCP ต่อเมตาบอลิซึมของผักและผลไม้

เมตาบอลิซึม	ผล/กระบวนการ	การเปลี่ยนแปลง		
		เพิ่มขึ้น	ลดลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
เอทิลีน	การสร้างเอทิลีน	√	√	
การหายใจ	อัตราการหายใจ	√	√	√
	ของแข็ง (SSC)	√	√	√
	ความเป็นกรด (TA)	√	√	√
สารสี	การสลายคลอโรฟิลล์		√	
	การสะสมไลโคปีน		√	
	การสะสมคาโรทีนอยด์		√	
สีน้ำตาล	การเกิดสีน้ำตาล		√	
สารให้กลิ่น	เอสเทอร์		√	
	อัลดีไฮด์			√
	อะเซทัลดีไฮด์	√	√	
	เอทานอล	√	√	
คุณค่าทางโภชนาการ	การสูญเสียวิตามินซี		√	
	ปริมาณแอนโทไซยานิน		√	
	การสูญเสียการทำงาน สารต้านอนุมูลอิสระ		√	
ผลเสียทางกายภาพ	การวาย การชรา		√	
	อาการสะท้านหนาว	√	√	
	ผลเสียจากเอทิลีน		√	
	การควบคุมบรรยากาศ	√		
	การหลุดร่วง		√	
ผลเสียทางโรค	การเกิดโรคพืช	√	√	√
	การเจริญของเชื้อรา		√	√

ที่มา : Watkins (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 บทบาทของสาร 1-MCP ต่อการอ่อนนุ่มของผลไม้

1-MCP อยู่ในกลุ่มสาร cyclopropene เป็นสารไม่มีกลิ่น และไม่เป็นพิษ ซึ่งในปี 1999 ได้รับการยอมรับจาก Environmental Protection Agency (EPA) สำหรับใช้ในดอกไม้ ใช้ชื่อทางการค้าว่า Ethyl bloc® และยังมีการพัฒนามาใช้ในผลิตผลรับประทานสดโดยใช้ชื่อการค้าว่า Smart Fresh™ สาร 1-MCP เมื่อรวมตัวกับ y-cyclodextrin เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้อยู่ในสภาพเสถียร และเมื่อถูกแทนที่ด้วยน้ำจะทำให้สาร 1-MCP ออกฤทธิ์ในรูปของก๊าซ โดยการแย่งจับกับตัวรับเอทิลีน (ethylene receptor) ทำให้เอทิลีนไม่สามารถทำงานได้ (Watkins, 2006; Blankenship, 2001) สาร 1-MCP ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีความเป็นพิษในระดับที่ต่ำมาก จึงได้รับการรับรองจากองค์การอาหาร และยา (Food and Drug Administration; FDA) ให้สามารถนำ 1-MCP มาใช้กับผลิตผลทางการเกษตรได้ และยังได้รับการยกเว้นจาก U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) ในเรื่องของข้อกำหนดในการระบุปริมาณผลตกค้างที่จะยอมรับได้ (Exemption from the requirement of a tolerance) ในผลิตผลจำพวกผักและผลไม้สด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) สาร 1-MCP ให้ผลดีที่สุดในแง่ของการทำงานทนนานที่สุดในเทคโนโลยีของ 1-MCP นั้น เมื่อน้ำตาลพาหะ (ไซโคลเดกซ์ตริน) เปียกชื้นด้วยน้ำ สารเคมีที่เป็นตัวทำงานจะถูกปล่อยออกมาในเครื่องกำเนิดอัตโนมัติ ความเข้มข้นในบรรยากาศเพียง 1 ส่วน ในล้านส่วน (พีพีเอ็ม) ก็สามารถให้ผลตามที่ต้องการ พืชผลแต่ละชนิดจะตอบสนองได้ต่างๆกันขึ้นกับว่าตามปกติเอทีลีนให้ผลเป็นอย่างใด โดยการวิจัยผลของ 1-MCP เน้นไปที่คุณสมบัติด้านรสสัมผัสอื่นๆ เช่น ความเป็นกรด โดยการไทเทรต (titratable acidity) และความแน่นเนื้อ (firmness) ลักษณะผิวที่ปรากฏและคุณสมบัติอื่นๆ ที่บ่งชี้ความสุกของผลไม้ และนิยมใช้ในผลไม้ได้แก่ มะละกอ แอปเปิ้ล มะเขือเทศ แตงกวา ท้อ ฝรั่ง อะโวคาโด เนคทารีน ฮันนิดิว (คล้ายแตงไทย) แอปเปิ้ลฟูจิ และแครนเบอรี่ (Peter, 2002)

การใช้ประโยชน์จากสาร 1-MCP หลังการเก็บเกี่ยวต่อผลมะละกอพันธุ์ Gold และ Rainbow โดยรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 50 - 1,000 พีพีบี ในช่วงระยะเวลา 4 และ 24 ชั่วโมง และให้เอทธิฟอนทั้งก่อนและหลังการรมสาร 1-MCP พบว่าผลมะละกอที่รมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถชะลอการอ่อนนุ่ม และการสุกได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP โดยการรมสาร 1-MCP เป็นเวลา 4 หรือ 24 ชั่วโมง ในส่วนของการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจถูกชะลอและยับยั้งในผลที่รมสาร 1-MCP เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการอ่อนนุ่มได้ 7 วัน ในระยะผลเริ่มเปลี่ยนสี และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว แต่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ผลมะละกอที่รมสาร 1-MCP ที่ระยะผลเริ่มเปลี่ยนสีมีการเปลี่ยนแปลงความอ่อนนุ่มน้อยกว่า และมีอาการที่เรียกว่า Rubbery เกิดขึ้น ส่วนผลมะละกอที่ระยะผิวสีเหลืองมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ที่รมสาร 1-MCP มีการสุกตามปกติ ขณะที่การเก็บรักษาผลมะละกอระยะผิวสีเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ก่อนหรือหลังจากการรมสาร 1-MCP ไม่มีผลต่อความอ่อนนุ่ม ในขณะที่การรมสาร 1-MCP ก่อนหรือหลังจากที่ได้รับสารเอทธิฟอน พบว่าผลมะละกอมีการอ่อนนุ่มไม่แตกต่างกัน (Manenoi *et al.*, 2007)

การศึกษาผลของการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 6 และ 12 ชั่วโมง ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลมะละกอที่รมด้วยสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงสีของผิวผลและการอ่อนนุ่มของเนื้อช้ากว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP และผลมะละกอที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 6 และ 12 ชั่วโมง สามารถชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อได้ 10 วัน โดยมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร ประมาณ 87.5 และ 48.2 นิวตัน ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างผลที่รมและไม่ได้รมสาร 1-MCP พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระหว่างการเก็บรักษาผลมะละกอมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 9.4 เปอร์เซ็นต์ (กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ และลำแพน ขวัญพูล, 2553)

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสาร 1-MCP ระยะเวลาในการแช่สาร สำหรับยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว จากการศึกษาในมะเขือเทศระยะผลเริ่มสุก โดยใช้มะเขือเทศระยะผลเริ่มเปลี่ยนสี นำมาแช่สาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 50, 200, 400 และ 600 พีพีบี เป็นเวลา 0.5, 1, 3, 6 และ 12 นาที นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าสาร 1-MCP ความเข้มข้น 400 และ 600 พีพีบี เวลา 1 นาที สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีน การหายใจ การพัฒนาสีผิว และอัตราการสะสมของไลโคปีน และยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PG เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 50 พีพีบี มีผลต่อค่า Hue ของสีผิวผล และปริมาณไลโคปีนในส่วนของเปลือก ชะลอการอ่อนนุ่ม การพัฒนาสีผิว และระยะเวลาของการแช่สารที่ 6 และ 12 นาที เป็นระยะเวลาที่ดีที่สุด ที่ทำให้สารซึมผ่านเข้าสู่ผลได้ดี และช่วยให้กลไกการทำงานของสาร 1-MCP ในการยับยั้งกระบวนการสุกได้ดียิ่งขึ้น (Choi and Huber, 2008)

การศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการช้ำในผลแอปเปิ้ลสายพันธุ์ต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ แอปเปิ้ลพันธุ์ Empire, Fuji และ Golden Delicious โดยมีทรีตเมนต์ทั้งที่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้รับสาร 1-MCP และทำการตกกระทบที่ระดับความสูง 30, 60 และ 90 เซนติเมตร เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างในการวัดความเข้มข้นของเอทิลีนภายใน วัดความแน่นเนื้อของผล และประเมินความรุนแรงของการช้ำโดยวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยช้ำ พบว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่าความเข้มข้นของเอทิลีนภายในลดลง และความแน่นเนื้อสูงในทุกสายพันธุ์ ขณะที่สายพันธุ์ Golden Delicious เกิดการช้ำมากที่สุด ส่วนสายพันธุ์ Empire เกิดการช้ำน้อยที่สุด และพบว่ายิ่งความสูงของการตกกระทบเพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้เกิดการช้ำมากขึ้น (Jung and Watkins, 2009)

การศึกษาผลของ 1-MCP ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคตินหลังการเก็บเกี่ยวในมะม่วงพันธุ์ Chausa, Dashehari และ Langra โดยใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 พีพีเอ็ม พบว่า สาร 1-MCP ให้ผลค่อนข้างชัดเจนในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PG ในมะม่วงพันธุ์ Chausa และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผล ยับยั้งการผลิตเอทิลีน และการหายใจตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดปริมาณ TSS และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลชุดควบคุม (Singh and Neelam, 2008)

การศึกษาในมะละกอพันธุ์ Maradol ที่มีการยับยั้งการสุกของผลด้วยการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 300 พีพีบี เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และชุดที่เร่งให้เกิดการสุกด้วยการจุ่มในสารละลายเอทธิฟอน 2.5 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หลังจากที่รมสาร 1-MCP หรือจุ่มด้วย เอทธิฟอนเป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ นำมะละกอออกมา เก็บรักษาไว้ในสภาวะตลาดจำลอง (20 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์) แล้วปล่อยให้มีการพัฒนาการสุกต่อไป ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP หรือสารเอทธิฟอนทำหน้าที่เป็นชุดควบคุม จากการทดลองพบว่าสาร 1-MCP สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ โดยการเข้าไปจับกับตัวรับเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่มีผลในการกระตุ้นการสุกของผล ขณะที่เอทธิฟอนเป็นตัวปลดปล่อยเอทิลีน มีผลทำให้มะละกอเกิดการสุกอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงผนังเซลล์ของผลที่มีการอ่อนนุ่ม พบว่าเกิดการย่อยสลายของเพคติน และมีขนาดของโมเลกุลเล็กลง สอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ PG ในกระบวนการสุกของมะละกอพันธุ์ Maradol (Adriana *et al.*, 2009)

การศึกษาผลของสาร 1-MCP ร่วมกับสารแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และการให้ความร้อนต่อความแน่นเนื้อและองค์ประกอบของผนังเซลล์ของมะละกอสุกหั่นชิ้น ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยให้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แล้วทำการหั่นมะละกอเป็นชิ้นๆ จากนั้นนำไปจุ่มสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับการจุ่มสารละลาย $CaCl_2$ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการอ่อนนุ่ม ปริมาณ WSP และลดกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ได้ โดยการใช้สาร 1-MCP ร่วมกับ $CaCl_2$ ช่วยทำงานเสริมกันในการรักษาความแน่นเนื้อ และเสริมความแข็งแรงของผนังเซลล์ของมะละกอหั่นชิ้น (Nimitkeatkai *et al.*, 2009)

การศึกษาการเปรียบเทียบผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการย่อยสลายของผนังเซลล์ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ และพันธุ์ Red Maradol พบว่าการใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 100 พีพีบี ในมะละกอทั้งสองพันธุ์ สามารถชะลออัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ การอ่อนนุ่มของผล และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PG และ β-gal ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของผนังเซลล์ และมะละกอพันธุ์ Red Maradol มีผลการตอบสนองต่อ 1-MCP ได้ดีกว่ามะละกอพันธุ์แขกดำ (Krongyut *et al.*, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. มะละกอ ระยะแก่จัดสีเขียว
   - พันธุ์แขกดำ จำนวน 100 ผล
   - พันธุ์ปลักไม้ลาย จำนวน 100 ผล
2. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดสี (colorflex® spectrophotometer)
4. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit firmness tester)
5. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (hand refractometer)
6. chromatography column ($\pi \times$ (รัศมี)$^2 \times$ สูง) = ($3.14 \times (0.6)^2 \times 20$) = 22.61 ตาราง-เซนติเมตร
7. เครื่อง gas chromatography รุ่น GC-8A Gas Chromatograph
8. เครื่อง spectrophotometer รุ่น T90 + UV/VIS Spectrometer
9. เครื่องหมุนเหวี่ยง centrifuge
10. เครื่อง vortex mixture
11. เครื่อง hot plate
12. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (gas analyzer) รุ่น MFA Gas analyzers
13. สายน้ำเกลือ
14. เข็มฉีดยา
15. waterproof pH meter
16. กระดาษกรอง whatman #1
17. เครื่องแก้ว เช่น breaker, flask, test tube
18. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สมุดบันทึก ปากกา กล้องถ่ายภาพ
19. น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

1. 1-methylcyclopropene (Biolene®)
2. alcohol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
3. acetone
4. sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)
5. bromothymol blue ความเข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์
6. sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) ความเข้มข้น 0.0125 โมล ใน Sulfuric acid เข้มข้น (H_2SO_4)
7. m-hydroxyphenol ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์
8. 1,2-cyclohexane diaminetetra acetic acid (CDTA)
9. immidazole
10. sodium carbonate (Na_2CO_3)
11. potassium hydroxide (KOH)
12. galacturonic acid monohydrate
13. sodium acetate
14. acetic acid
15. sepharose CL-4B

3.2 วิธีการดำเนินงาน และการวางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ โดยการนำมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่มีความสม่ำเสมอของผล ทั้งขนาด น้ำหนัก และสีผิวผล พันธุ์ละ 100 ผล นำไปรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง แล้วทำให้เกิดการช้ำ โดยทำการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร ใช้แรงในการตกกระทบเท่ากับ 4.4 จูล เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รมสารและไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ แล้วบันทึกผลและเก็บตัวอย่างทุก 2 วัน เป็นเวลา 6 วัน โดยแบ่งทรีตเมนต์ของการทดลองในมะละกอแต่ละสายพันธุ์ออกเป็น 6 ทรีตเมนต์ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่รมสาร 1-MCP และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 2 ไม่รมสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 3 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 4 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 5 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 6 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) รวมทั้งหมดมี 6 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ผล

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

ทำการเลือกระดับความเข้มข้นของการรมสาร 1-MCP ที่สามารถชะลอการสุกและลดการช้ำได้ดีจากการทดลองที่ 1.1 เพื่อศึกษาอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี และในพันธุ์ปลักไม้ลายที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร ใช้แรงในการตกกระทบเท่ากับ 4.4 จูล เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รมสารและไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยแบ่งทรีตเมนต์ของการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่รมสาร 1-MCP และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 2 ไม่รมสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 3 รมด้วยสาร 1-MCP แต่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 4 รมด้วยสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) รวมทั้งหมดมี 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ ทำการบันทึกผลอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ โดยมีทรีตเมนต์ของการทดลองที่ 1 เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่รมสาร 1-MCP และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 2 ไม่รมสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 3 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 4 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 5 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และไม่ทำให้เกิดการช้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 6 รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1,000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) รวมทั้งหมดมี 6 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ทำการบันทึกผลดังนี้

1. ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (Water soluble pectin; WSP)
2. ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CDTA soluble pectin; CSP)
3. ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (Na_2CO_3 soluble pectin; WSP)
4. ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KOH soluble pectin; KSP)
5. การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ
6. การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA
7. การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3
8. การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การบันทึกข้อมูล

3.3.1 สีเปลือกและสีเนื้อ

วัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ และพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งก่อนและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้เครื่องวัดสี colorflex® spectrophotometer รายงานเป็นค่า L* a* b* color space โดยค่า L* คือค่าความสว่าง หากมีค่าเข้าใกล้ 0 คือสีดำ และหากมีค่าเข้าใกล้ 100 คือสีขาว ส่วนค่า a* หากมีค่าเป็นบวก (+) คือสีแดง และหากมีค่าเป็นลบ (-) คือสีเขียว และค่า b* หากมีค่าเป็นบวก (+) คือสีเหลือง และหากมีค่าเป็นลบ (-) คือสีน้ำเงิน โดยทำการสุ่มวัดตรงบริเวณที่ทำให้เกิดการช้ำด้วยการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร

3.3.2 พื้นที่การเกิดโรค

ใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ในการวัดพื้นที่การเกิดโรค (กว้าง×ยาว) รายงานเป็นตารางเซนติเมตร (cm^2) ตำแหน่งละ 3 จุด

3.3.3 พื้นที่การช้ำ

ใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ในการวัดพื้นที่การช้ำ (กว้าง×ยาว) รายงานเป็นหน่วยตารางเซนติเมตร (cm^2) โดยทำการศึกษาเฉพาะในทรีตเมนต์ที่ทำให้เกิดการช้ำ (ทรีตเมนต์ที่ 2, 4 และ 6)

3.3.4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักสด (\%)} = \frac{\text{(น้ำหนักก่อนการทดลอง - น้ำหนักหลังการทดลอง)}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง}} \times 100$$

3.3.5 ความแน่นเนื้อ

ใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit firmness tester) ซึ่งมีหัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.11 เซนติเมตร สุ่มกดลงบนบริเวณที่ทำให้เกิดการช้ำ โดยการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร ในทรีตเมนต์ที่ทำให้เกิดการช้ำ ส่วนทรีตเมนต์ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ ทำการวัดความแน่นเนื้อโดยกดหัววัดความแน่นเนื้อตรงกลางของผล โดยกดลึกประมาณ 1 เซนติเมตร ทำการวัดผลละ 3 ตำแหน่ง และรายงานค่าความแน่นเนื้อที่ได้เป็นนิวตัน (newton; N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solids; TSS)

ใช้ตัวอย่างเนื้อของมะละกอจำนวน 5 กรัม ตรงตำแหน่งที่ทำให้เกิดการช้ำ เนื่องจากการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร ในทรีตเมนต์ที่ทำให้เกิดการช้ำ และทรีตเมนต์ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำใส่ลงในเครื่องปั่น แล้วปั่นให้ละเอียด จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง นำมาคั้นน้ำออกใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำด้วย hand refractometer ซึ่งผ่านการปรับให้เป็นศูนย์ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นหยดตัวอย่างน้ำคั้น 1-2 หยด ลงบน hand refractometer แล้วอ่านค่าเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%brix)

3.3.7 อัตราการหายใจ โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Vines and Oberbacher (1963)

ศึกษาอัตราการหายใจในผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี และในพันธุ์ปลักไม้ลายที่รมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง วางในถังพลาสติกปริมาตร 60 ลิตร แล้วปิดฝาให้สนิท ภายใต้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่อง gas analyzer ด้วยการใช้เข็มของเครื่อง gas analyzer เจาะลงไปในถังพลาสติก จากนั้นอ่านค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชผลิตออกมา โดยทำการวัดอัตราการหายใจของผลิตผลทุก 6 ชั่วโมง จนกระทั่งอัตราการหายใจผ่านจุดสูงสุด (peak) และลดต่ำลง และรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชผลิตออกมา

3.3.8 อัตราการผลิตเอทิลีน โดยดัดแปลงตามวิธีของ Feng *et al.* (2000)

จากการเตรียมตัวอย่างการวัดอัตราการหายใจตามข้อ 3.3.7 ทำการดูดอากาศในถังพลาสติกด้วยเข็มฉีดยาปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการฉีดตัวอย่างเข้าไปในเครื่อง gas chromatography (Model GC-8A gas chromatograph) ระบบที่ใช้คือ flame ionization detector (FID) โดยทำการวัดอัตราการผลิตเอทิลีนทุก 6 ชั่วโมง จนกระทั่งอัตราการผลิตเอทิลีนผ่านจุดสูงสุดและลดต่ำลง รายงานผลเป็นหน่วยไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

3.3.9 การสกัดผนังเซลล์ โดยดัดแปลงตามวิธีของ Brummell *et al.* (2004a)

โดยเก็บตัวอย่างเนื้อของมะละกอตำแหน่งที่ทำให้เกิดการช้ำด้วยการตกกระทบด้วยลูกเหล็กที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร และทรีตเมนต์ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำทรีตเมนต์ละ 5 กรัม เก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินในการทดลองที่ 2 จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อมะละกอจำนวน 5 กรัม จากแต่ละทรีตเมนต์มาทำให้อยู่ในรูปของ alcohol insoluble solids (AIS) โดยเติมแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด กรองด้วยกระดาษกรอง whatman #1 ล้างด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลกอฮอล์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นล้างด้วย acetone ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จำนวน 2 รอบ จากนั้นอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาสเซลเซียส แล้วบดด้วยโกร่งให้ละเอียดเก็บในโหลกันความชื้นที่มีสาร silica gel ประมาณ 10 กรัม และตัวอย่างที่ได้คือ alcohol insoluble solids (AIS)

ชั่ง AIS หนัก 0.05 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เก็บส่วนใสใส่หลอดพลาสติก นำตะกอนมาสกัดซ้ำด้วยน้ำกลั่นอีก 2 รอบ จากนั้นนำส่วนใสที่ได้เทรวมกันในหลอดพลาสติก โดยส่วนใสทั้งหมดที่ได้คือเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble fractions; WSF) และเก็บในตู้เย็น เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเพคติน ส่วนตะกอนนำไปสกัดต่อด้วยสารละลาย CDTA (ในสารละลาย imidazole ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์) ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร , Na_2CO_3 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสารละลาย KOH ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตามลำดับและทำการสกัดและเก็บส่วนใสเช่นเดียวกับการสกัดด้วยน้ำ จากนั้นนำตะกอนที่เหลือไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ดูดส่วนใส ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ที่สกัดได้จากแต่ละ fractions นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายที่ใช้สกัดจากข้อ 2 ข้างต้น โดยดูดใส่ในหลอดทดลองที่มีปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตัวอย่างละ 3 หลอด โดยวางหลอดไว้ในกระบะน้ำแข็งตลอดเวลา แล้วเติมสาร sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) ความเข้มข้น 0.0125 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำออกมาแช่ในกระบะน้ำแข็งทันที จากนั้นเติมสารละลาย m-hydroxyphenol ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ย้ายออกนอกกระบะน้ำแข็งทิ้งไว้จนกระทั่งหายเย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่น (blank) ที่ทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกันกับตัวอย่าง คำนวณปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ โดยเทียบกับค่ามาตรฐานของ galaturonic acid

สร้างกราฟมาตรฐาน โดยเตรียม stock solution ของสารละลาย galacturonic acid monohydrate ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยชั่ง galacturonic acid monohydrate ปริมาณ 0.01 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปปริมาณ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลาย galacturonic acid monohydrate ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร แล้วดูดสารละลาย galacturonic acid monohydrate ในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร โดยทำทั้งหมด 3 หลอด (ซ้ำ) วางหลอดในกระบะน้ำแข็งตลอดเวลา แล้วเติมสาร sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) ความเข้มข้น 0.0125 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วนำออกมาแช่ในกระบะน้ำแข็งทันที จากนั้นเติมสารละลาย m-hydroxyphenol ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ย้ายออกนอกกระบะน้ำแข็งทิ้งไว้ให้หายเย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่น (blank) ที่ทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับสารละลาย galacturonic acid monohydrate จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากความเข้มข้นต่างๆ มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อสร้างสมการเส้นตรง และนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารประกอบเพคตินที่มีในตัวอย่าง

สมการเส้นตรงที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน $y = a(x) + b$

x = ปริมาณสารประกอบเพคติน

a = ค่าความชันของเส้นกราฟ

y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบด้วย blank

b = ค่าคงที่ของสมการ

นำค่าการดูดกลืนแสงของเพคตินแต่ละ fractions ที่วัดได้ในข้อ 3 มาคำนวณหาปริมาณของเพคติน โดยใช้สมการเส้นตรงที่สร้างได้จากข้อ 4 และรายงานค่าที่ได้ในหน่วย ไมโครกรัม galacturonic ต่อมิลลิกรัม AIS (µg galacturonic acid/ mg AIS)

3.3.10 ศึกษาการกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินด้วยเทคนิค size exclusion chromatography โดยดัดแปลงตามวิธีของ Brummell *et al.* (2004b)

เตรียมบัฟเฟอร์ปริมาตร 1 ลิตร โดยการชั่งสาร sodium acetate หนัก 8.203 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วปรับ pH ด้วย acetic acid ให้ได้ค่า pH เท่ากับ 6 จากนั้นนำบัฟเฟอร์ที่เตรียมไว้ไปทำการล้างคอลัมน์ปริมาตร 22.61 cm^3 ที่บรรจุด้วยสาร sepharose CL-4B จากนั้นศึกษาอัตราการเคลื่อนที่ของสารผ่านคอลัมน์ โดยใช้ bromothymol blue ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของตัวอย่างผ่านคอลัมน์ ซึ่งมีอัตราการเคลื่อนที่ของสารผ่านคอลัมน์เท่ากับ 0.25 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที แล้วทำการล้างคอลัมน์ด้วยบัฟเฟอร์อีกครั้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นดูดตัวอย่างสารสกัดจากแต่ละ fractions ปริมาตรละ 10 มิลลิลิตร มาทำการโหลดลงบนคอลัมน์ ทำการชะด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมไว้ เก็บตัวอย่างใส่ในหลอดทดลองปริมาตร 3 มิลลิลิตร (ทุก 90 วินาที) โดยใน 1 ตัวอย่างใช้เวลาทั้งหมด 45 นาที ต่อตัวอย่าง ได้ทั้งหมด 30 หลอดต่อตัวอย่าง นำตัวอย่างที่เก็บได้ไปค้นหาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินโดยดูดตัวอย่างจากแต่ละหลอด (30 หลอด) ถ่ายใส่ในหลอดทดลองใหม่ หลอดละ 1 มิลลิลิตร นำไปวางในกระบะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำแข็ง แล้วเติมสาร sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) ความเข้มข้น 0.0125 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิตร ลงไปในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วนำออกมาแช่ในกระบะน้ำแข็งทันที จากนั้นเติมสารละลาย m-hydroxyphenol ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixture ทำการย้ายตัวอย่างออกนอกกระบะน้ำแข็งทิ้งไว้ให้หายเย็น แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่น (blank) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเพคติน

นำค่าที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร มาคำนวณหาปริมาณของเพคติน และรายงานในหน่วย µg galacturonic acid/ mg AIS

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5 สถานที่ดำเนินงาน

- ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน หลักสูตรพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 - ตุลาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

ผลการทดลองที่ 1.1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

1.1 ค่าความสว่าง (L*)

เมื่อทำการวัดค่า L* ของสีเปลือกในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ก่อนทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ พบว่า ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

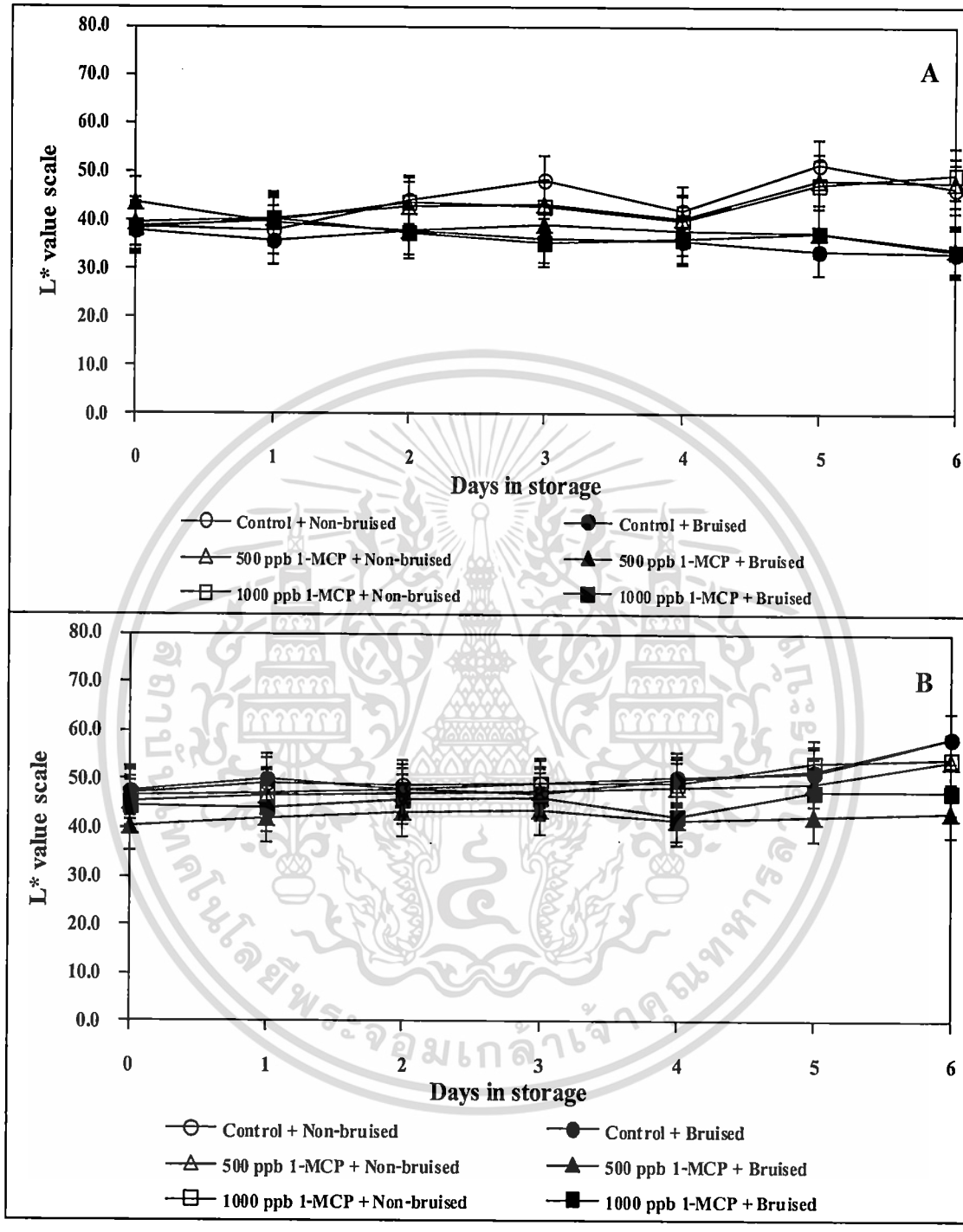
ในวันแรกของการเก็บรักษามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ประมาณ 43.6 ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ที่มีค่า L* ประมาณ 38.0 จากนั้นพบว่าค่า L* ในทุกทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นในช่วง 2 วันแรก และในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า L* ของผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า L* เท่ากับ 48.3 และแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 กับ 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ประมาณ 43.3 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองทรีตเมนต์ ส่วนผลที่ทำให้เกิดการช้ำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี พบว่าค่า L* มีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 35.5 ถึง 39.1 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* สูงกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 49.7 ส่วนผลที่ทำให้เกิดการช้ำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP พบว่า มีค่า L* ลดลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงมากที่สุด จาก 38.1 เป็น 33.2 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 34.2 และ 33.7 ตามลำดับ (ภาพที่ 17A, ตารางภาคผนวกที่ 1)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า L* ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ประมาณ 47 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การช้ำ มีค่า L* อยู่ในช่วง 40.3 ถึง 46.8 จากนั้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งสองระดับ มีค่า L* อยู่ในช่วง 47.6 ถึง 49.3 ซึ่งสูงกว่าผลที่ทำให้เกิดการช้ำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งสองระดับ โดยมีค่า L* อยู่ในช่วง 43.7 ถึง 47.2 และพบว่าค่า L* ในทุกทรีตเมนต์ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำมีค่า L* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า เท่ากับ 58.7 และ 58.6 ตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำมีค่า L* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.2 (ภาพที่ 17B, ตารางภาคผนวกที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

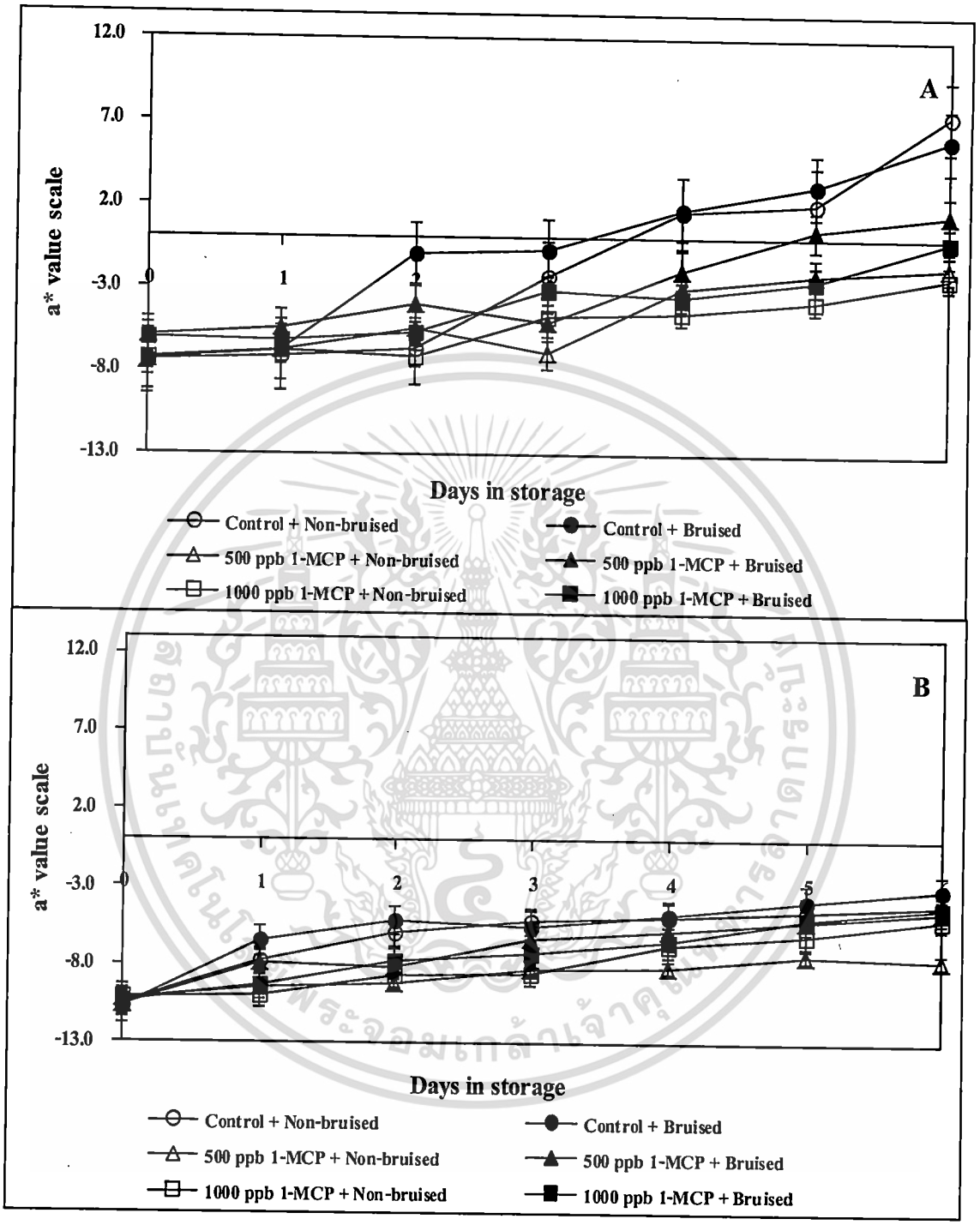
1.2 ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) หรือ แดง (+a*)

เมื่อทำการวัดค่า a* ของสีเปลือกในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

ค่า a* ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งสองความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าประมาณ -6.0 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ทำและไม่ทำให้เกิดการช้ำซึ่งมีค่า a* ประมาณ -7.4 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เท่ากับ -7.3 ส่วนในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ทุกทรีตเมนต์มีค่า a* เพิ่มขึ้น โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เพิ่มขึ้นจาก -7.4 เป็น -0.8 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า a* เท่ากับ -6.9 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 7.4 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า a* เท่ากับ -2.3 (ภาพที่ 18A, ตารางภาคผนวกที่ 3)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า a* ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ผลมะละกอจากทุกทรีตเมนต์ มีค่า a* อยู่ในช่วง -10.1 ถึง -10.8 และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ส่วนในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ทุกทรีตเมนต์มีค่า a* เพิ่มขึ้น โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เพิ่มขึ้นจาก -10.8 เป็น -5.0 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า a* เท่ากับ -9.2 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ -3.1 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ -7.6 (ภาพที่ 18B, ตารางภาคผนวกที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

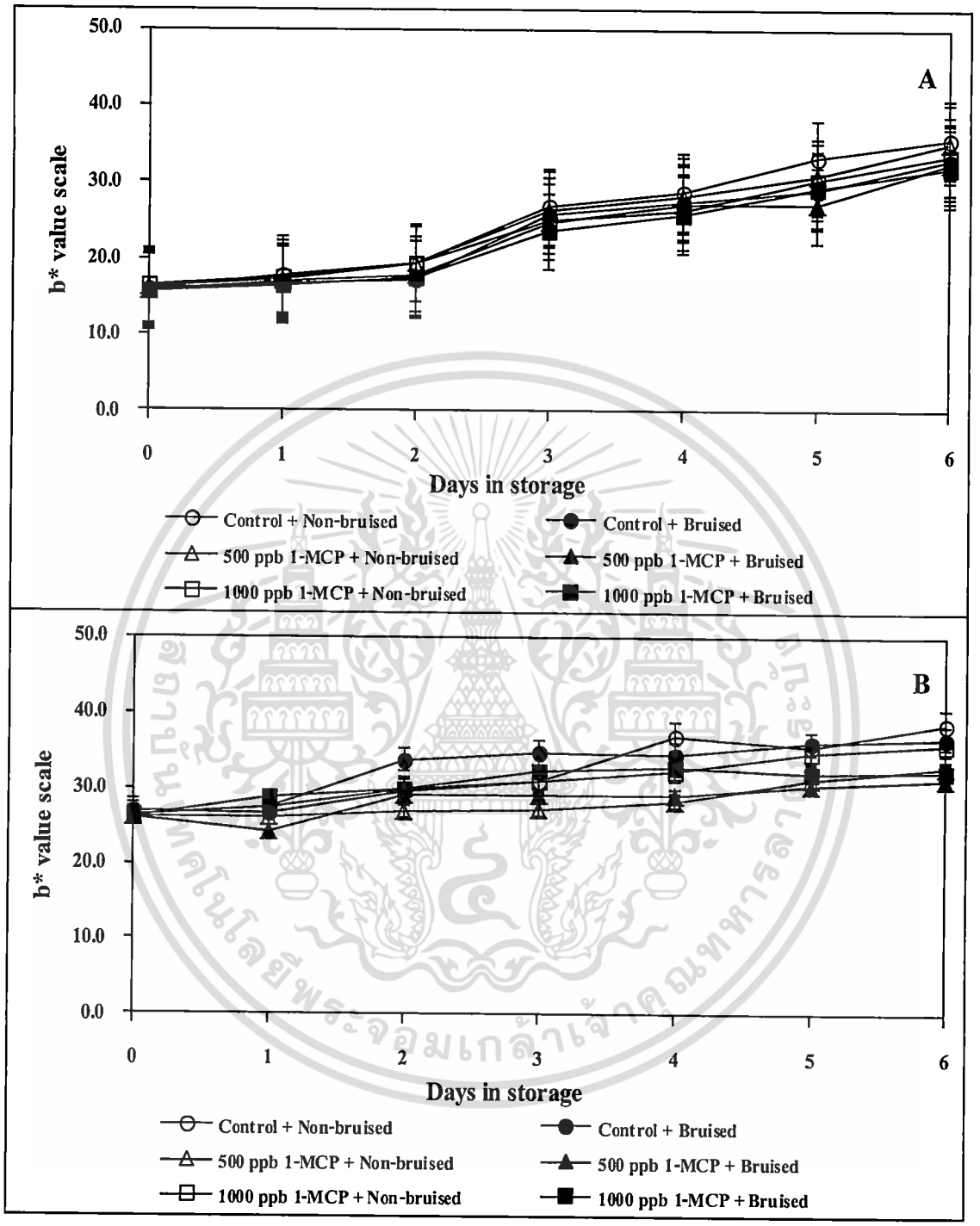
1.3 ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-b*) หรือ สีเหลือง (+b*)

เมื่อทำการวัดค่า b* ของสีเปลือกในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน

ในวันแรกของการเก็บรักษามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลที่ไม่ได้รับและได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* อยู่ในช่วง 15.6 ถึง 16.3 ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับชุดที่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งสองความเข้มข้นก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่า b* ประมาณ 15.6 จากนั้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า b* เพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ โดยมีค่าสูงสุดในผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เท่ากับ 26.8 แต่ไม่แตกต่างกันกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่า b* เท่ากับ 26.5 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 23.6 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างทั้งสองทรีตเมนต์ โดยมีค่า b* ประมาณ 35.5 และพบความแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 32.5 และ 32.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 19A, ตารางภาคผนวกที่ 5)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า b* ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ค่า b* ของทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 26 และในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า b* เพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 34.8 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า b* เท่ากับ 27.3 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 38.6 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า b* เท่ากับ 31.1 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่า b* เท่ากับ 32.4 (ภาพที่ 19B, ตารางภาคผนวกที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

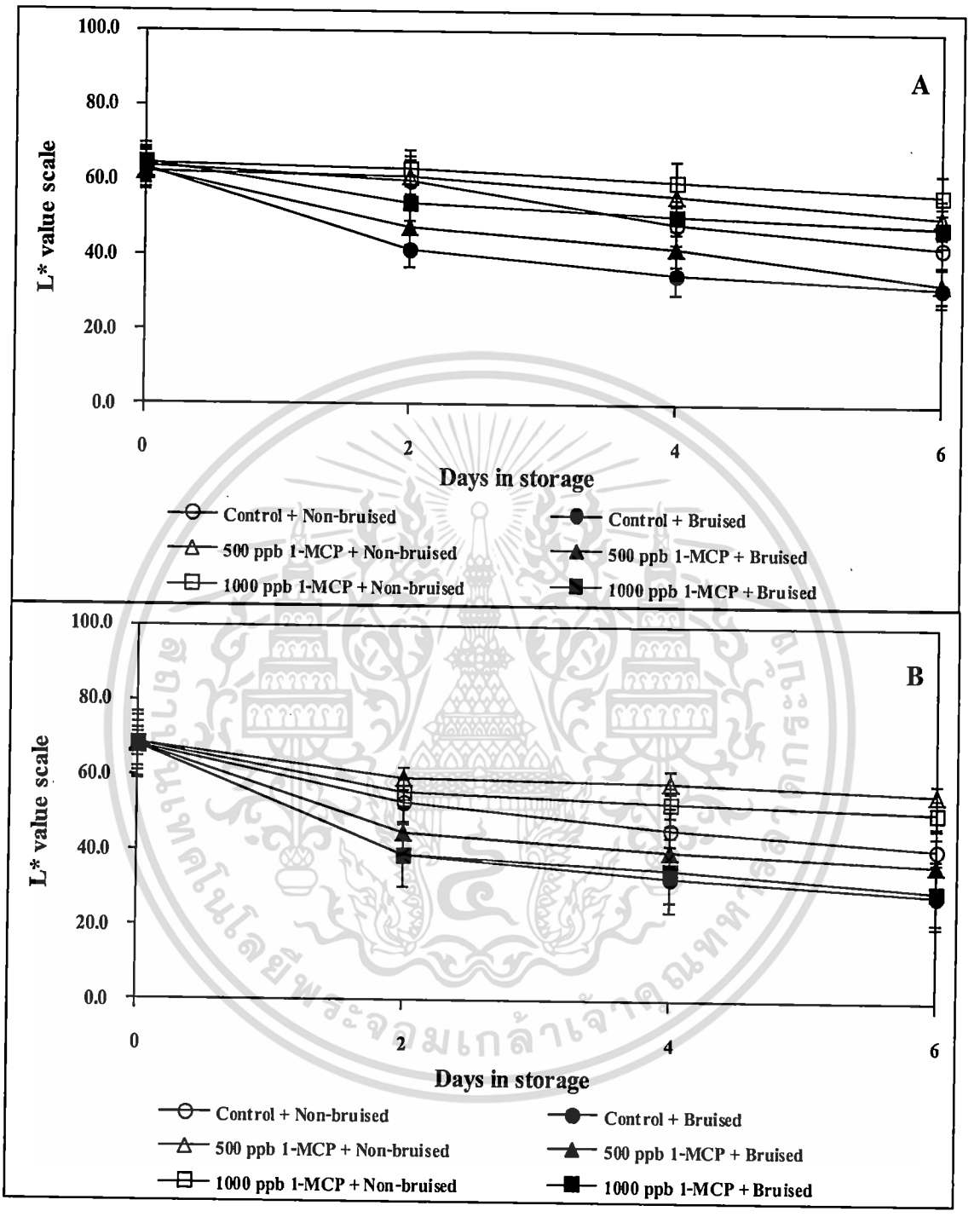
2.1 ค่าความสว่าง (L*)

เมื่อทำการวัดค่า L* ของสีเนื้อในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ก่อนทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้ให้เกิดการช้ำ พบว่าค่า L* มีแนวโน้มลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ในวันแรกของการเก็บรักษามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า L* ประมาณ 63.5 ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร มีค่าประมาณ 63.4 และในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าทุกทรีตเมนต์มีค่า L* ลดลงและมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 35.1 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56.4 และ 60.2 ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงมากที่สุด จาก 63.0 เป็น 32.2 แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 33.2 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 57.0 (ภาพที่ 20A, ตารางภาคผนวกที่ 7)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า L* ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า L* ประมาณ 68.4 ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร มีค่า L* ประมาณ 68.0 จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ค่า L* มีแนวโน้มลดลงในทุกทรีตเมนต์ โดยเฉพาะผลที่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลที่ไม่ได้รับสาร ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า L* เท่ากับ 32.9 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า L* เท่ากับ 58.6 และ 53.1 ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และลดลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าประมาณ 29.3 รองลงมาคือ ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่า L* เท่ากับ 37.1 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า L* ลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 55.5 (ภาพที่ 20B, ตารางภาคผนวกที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

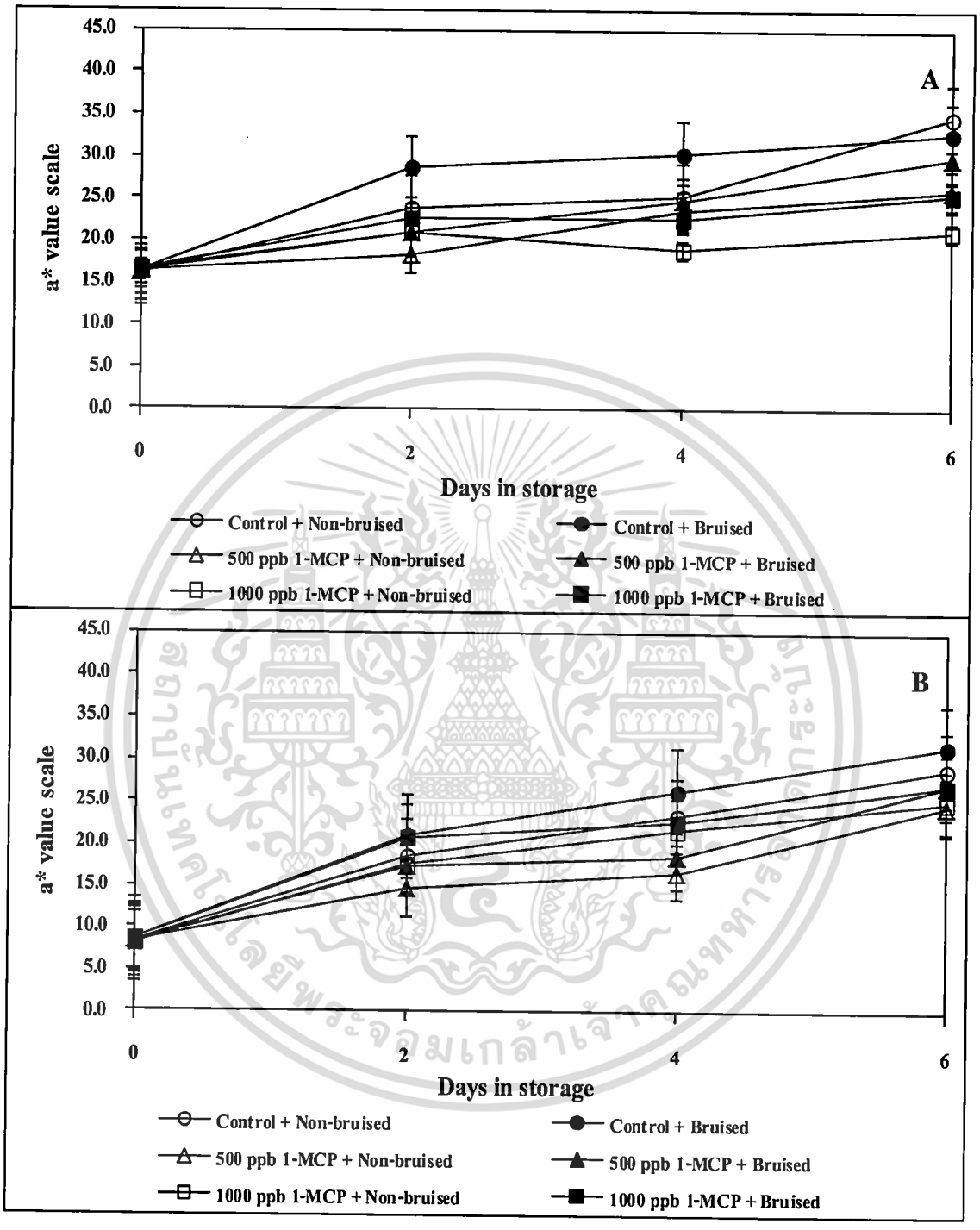
2.2 ค่าความเป็นสีเขียว (-a*) หรือ แดง (+a*)

เมื่อทำการวัดค่า a* ของสีเนื้อในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา

ค่า a* ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า a* ประมาณ 16.4 ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร มีค่า a* ประมาณ 16.2 จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ได้รับสาร และผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เพิ่มขึ้นจาก 16.3 เป็น 30.5 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 19.0 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 34.8 และ 32.8 ตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่า ทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 21.1 และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่า a* ประมาณ 25.8 (ภาพที่ 21A, ตารางภาคผนวกที่ 9)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า a* ในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาทุกทรีตเมนต์ มีค่า a* ประมาณ 8.4 จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ได้รับสาร และผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เพิ่มขึ้นจาก 8.5 เป็น 26.4 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 16.7 และ 18.5 ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 28.9 และ 31.6 ตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า a* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า a* เท่ากับ 24.5 และ 25.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 21B, ตารางภาคผนวกที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

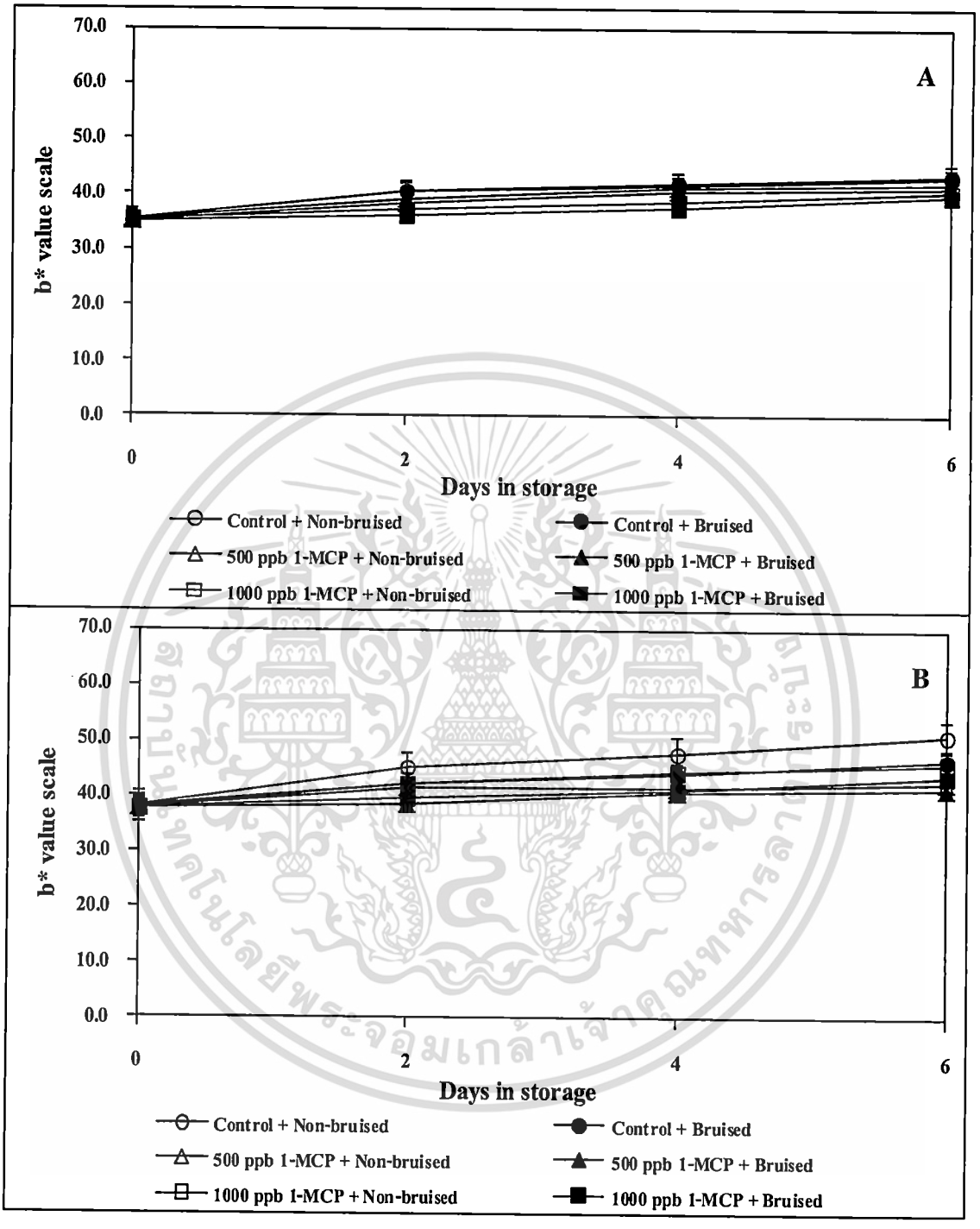
2.3 ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (-b*) หรือ สีเหลือง (+b*)

เมื่อทำการวัดค่า b* ของสีเนื้อในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ในวันแรกของการเก็บรักษามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า b* ประมาณ 35.2 ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า b* ประมาณ 35.3 จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เพิ่มขึ้นจาก 35.4 เป็น 42.0 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 38.8 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 43.5 และ 43.1 ตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 40.4 และ 39.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 22A, ตารางภาคผนวกที่ 11)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า b* ในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษา ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่า b* ประมาณ 38.0 ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร1-MCP มีค่า b* ประมาณ 37.8 จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 47.8 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 40.8 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่า b* ประมาณ 41.1 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 50.9 ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า b* เพิ่มขึ้นน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า b* เท่ากับ 41.6 (ภาพที่ 22B, ตารางภาคผนวกที่ 12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

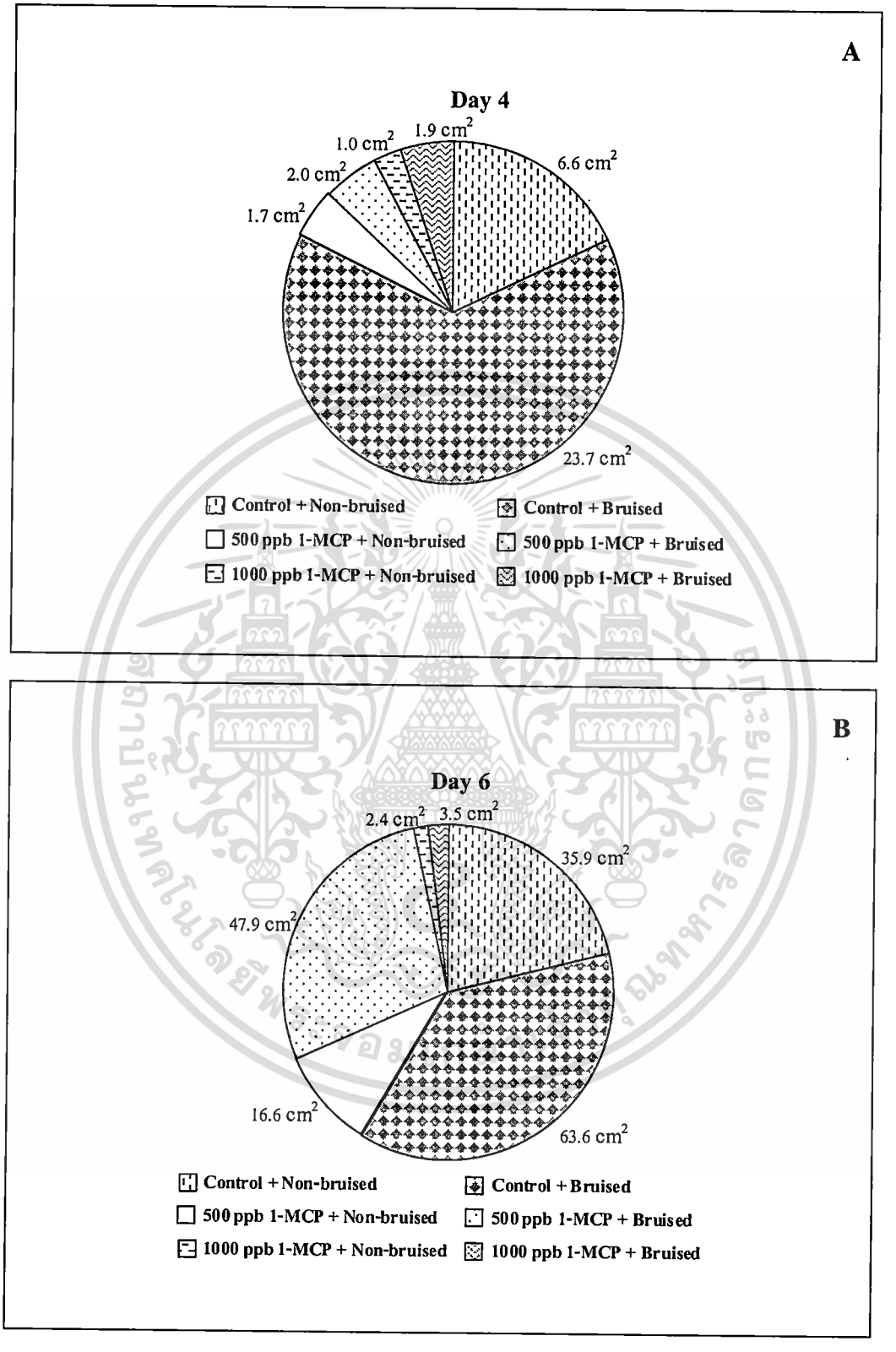
3. พื้นที่การเกิดโรค

เมื่อวัดพื้นที่การเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า มีพื้นที่ของการเกิดโรคเกิดขึ้นในวันที่ 4 ของการทดลอง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์

การเก็บรักษามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่มีการทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดโรคในวันที่ 4 มากที่สุดเท่ากับ 23.7 ตารางเซนติเมตร ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคเท่ากับ 6.6 ตารางเซนติเมตร ขณะที่การรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ให้กับผลมะละกอ และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 1.0 ตารางเซนติเมตร และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ทำให้เกิดการช้ำและไม่ทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีพื้นที่การเกิดโรคเท่ากับ 1.9 และ 1.7 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดโรคมากที่สุด เท่ากับ 63.6 ตารางเซนติเมตร ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีพื้นที่การเกิดโรค เท่ากับ 2.4 และ 3.5 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 23 และ 24, ตารางภาคผนวกที่ 13)

สำหรับผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายพบการเกิดโรคในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีพื้นที่การเกิดโรคประมาณ 2.5 ตารางเซนติเมตร ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคน้อยที่สุด เท่ากับ 0.7 ตารางเซนติเมตร และแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรคมากที่สุด เท่ากับ 36.0 ตารางเซนติเมตร ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดโรค เท่ากับ 19.58 ตารางเซนติเมตร และพบว่าผลมะละกอที่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้ให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดโรคน้อยกว่า โดยมีพื้นที่การเกิดโรคน้อยที่สุดในผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีพื้นที่การเกิดโรคเท่ากับ 1.7 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 25 และ 26, ตารางภาคผนวกที่ 14)

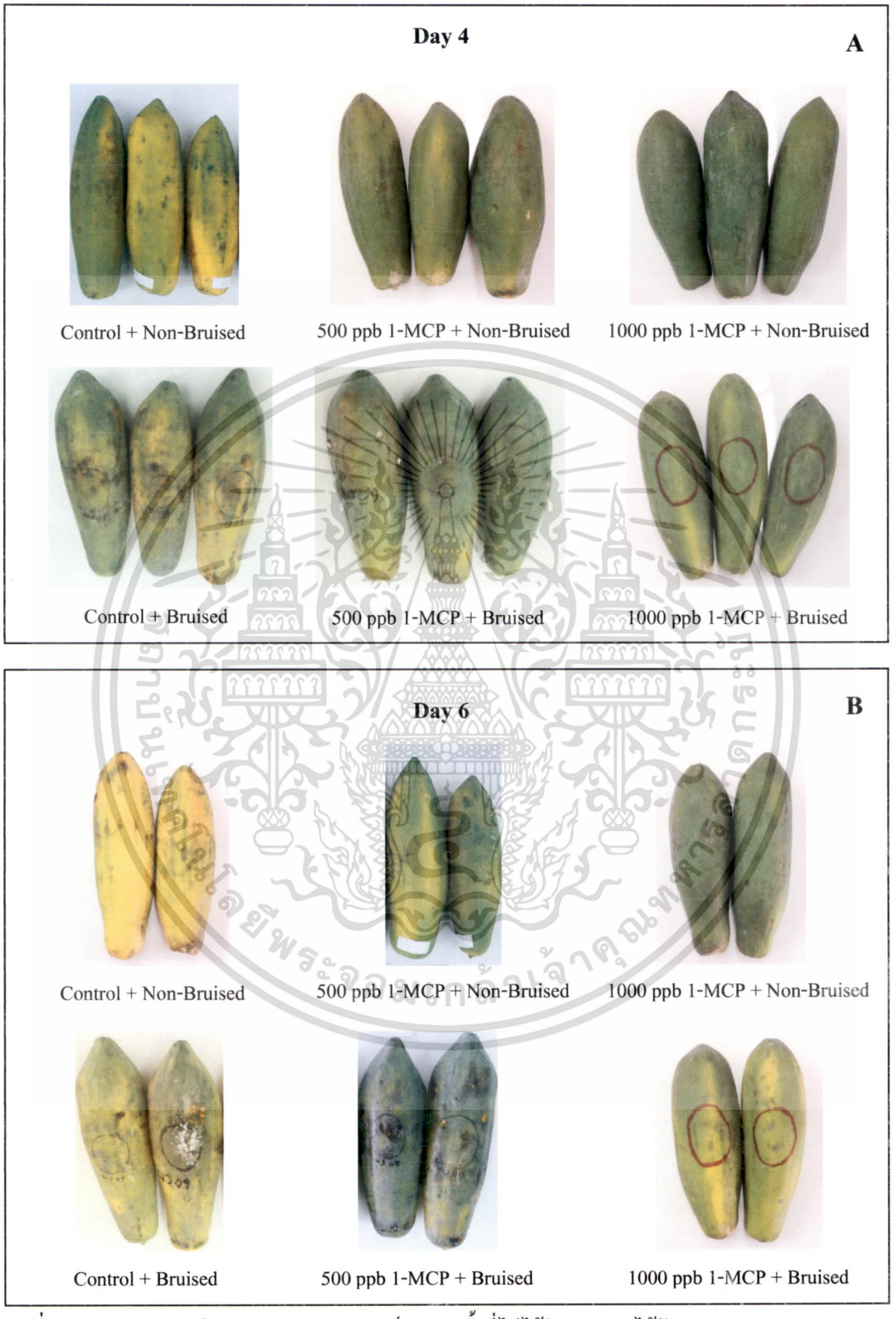
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

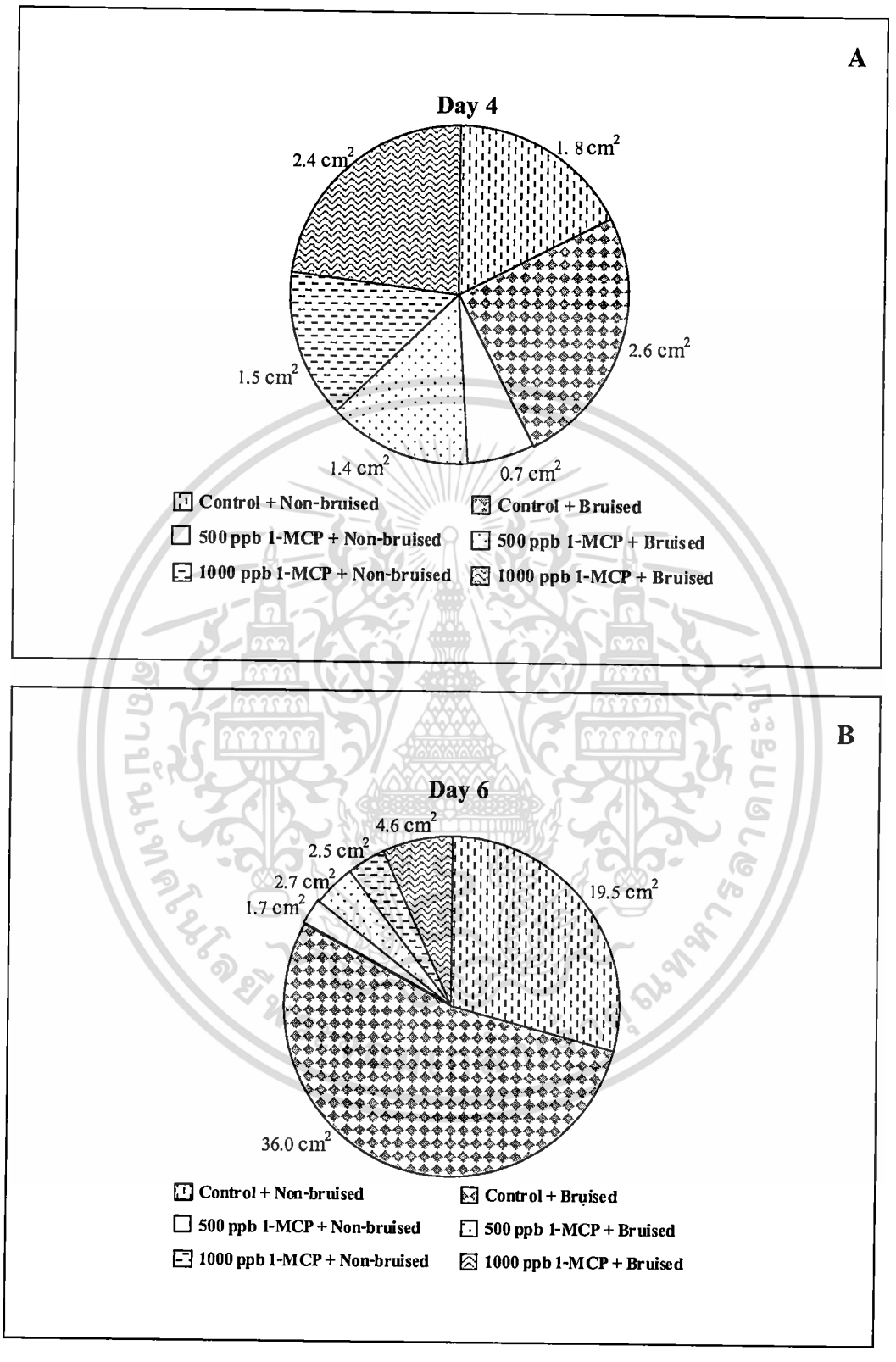
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 24 ลักษณะการเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

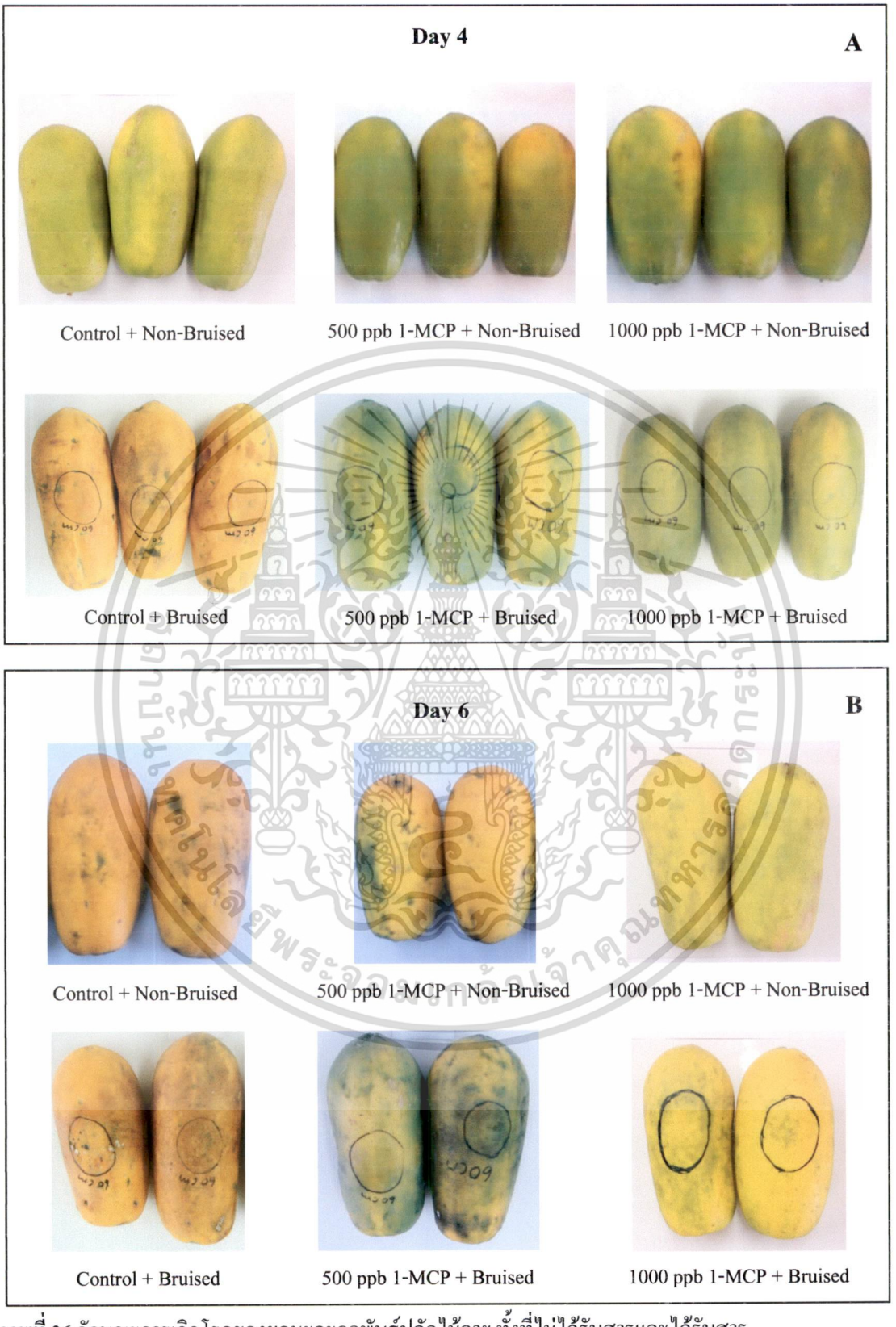
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 25 พื้นที่การเกิดโรค (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 26 ลักษณะการเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ วันที่ 4 ของเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

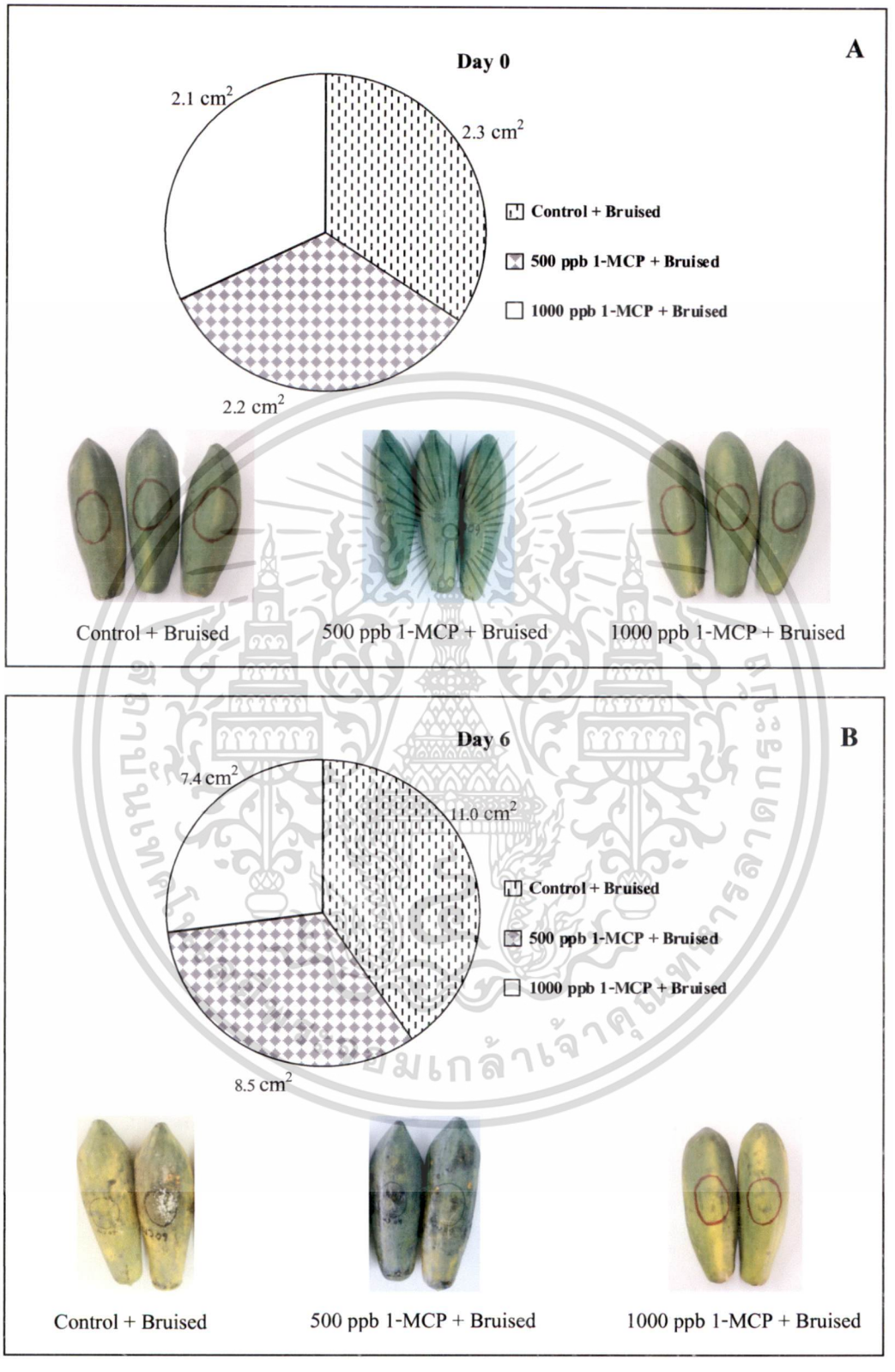
4. พื้นที่การเกิดรอยช้ำ

เมื่อทำการวัดพื้นที่การเกิดรอยช้ำของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า มีพื้นที่ของรอยช้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา

ก่อนการเก็บรักษาผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเท่ากับ 2.3 ตารางเซนติเมตร และในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่า พื้นที่การเกิดรอยช้ำในทุก ทรีตเมนต์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำมากที่สุด เท่ากับ 3.1 ตารางเซนติเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 กับ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีพื้นที่การเกิดรอยช้ำประมาณ 2.6 ตารางเซนติเมตร จากนั้นพบว่า พื้นที่การเกิดรอยช้ำในผลมะละกอมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 11.0 ตารางเซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์ที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเท่ากับ 8.9 และ 7.4 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ (ภาพที่ 27A-B, ตารางภาคผนวกที่ 15)

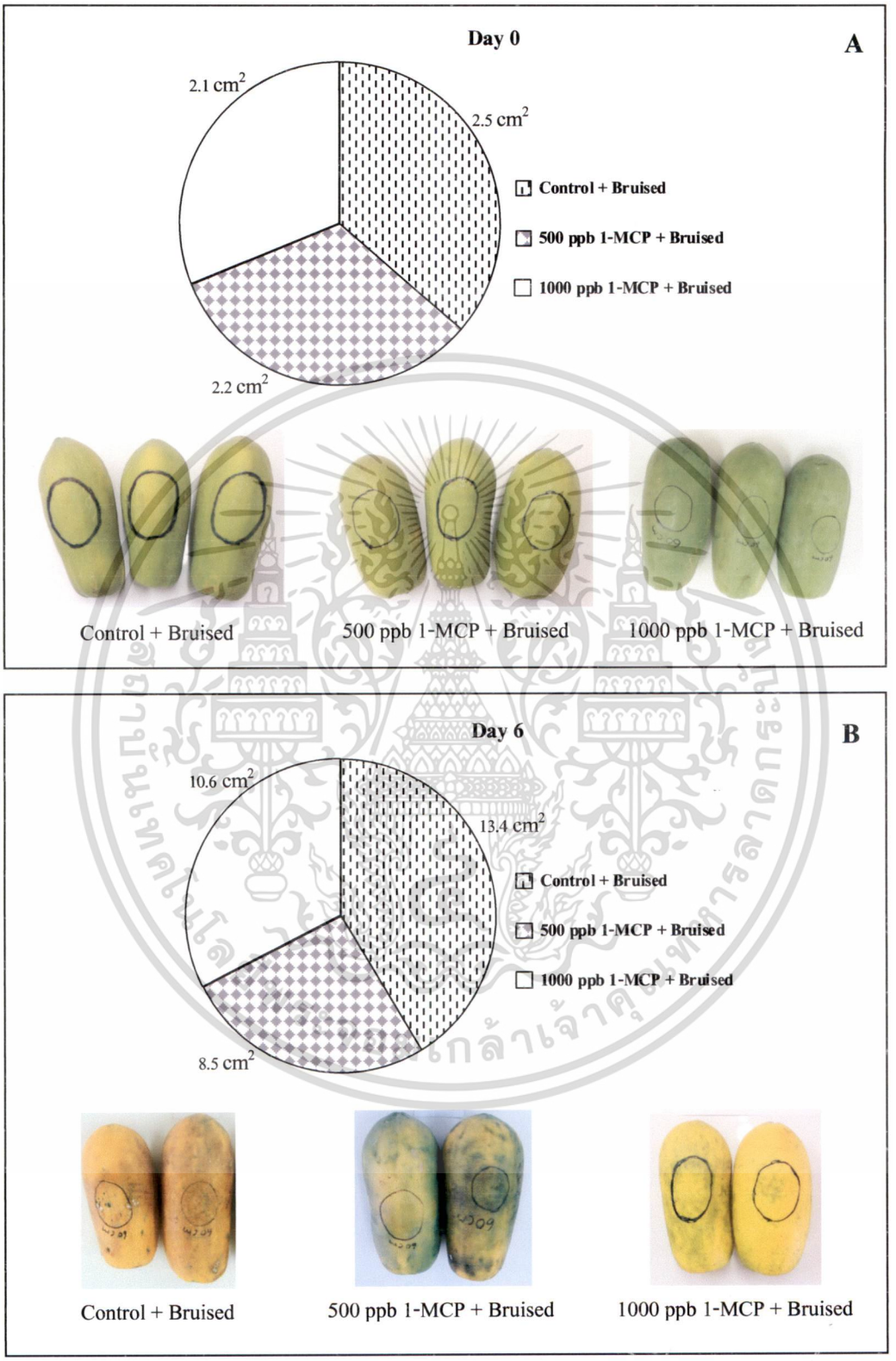
ส่วนในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่ทำให้เกิดการช้ำก่อนการเก็บรักษามีพื้นที่การเกิดรอยช้ำ เท่ากับ 2.5 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 28A) และในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่า พื้นที่การเกิดรอยช้ำในทุก ทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำมากที่สุด เท่ากับ 3.7 ตารางเซนติเมตร และไม่พบความแตกต่างระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 กับ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำประมาณ 2.9 ตารางเซนติเมตร จากนั้นพบว่า พื้นที่การเกิดรอยช้ำในผลมะละกอมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.4 ตารางเซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์ที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีพื้นที่การเกิดรอยช้ำเท่ากับ 8.5 และ 10.6 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 28A-B, ตารางภาคผนวกที่ 16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 27 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เริ่มต้นการเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 28 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เริ่มต้นการเก็บรักษา (A) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

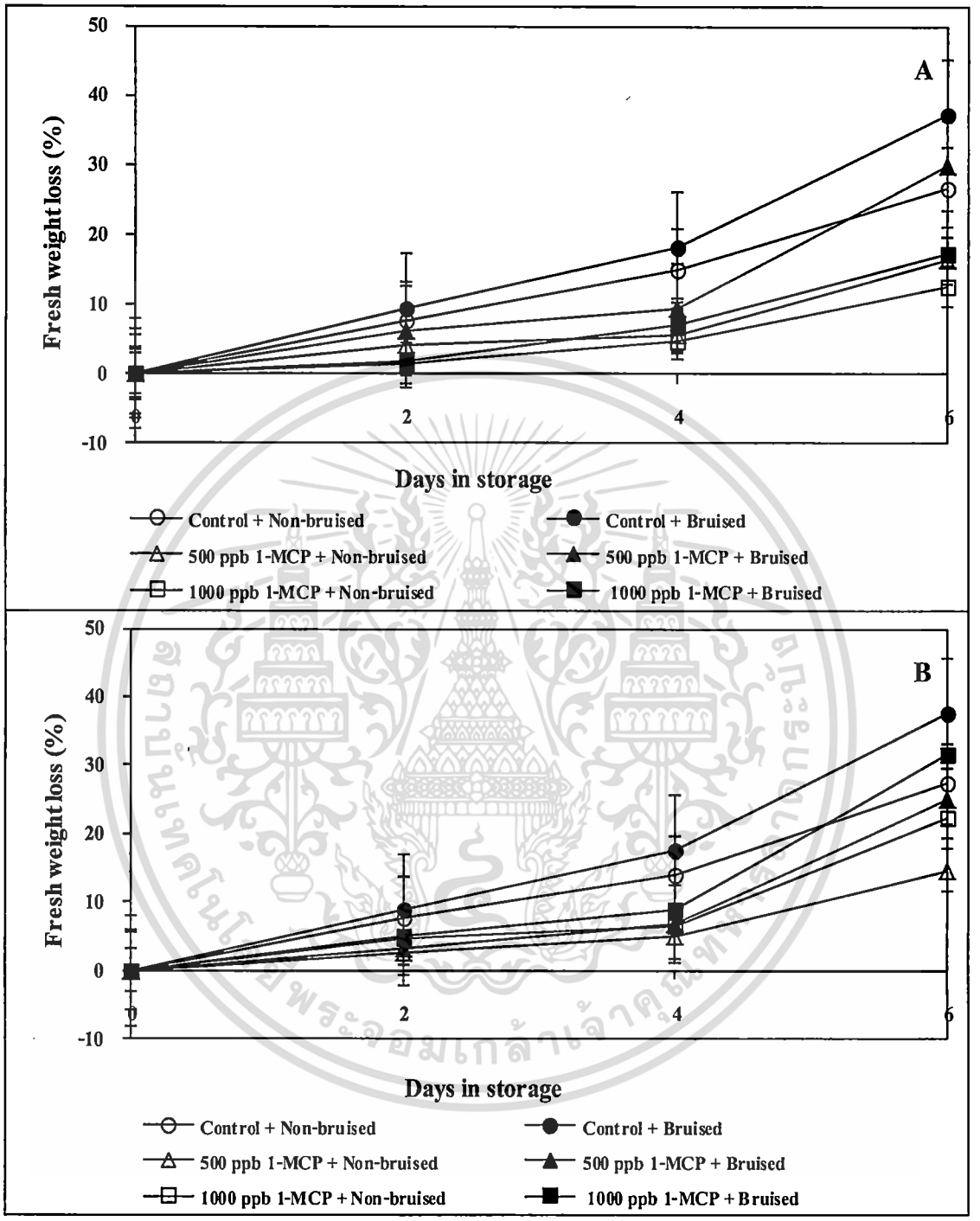
5. การสูญเสียน้ำหนักสด

การสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น และสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ตลอดการเก็บรักษา

ผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักสดในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 7.6 และ 9.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำและทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 1.5 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นพบว่าการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 37.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 26.7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ได้ทำทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 16.3 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ตามลำดับ สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 17.3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 29A, ตารางภาคผนวกที่ 17)

สำหรับการสูญเสียน้ำหนักสดในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 7.8 และ 8.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำและทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 2.6 และ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นพบว่า การสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 37.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำมีการสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 27.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 14.7 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ตามลำดับ สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 25.1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 29B, ตารางภาคผนวกที่ 18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 29 การสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร มีค่าความแน่นเนื้อลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา

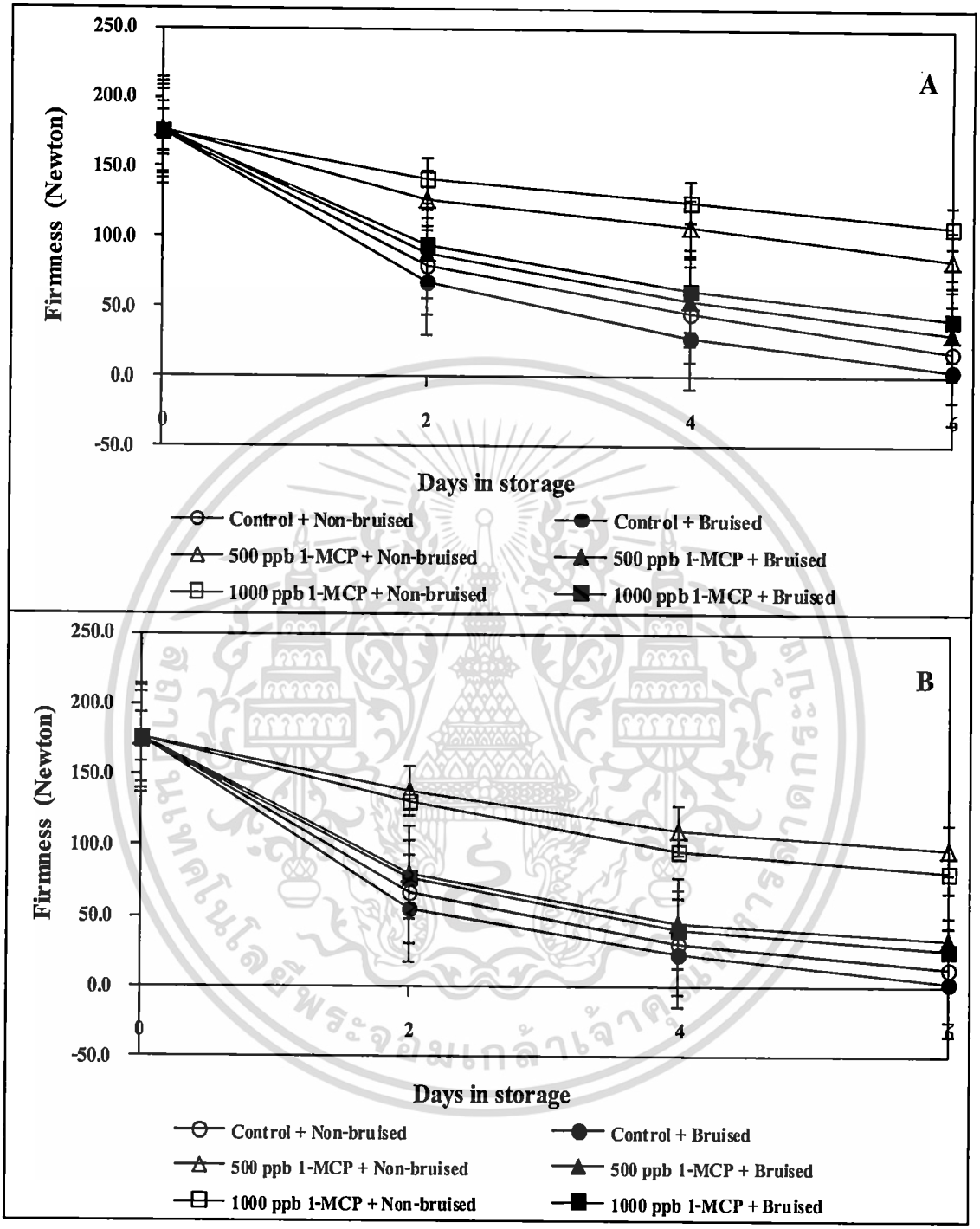
ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ค่าความแน่นเนื้อในมะละกอพันธุ์แขกดำจากแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 175.6 ถึง 177.3 นิวตัน จากนั้น ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เท่ากับ 141.5 นิวตัน ขณะที่ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีความแน่นเนื้อ เท่ากับ 79.6 นิวตัน ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำมีความแน่นเนื้อลดลงมากที่สุด โดยมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 67.5 นิวตัน ขณะที่ผลมะละกอทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ที่ทำให้เกิดการช้ำ พบว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 80.7 นิวตัน (จาก 175.8 เป็น 95.1 นิวตัน) ซึ่งลดลงน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 108.1 นิวตัน (จาก 175.6 เป็น 67.5 นิวตัน) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 107.7 นิวตัน รองลงมาคือผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 84.6 นิวตัน และผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มีค่าความแน่นเนื้อในวันสุดท้าย เท่ากับ 17.4 และ 4.3 นิวตัน ตามลำดับ (ภาพที่ 30A, ตารางภาคผนวกที่ 19)

สำหรับค่าความแน่นเนื้อในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ในวันแรกของการการเก็บรักษา ค่าความแน่นเนื้อของแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 175.4 ถึง 177.1 นิวตัน จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ทุกทรีตเมนต์มีค่าความแน่นเนื้อลดลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP และผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีค่าความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำมีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 120.9 นิวตัน (จาก 175.6 เป็น 55.4 นิวตัน) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 36.7 (จาก 175.8 เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

139.1 นิวตัน) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 กับ 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 95.7 และ 98.3 นิวตัน (จาก 176.5 เป็น 80.8 และจาก 175.4 เป็น 77.1 นิวตัน) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 172.9 นิวตัน (จาก 176.3 เป็น 3.4 นิวตัน) รองลงมาคือผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 164.6 นิวตัน (จาก 177.1 เป็น 12.5 นิวตัน) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อลดลงประมาณ 78.3 นิวตัน (จาก 175.8 เป็น 97.5 นิวตัน) (ภาพที่ 30B, ตารางภาคผนวกที่ 20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 30 ความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

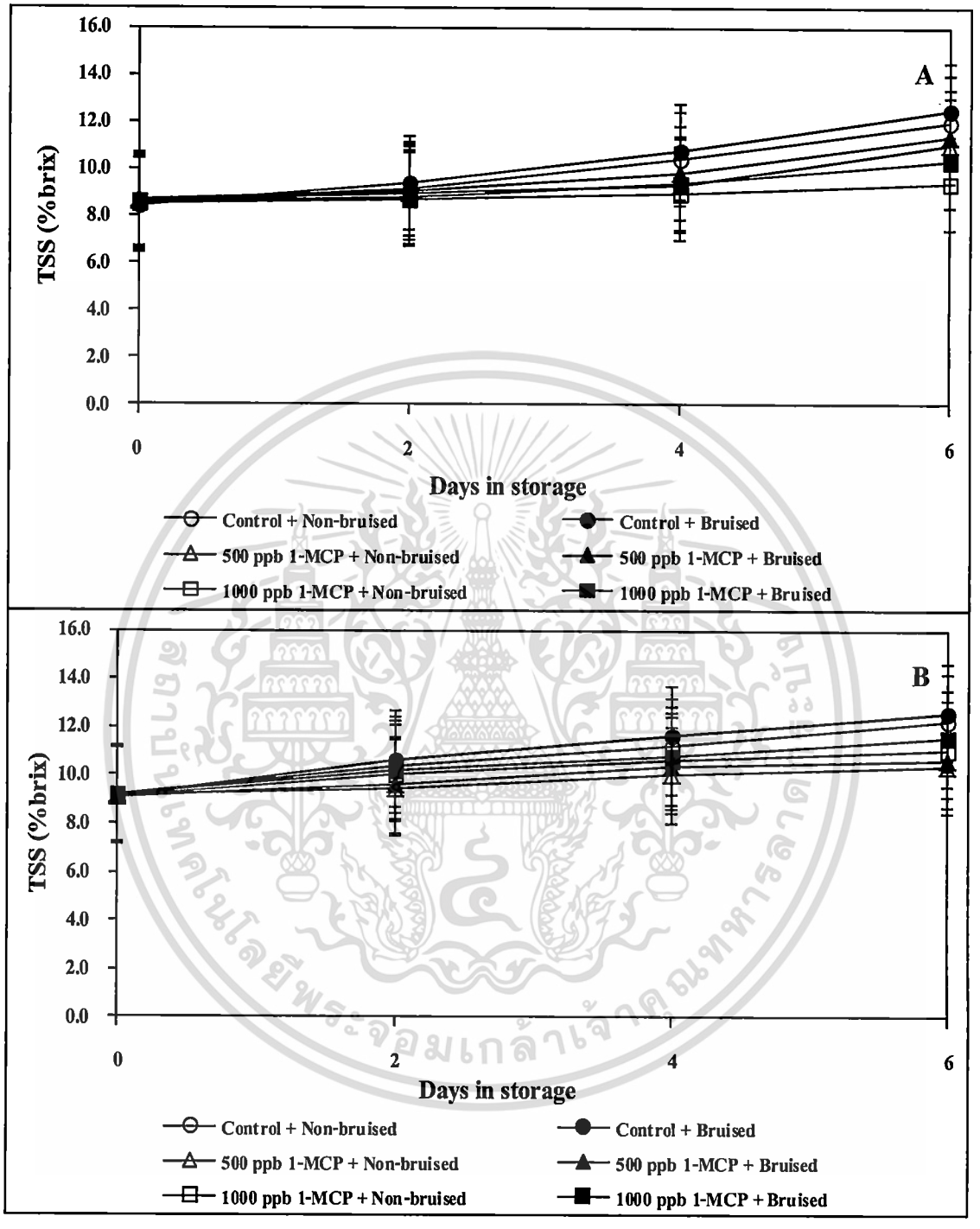
7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (total soluble solid; TSS)

ปริมาณ TSS ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 ppb นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร มีค่า TSS เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา

ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำมีปริมาณ TSS ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.5 ถึง 8.7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ จากนั้นปริมาณ TSS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ TSS เท่ากับ 9.1 และ 9.4 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ แต่แตกต่างจากผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ TSS เท่ากับ 8.7 และ 8.8 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ จากนั้นปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันสุดท้าย โดยพบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณ TSS สูงสุด เท่ากับ 12.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ TSS ต่ำสุด เท่ากับ 9.4 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำและที่ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ TSS เท่ากับ 11.0 และ 11.4 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 31A, ตารางภาคผนวกที่ 21)

สำหรับปริมาณ TSS ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.1 ถึง 9.2 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ จากนั้นปริมาณ TSS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ TSS เท่ากับ 10.4 และ 10.7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ และพบว่าแตกต่างกันทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ TSS เท่ากับ 9.5 ถึง 9.6 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ จากนั้นปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยพบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ TSS สูงสุด เท่ากับ 12.6 เปอร์เซ็นต์-บริกซ์ ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ TSS ต่ำสุด เท่ากับ 10.4 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ TSS เท่ากับ 10.7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (ภาพที่ 31B, ตารางภาคผนวกที่ 22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

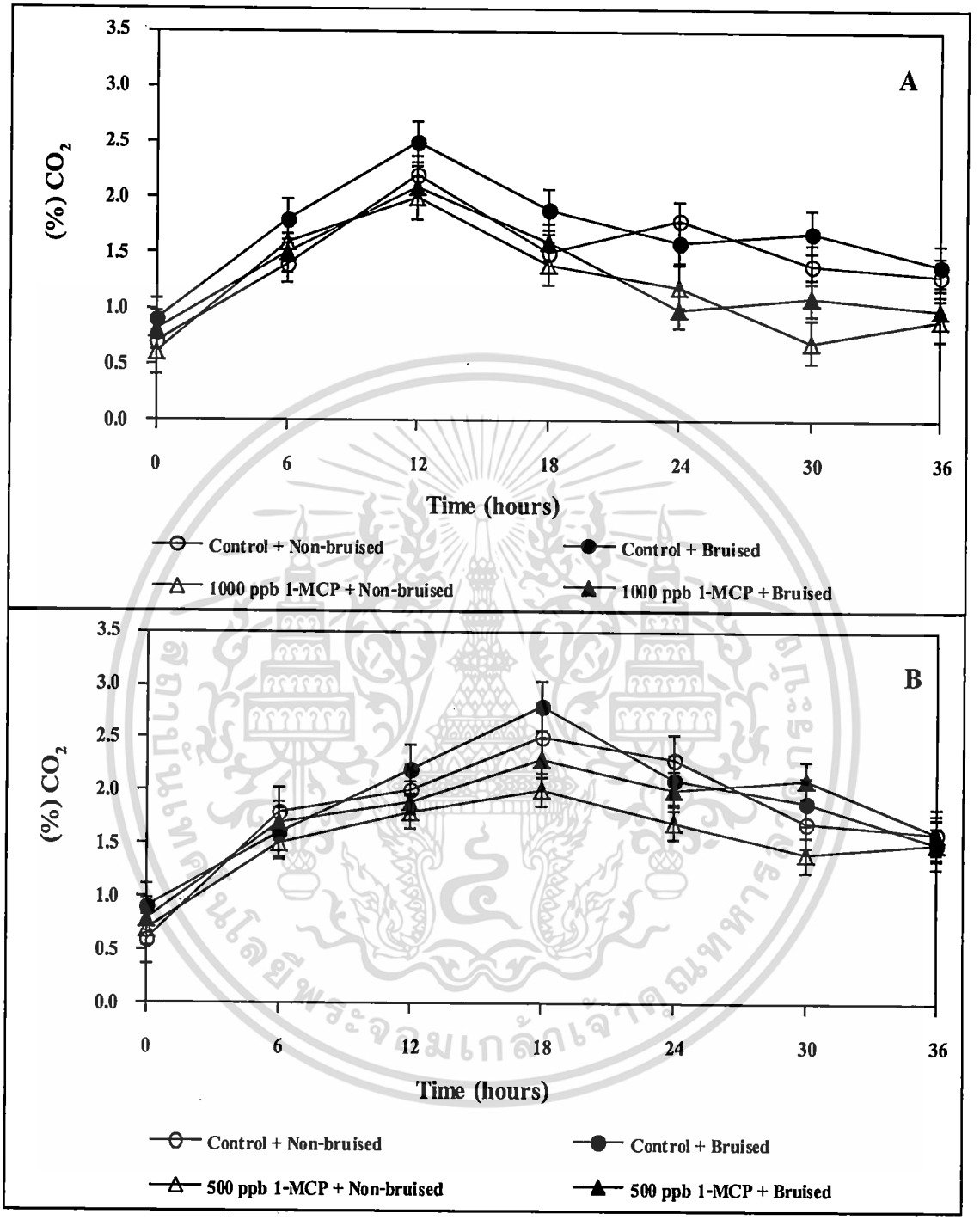
1. อัตราการหายใจ

เมื่อทำการวัดอัตราการหายใจของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี และในพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มีอัตราการหายใจในทุกทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร

ผลมะละกอพันธุ์แขกดำทุกทรีตเมนต์ในชั่วโมงที่ 0 มีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.9 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ และในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการเก็บรักษา พบว่ามีอัตราการหายใจโดยเฉลี่ยประมาณ 1.6 เปอร์เซนต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นพบว่ามีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการหายใจสูงสุดเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการหายใจ เท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 2.0 และ 2.1 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ จากนั้นพบว่าอัตราการหายใจของทุกทรีตเมนต์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP กับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี โดยในชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ และไม่พบความแตกต่างระหว่างการทำหรือไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำต่ออัตราการหายใจ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีอัตราการหายใจโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 32A, ตารางภาคผนวกที่ 23)

สำหรับอัตราการหายใจของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายจากทุกทรีตเมนต์มีอัตราการหายใจประมาณ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการเก็บรักษา จากนั้นพบว่ามีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 โดยผลที่ไม่ได้รับสาร แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการหายใจสูงสุดเท่ากับ 2.8 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำมีอัตราการหายใจเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีอัตราการหายใจเท่ากับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นพบว่าอัตราการหายใจของทุกทรีตเมนต์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ โดยมีอัตราการหายใจโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ (ภาพที่ 32B, ตารางภาคผนวกที่ 24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 32 อัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อัตราการผลิตเอทิลีน

เมื่อทำการวัดอัตราการผลิตเอทิลีนของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี และในพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง และทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มีอัตราการผลิตเอทิลีนในทุกทรีตเมนต์มีค่าอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 และลดลงต่ำสุดในชั่วโมงที่ 36 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ทำให้เกิดการช้ำ

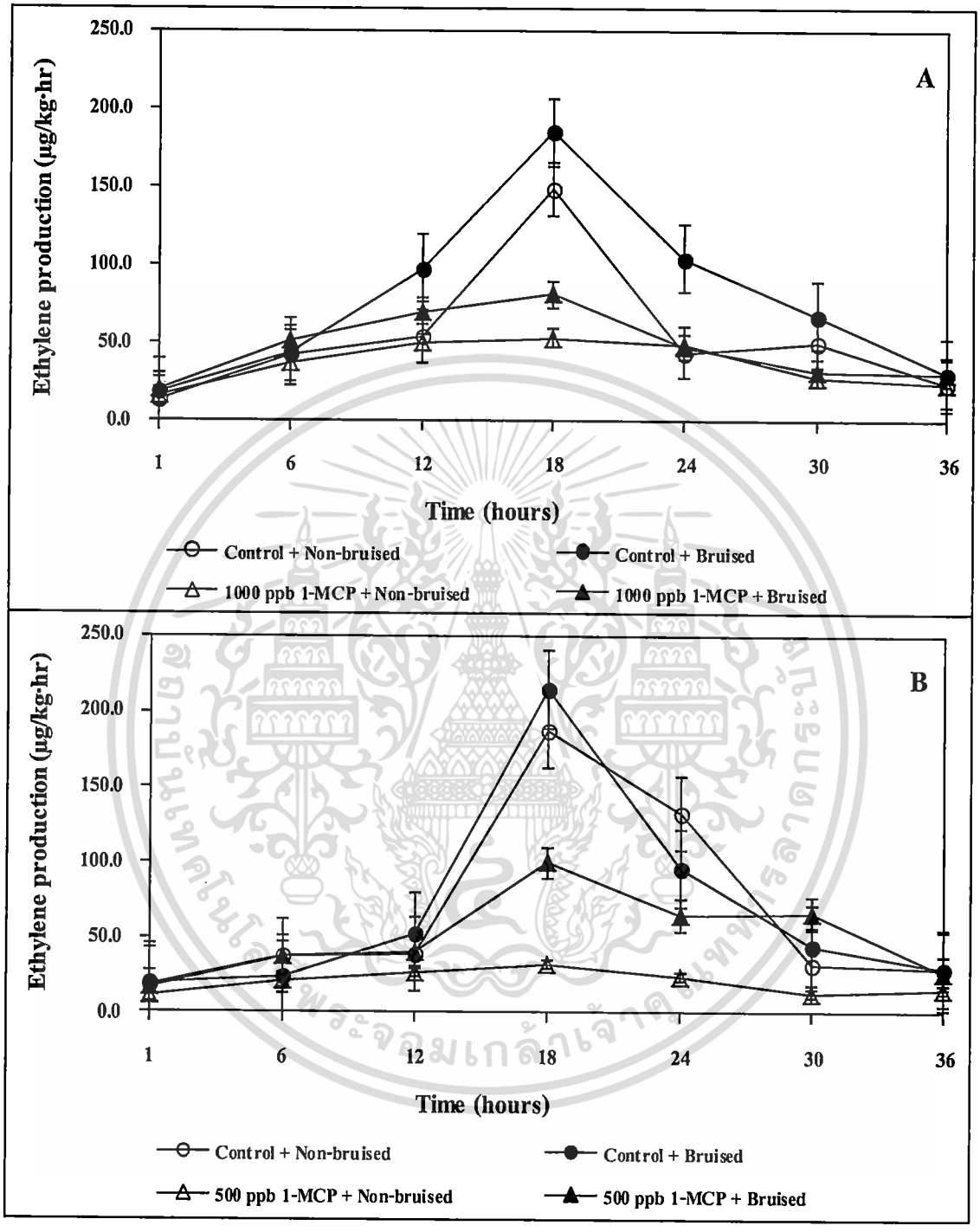
อัตราการผลิตเอทิลีนในผลมะละกอพันธุ์แขกดำในชั่วโมงแรกของการเก็บรักษา พบว่า ในทุกทรีตเมนต์ มีค่าอัตราการผลิตเอทิลีนตั้งแต่ 13.2 ถึง 19.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำสุด เท่ากับ 13.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 19.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 17.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างผลที่ได้รับสารและผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ต่ออัตราการผลิตเอทิลีน จากนั้นพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 185.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 148.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 52.8 และ 81.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลที่ได้รับสารและไม่ได้รับสาร 1-MCP และระหว่างผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ทำให้เกิดการช้ำ จากนั้นพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนในทุกทรีตเมนต์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา โดยผลที่ได้รับสารและไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าประมาณ 23.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่แตกต่างจากผลที่ทำให้เกิดการช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีอัตราการผลิตเอทิลีนประมาณ 30.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 33A, ตารางภาคผนวกที่ 25)

สำหรับอัตราการผลิตเอทิลีนในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในชั่วโมงแรกของการเก็บรักษา พบว่า ในทุกทรีตเมนต์มีอัตราการผลิตเอทิลีนค่าตั้งแต่ 10.8 ถึง 19.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และไม่ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำสุดเท่ากับ 10.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 19.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างผลที่ได้รับสารและผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ต่ออัตราการผลิตเอทิลีน จากนั้นพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 214.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 187.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 32.0 และ 99.4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลที่ได้รับสารและไม่ได้รับสาร 1-MCP และระหว่างผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ทำให้เกิดการช้ำ จากนั้นพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนในทุกทรีตเมนต์ มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ กับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าประมาณ 28.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่แตกต่างจากผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 15.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (ภาพที่ 33B, ตารางภาคผนวกที่ 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 33 อัตราการผลิตเอทิลีน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1.1 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble pectin; WSP)

ทำการหาปริมาณ WSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณ WSP มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำตลอดการเก็บรักษา

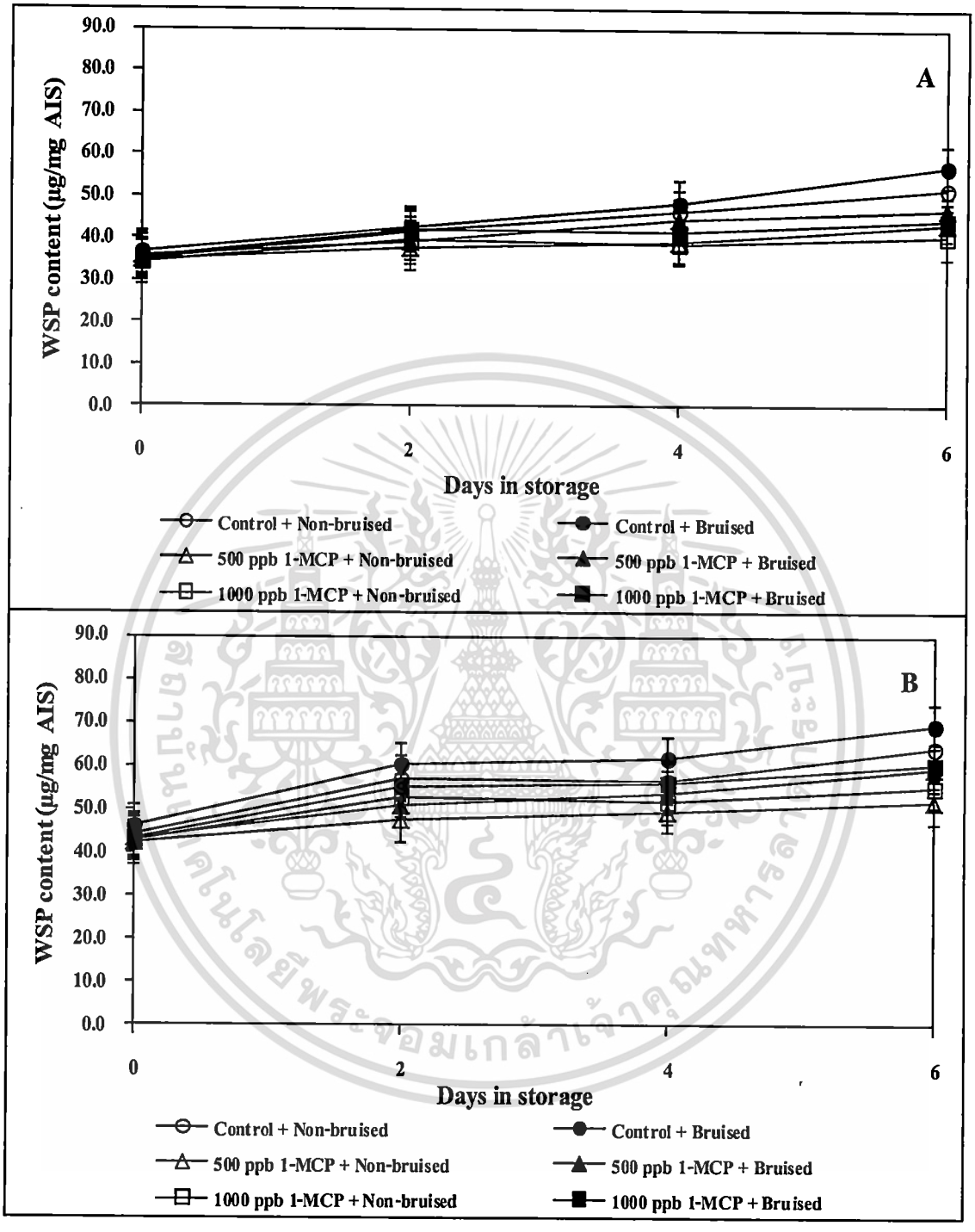
ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณ WSP ของทุกทรีตเมนต์ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำจากทรีตเมนต์ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำและไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณ WSP ประมาณ 35 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ WSP มากที่สุด เท่ากับ 48.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ WSP เท่ากับ 46.0 และ 44.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ WSP น้อยที่สุด เท่ากับ 38.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ WSP เท่ากับ 39.2 และ 41.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ WSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า เท่ากับ 57.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งมีปริมาณ WSP เท่ากับ 51.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีปริมาณ WSP เพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร โดยมีปริมาณ WSP ตั้งแต่ 40.4 ถึง 47.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 34A, ตารางภาคผนวกที่ 27)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ WSP ในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42.3 ถึง 46.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำมีค่า WSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 57.1 และ 60.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ WSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 69.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติจากผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีปริมาณ WSP เท่ากับ 64.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณ WSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีปริมาณ WSP ตั้งแต่ 51.8 ถึง 60.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 34B, ตารางภาคผนวกที่ 28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 34 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble pectin; WSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

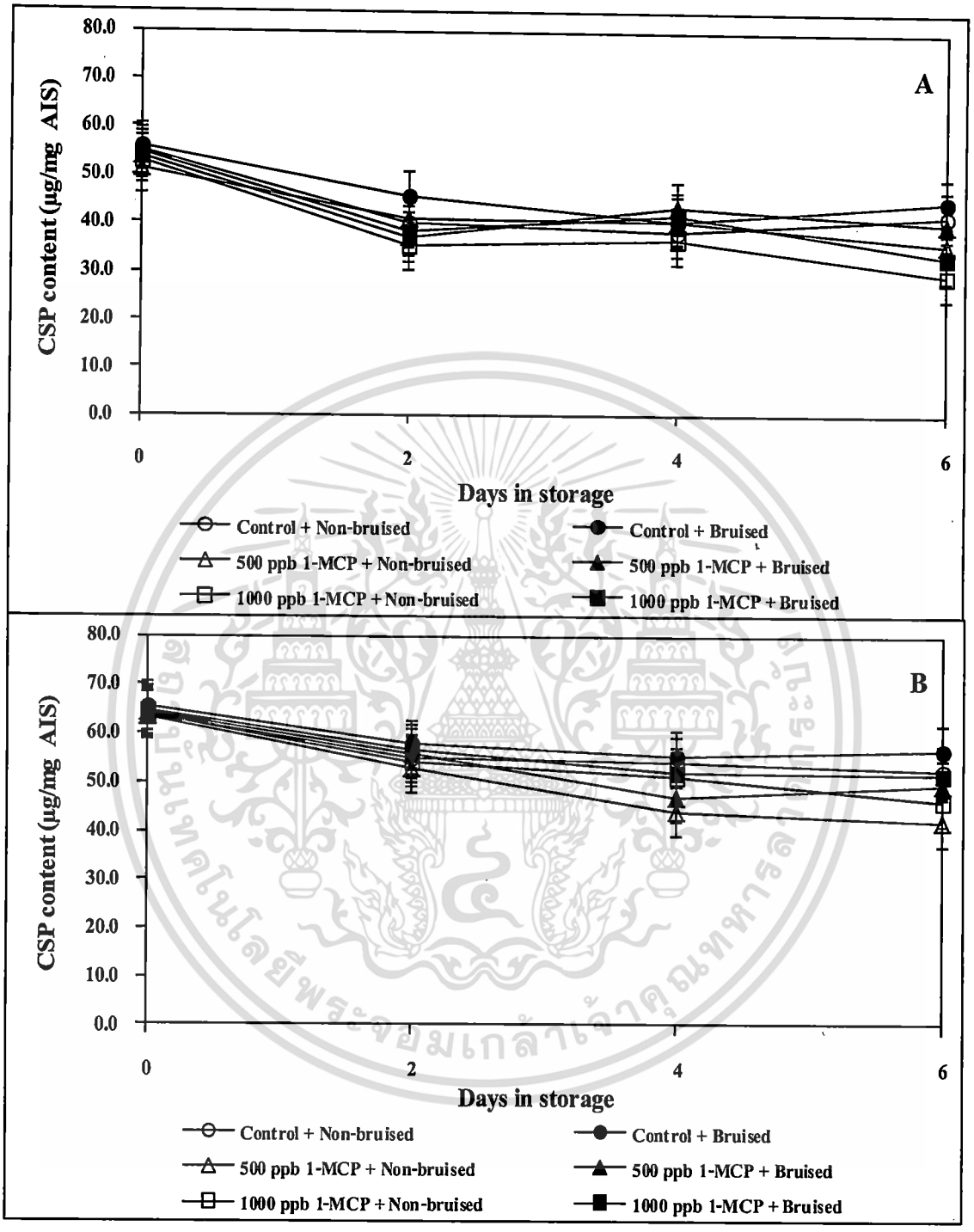
1.2 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CDTA soluble pectin; CSP)

เมื่อทำการหาปริมาณ CSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมงทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้าและทำให้เกิดการช้าจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณ CSP มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงวันที่ 2 ถึง 6 ของการเก็บรักษา

ปริมาณ CSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าตั้งแต่ 51.0 ถึง 55.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ามีปริมาณ CSP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบความแตกต่างของปริมาณ CSP ระหว่างผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีปริมาณ CSP น้อยกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ CSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 44.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมและชุดที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ก่อนทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ CSP เท่ากับ 41.7 และ 40.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ CSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 29.2 และ 33.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 35A, ตารางภาคผนวกที่ 29)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในวันแรกมีค่าตั้งแต่ 63.6 ถึง 65.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในวันที่ 2 ของการเก็บรักษามีปริมาณ CSP ตั้งแต่ 52.8 ถึง 57.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ CSP น้อยกว่าผลที่ทำให้เกิดการช้ำ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ CSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 56.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง และมีความแตกต่างกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ CSP เท่ากับ 41.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 35B, ตารางภาคผนวกที่ 30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 35 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CDTA soluble pectin; CSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

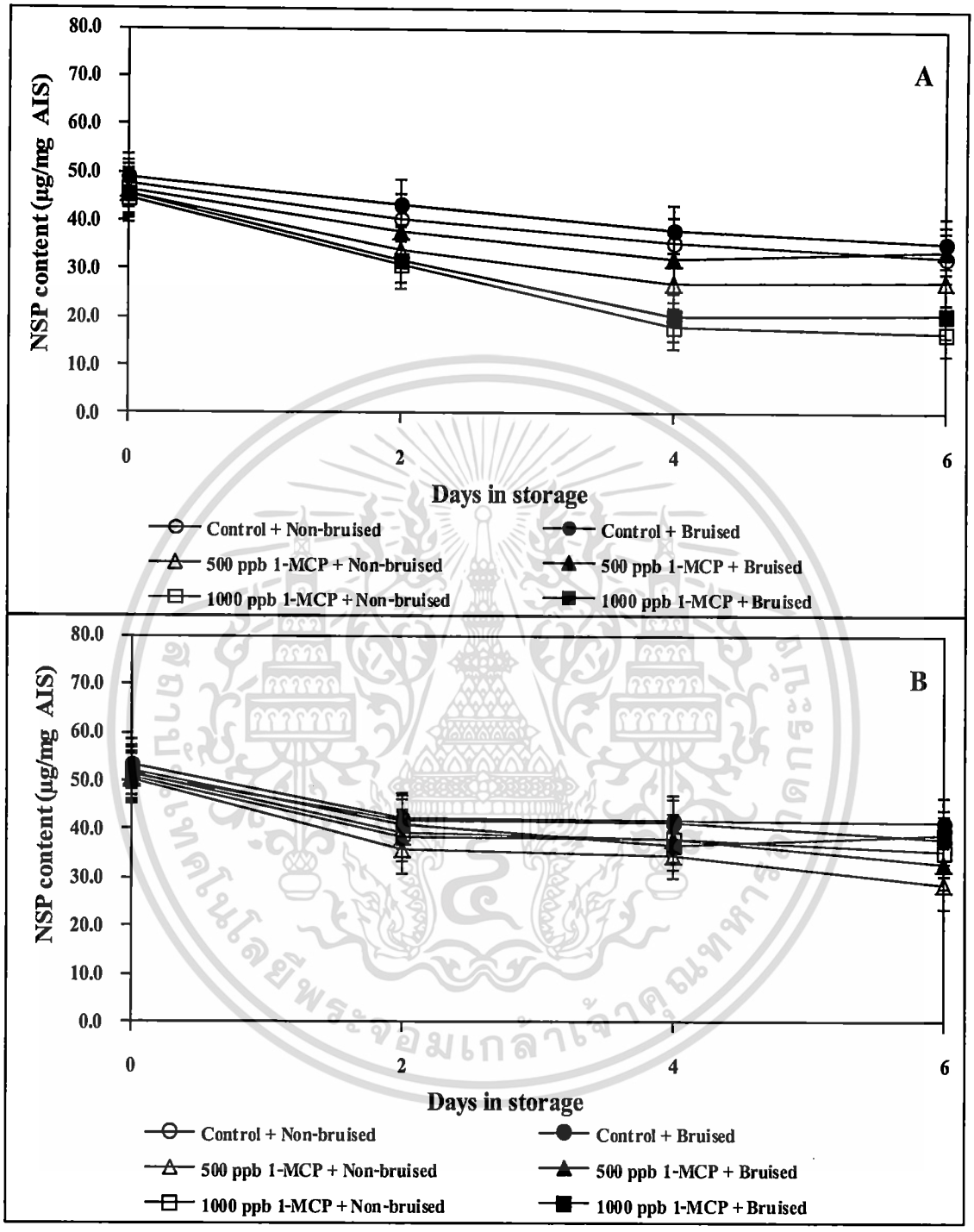
1.3 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (Na_2CO_3 soluble pectin; NSP)

เมื่อทำการหาปริมาณ NSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณ NSP มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงวันที่ 2 ถึง 6 ของการเก็บรักษา

ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณ NSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าตั้งแต่ 44.8 ถึง 48.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า มีความแตกต่างของปริมาณ NSP ระหว่างผลที่ไม่ได้รับสารกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีปริมาณ NSP น้อยกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณ NSP ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผลที่ไม่ได้รับสาร ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำและผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีค่าตั้งแต่ 32.8 ถึง 35.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ NSP เท่ากับ 17.1 และ 20.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 36A, ตารางภาคผนวกที่ 31)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ NSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าตั้งแต่ 50.4 ถึง 53.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ NSP เท่ากับ 42.4 และ 35.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ NSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 41.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ NSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 27.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 36B, ตารางภาคผนวกที่ 32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 36 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (Na_2CO_3 soluble pectin; NSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KOH soluble pectin; KSP)

เมื่อทำการหาปริมาณ KSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้าและทำให้เกิดการช้าจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณ KSP มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการทดลอง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา

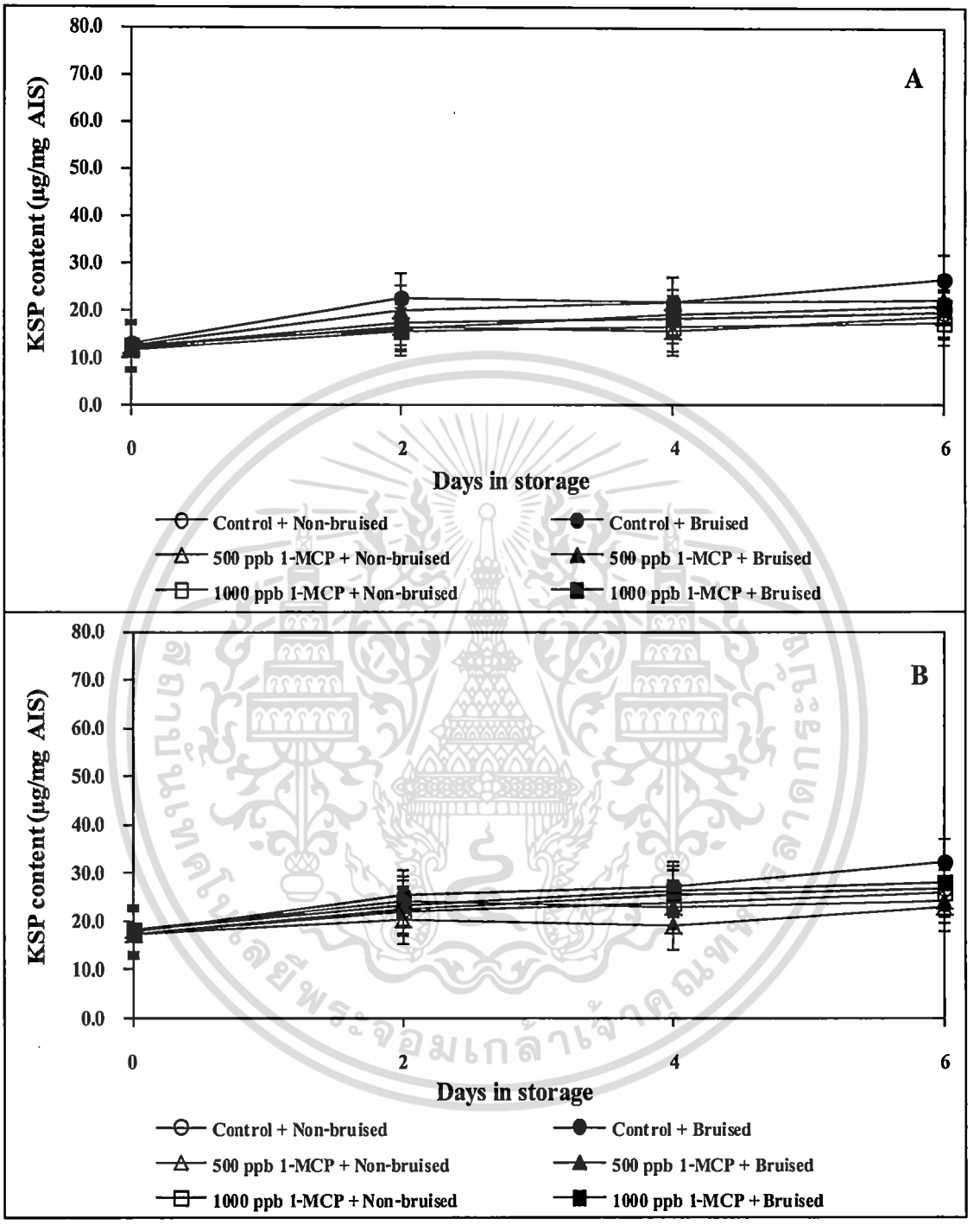
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ KSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ในทุกทรีตเมนต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณ WSP ประมาณ 12 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร และทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ KSP เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ทั้งสองความเข้มข้น และทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีปริมาณ WSP เท่ากับ 20.1 และ 16.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ทำให้เกิดการช้ำ ทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี มีปริมาณ KSP ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าประมาณ 21 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ KSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 15.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ KSP เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 26.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่แตกต่างจากผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีปริมาณ KSP เท่ากับ 22.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนทรีตเมนต์อื่นๆมีปริมาณ KSP ตั้งแต่ 17.4 ถึง 20.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง โดยผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ KSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 17.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 37A, ตารางภาคผนวกที่ 33)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ KSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 17.1 ถึง 18.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่า KSP เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 25.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง และมีความแตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ KSP เท่ากับ 20.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP แต่ทำให้เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช้ำ มีค่า KSP เพิ่มขึ้นมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 27.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่แตกต่างกับผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี แต่ทำให้เกิดการช้ำ โดยมีปริมาณ KSP เท่ากับ 25.6 และ 26.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำมีค่า KSP มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 32.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณ KSP น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 22.7 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่แตกต่างกับผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 และ 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ ซึ่งมีปริมาณ KSP อยู่ในช่วง 22.7 ถึง 27.7 ตามลำดับ (ภาพที่ 37B, ตารางภาคผนวกที่ 34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 37 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KOH soluble pectin; KSP) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ (A) และพันธุ์ปลักไม้ลาย (B) ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคติน

2.1 <u>การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ (WSP)</u>

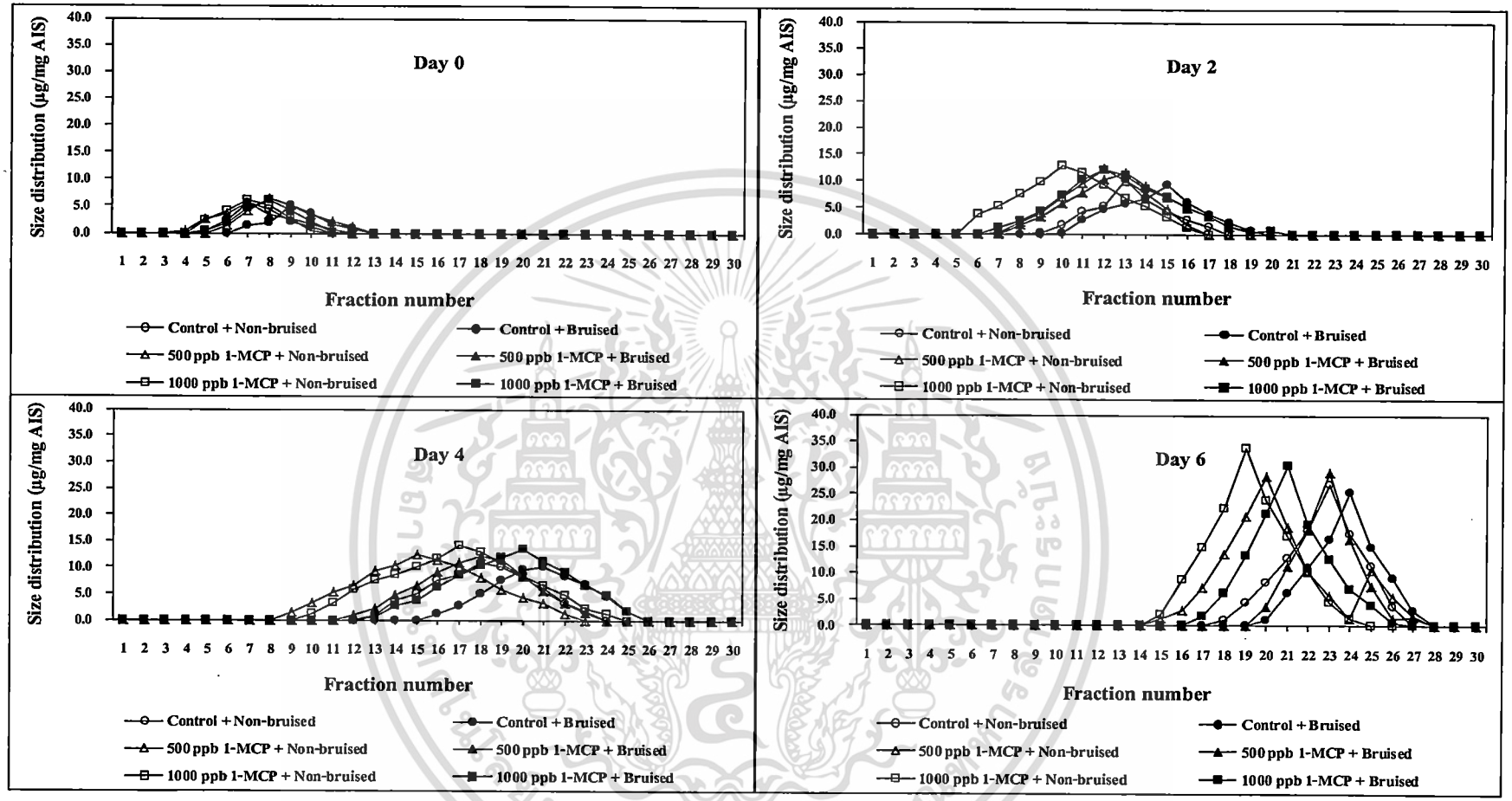
เมื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า โมเลกุลของเพคตินในรูปของ WSP มีการกระจายตัวของโมเลกุลเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินเริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 10 (ปริมาตรเท่ากับ 30 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 7 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 12 (ปริมาตรเท่ากับ 36 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 10 (ปริมาตรเท่ากับ 30 มิลลิลิตร) จากนั้นในช่วงวันที่ 2 ถึง 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงตัวอย่างหลอดที่ 6 ถึง 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 9 ถึง 25 (ปริมาตรเท่ากับ 75 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP มีการกระจายตัวเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 18 สูงสุดในหลอดที่ 23 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 20 สูงสุดในหลอดที่ 24 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 14 สูงสุดในหลอดที่ 19 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 38)

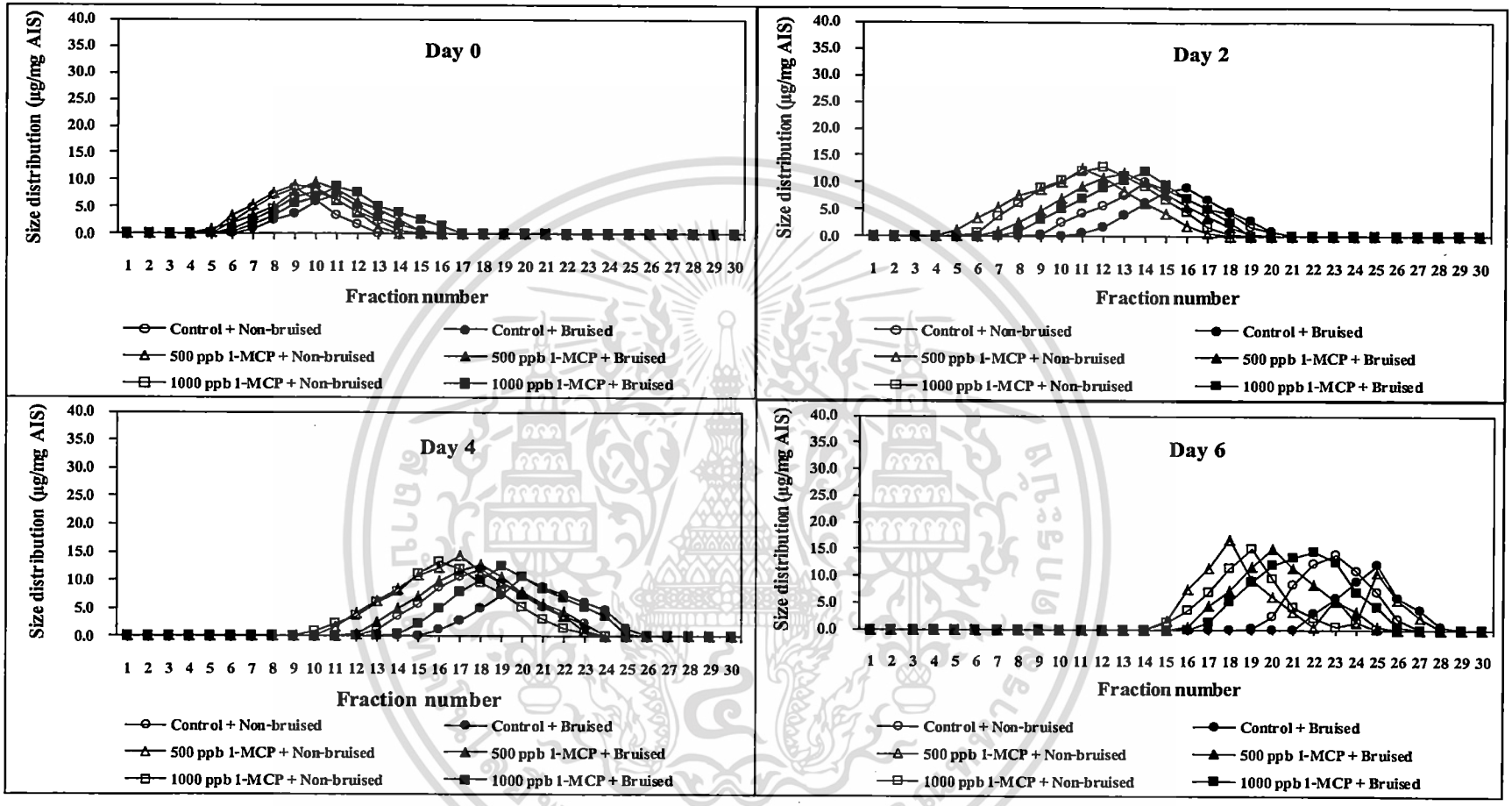
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 12 (ปริมาตรเท่ากับ 36 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในหลอดที่ 7 สูงสุดในหลอดที่ 11 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 15 (ปริมาตรเท่ากับ 45 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 5 ถึง 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 10 ถึง 25 (ปริมาตรเท่ากับ 75 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP มีการกระจายตัวโดยเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 19 สูงสุดในหลอดที่ 23 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 22 สูงสุดในหลอดที่ 25 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 28 (ปริมาตรเท่ากับ 84 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 15 สูงสุดในหลอดที่ 18 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 39)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 38 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 39 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ WSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

2.2 การกระจายตัวของโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA (CSP)

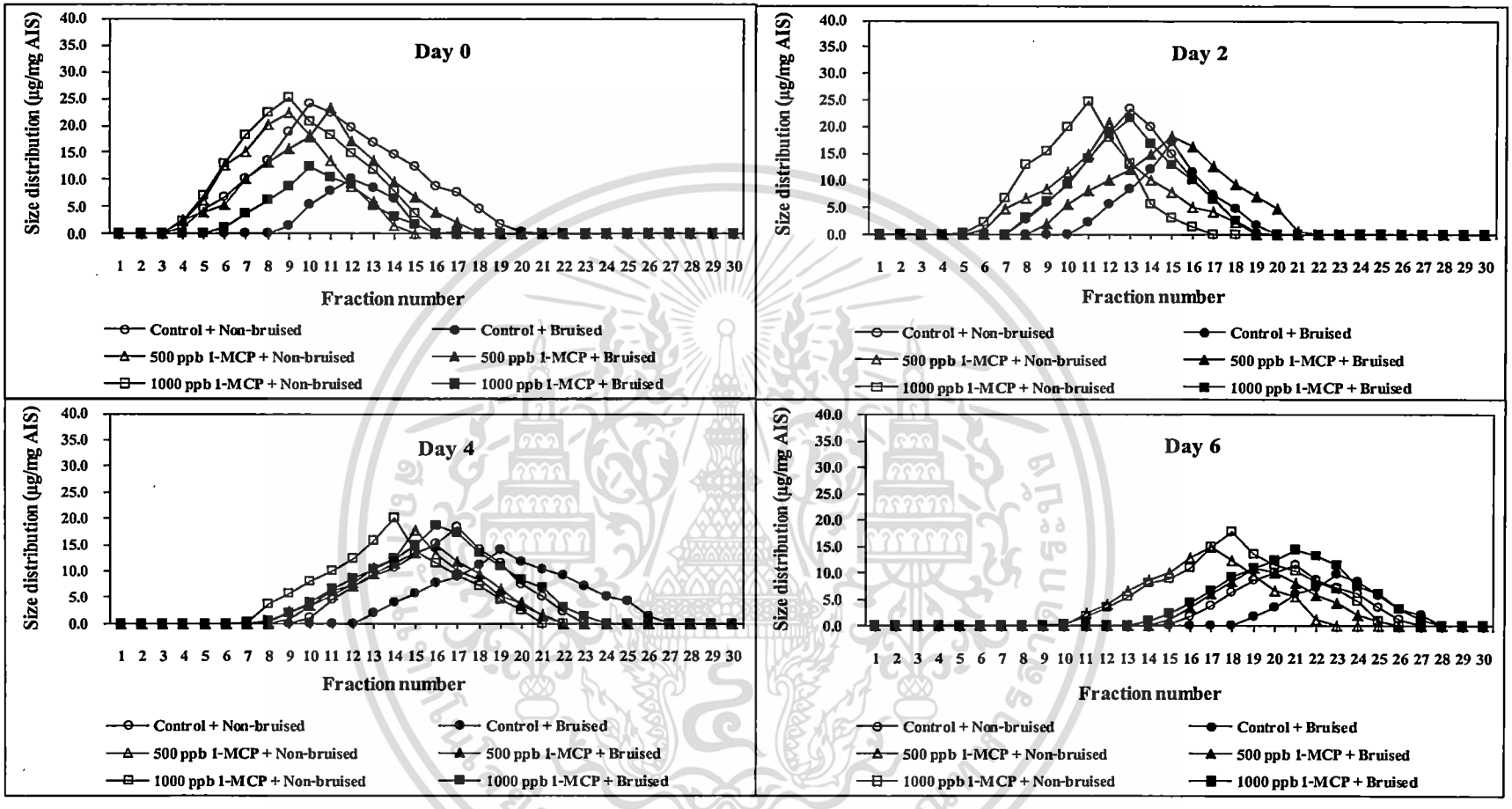
เมื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า โมเลกุลของเพคตินในรูปของ CSP มีการกระจายตัวของโมเลกุลเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 10 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 9 สูงสุดในหลอดที่ 12 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 15 (ปริมาตรเท่ากับ 45 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 8 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 17 (ปริมาตรเท่ากับ 51 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 5 ถึง 21 (ปริมาตรเท่ากับ 63 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 7 ถึง 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP มีการกระจายตัวโดยเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 15 สูงสุดในหลอดที่ 21 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของ เพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 19 สูงสุดในหลอดที่ 23 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 10 สูงสุดในหลอดที่ 18 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 25 (ปริมาตรเท่ากับ 75 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 40)

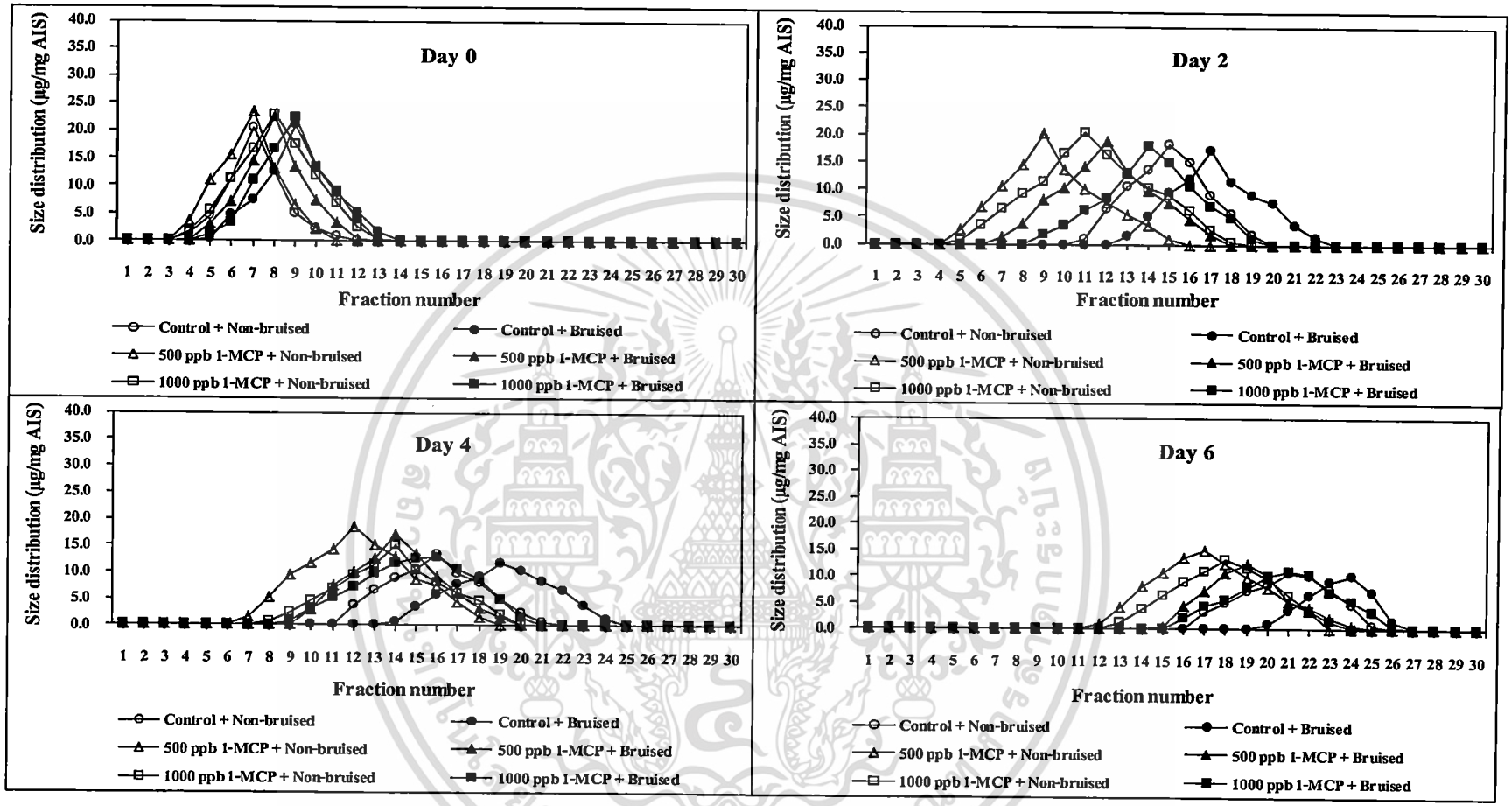
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 11 (ปริมาตรเท่ากับ 33 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 10 (ปริมาตรเท่ากับ 30 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 5 ถึง 22 (ปริมาตรเท่ากับ 66 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 7 ถึง 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP มีการกระจายตัวโดยเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 16 สูงสุดในหลอดที่ 21 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 25 (ปริมาตรเท่ากับ 75 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 20 สูงสุดในหลอดที่ 24 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 12 สูงสุดในหลอดที่ 17 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 22 (ปริมาตรเท่ากับ 66 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 41)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 40 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 41 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ CSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

2.3 <u>การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 (NSP)</u>

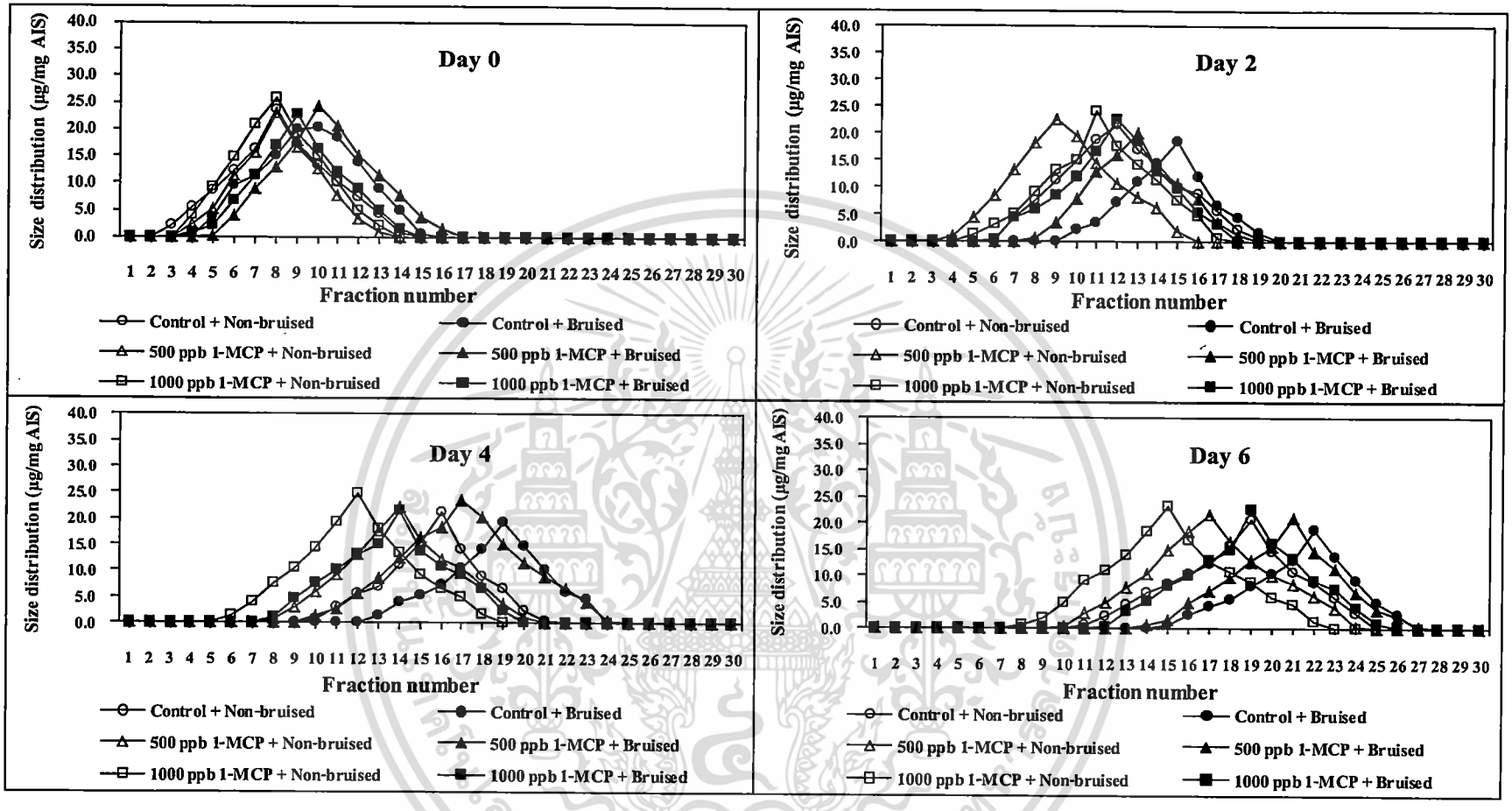
เมื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า โมเลกุลของเพคตินในรูปของ NSP มีการกระจายตัวของโมเลกุลเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 3 สูงสุดในหลอดที่ 8 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 14 (ปริมาตรเท่ากับ 42 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 10 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 15 (ปริมาตรเท่ากับ 45 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 8 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 4 ถึง 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 6 ถึง 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP มีการกระจายตัวเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 11 สูงสุดในหลอดที่ 19 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 15 สูงสุดในหลอดที่ 22 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นหลอดที่ 8 สูงสุดในหลอดที่ 15 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 22 (ปริมาตรเท่ากับ 66 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 42)

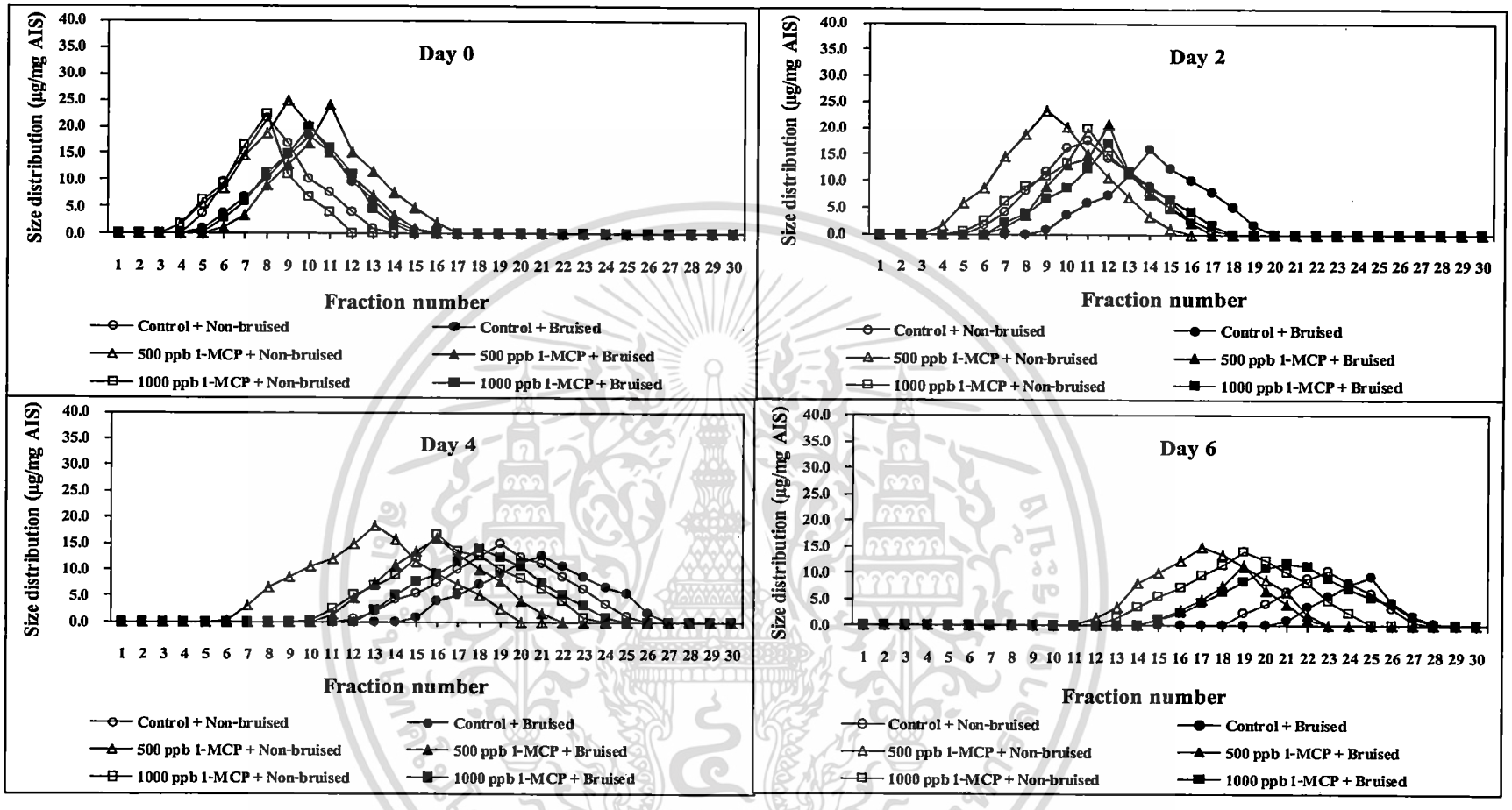
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 8 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 10 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 15 (ปริมาตรเท่ากับ 45 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 15 (ปริมาตรเท่ากับ 45 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 4 ถึง 19 (ปริมาตรเท่ากับ 57 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 6 ถึง 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP มีการกระจายตัวโดยเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 19 สูงสุดในหลอดที่ 23 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 27 (ปริมาตรเท่ากับ 81 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 20 สูงสุดในหลอดที่ 25 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 28 (ปริมาตรเท่ากับ 84 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 12 สูงสุดในหลอดที่ 17 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 22 (ปริมาตรเท่ากับ 66 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 43)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 42 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 43 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ NSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

2.4 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH (KSP)

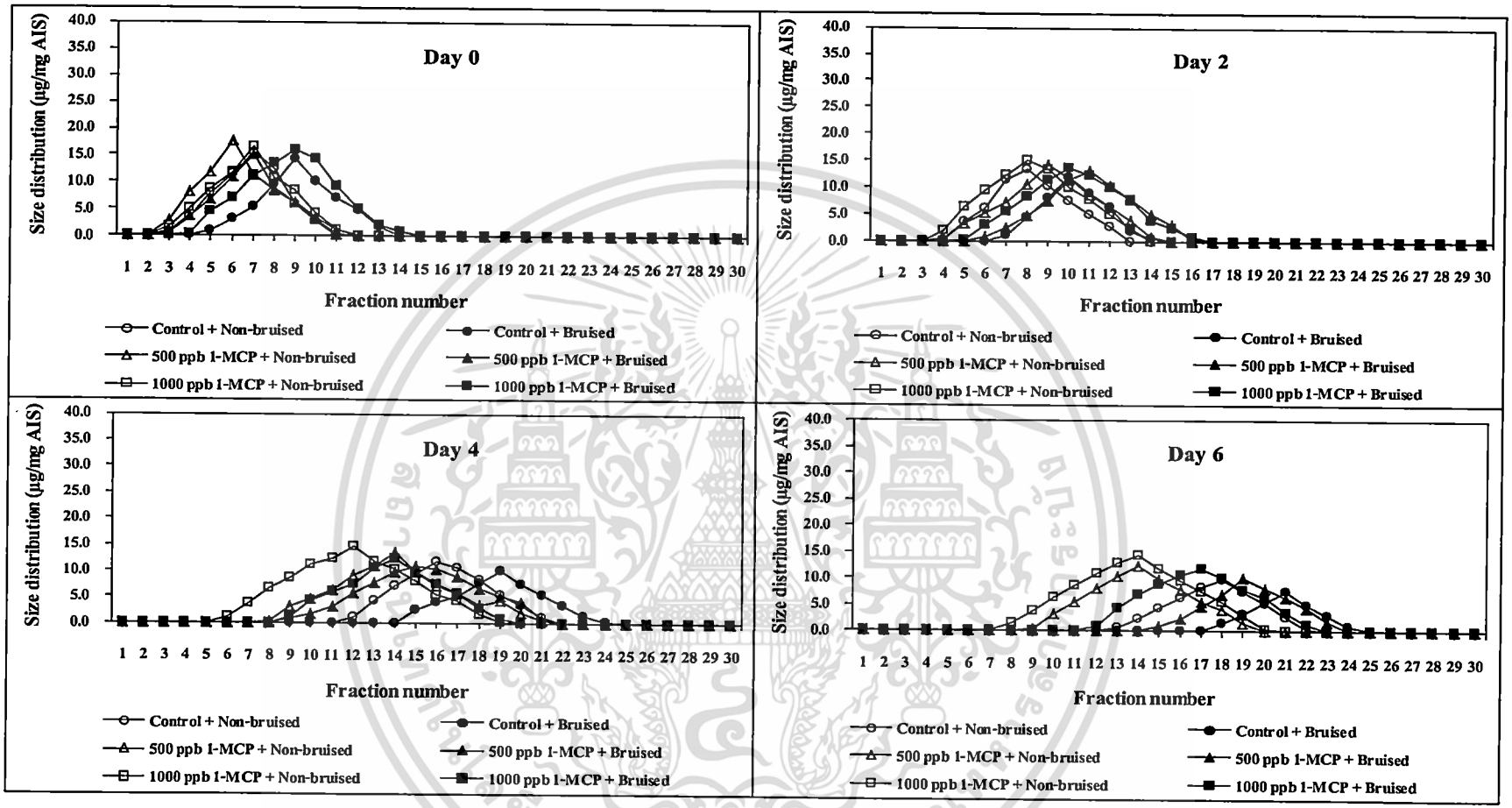
เมื่อทำการศึกษาการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายทั้งที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 60 เซนติเมตร พบว่า โมเลกุลของเพคตินในรูปของ KSP มีการกระจายตัวของโมเลกุลเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 3 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 11 (ปริมาตรเท่ากับ 33 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 5 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 3 สูงสุดในหลอดที่ 7 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 11 (ปริมาตรเท่ากับ 33 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 4 ถึง 16 (ปริมาตรเท่ากับ 48 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 6 ถึง 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP มีการกระจายตัวเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 13 สูงสุดในหลอดที่ 18 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 22 (ปริมาตรเท่ากับ 66 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 18 สูงสุดในหลอดที่ 21 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 8 สูงสุดในหลอดที่ 14 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 44)

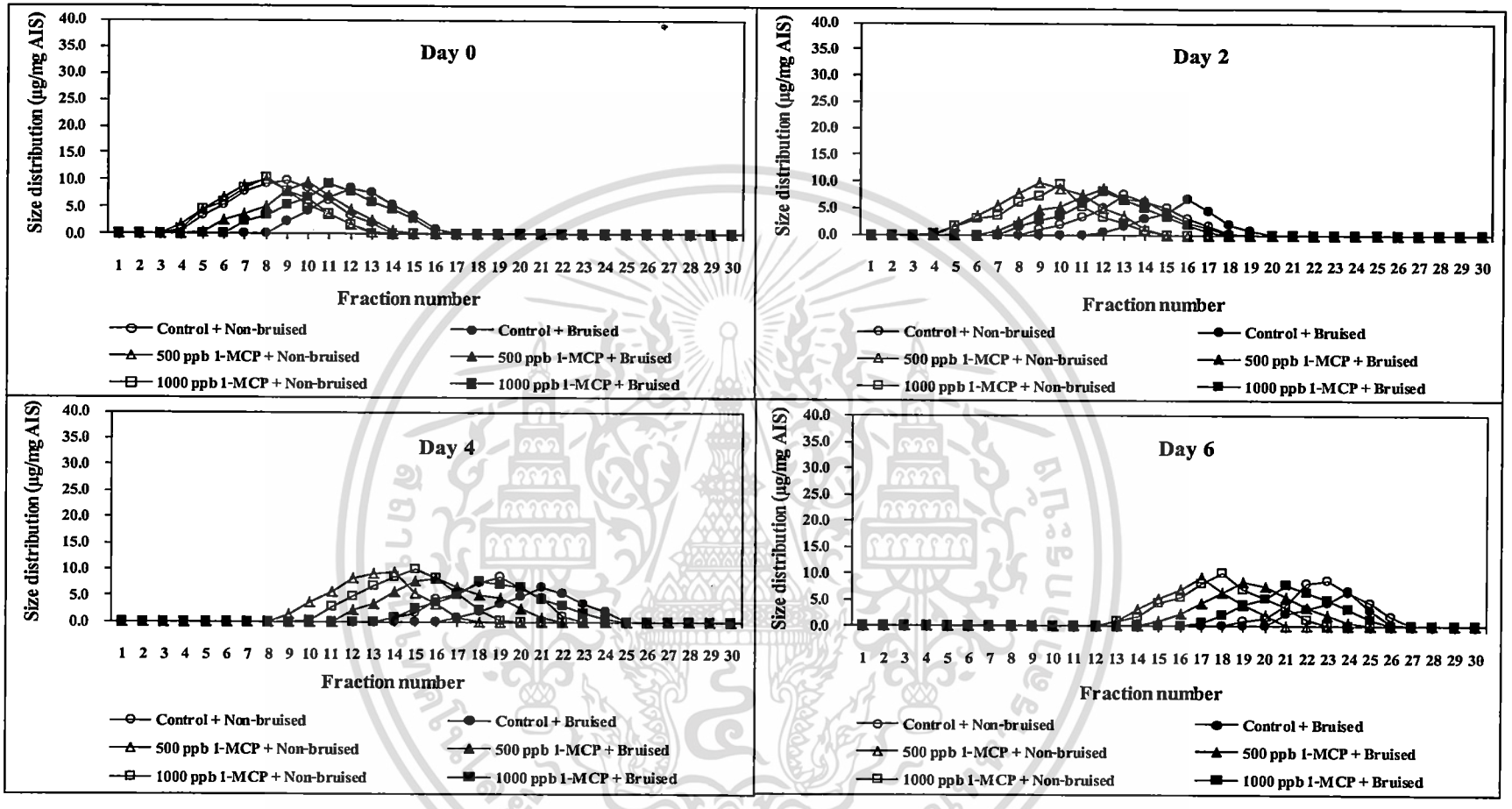
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ในวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ผลที่ไม่ได้รับสาร และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 9 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 8 สูงสุดในหลอดที่ 12 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 16 (ปริมาตรเท่ากับ 48 มิลลิลิตร) ส่วนผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 4 สูงสุดในหลอดที่ 8 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 13 (ปริมาตรเท่ากับ 39 มิลลิลิตร) จากนั้นวันที่ 2 ถึง วันที่ 4 พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เคลื่อนที่ไปอยู่ในช่วงหลอดที่ 4 ถึง 19 (ปริมาตรเท่ากับ 57 มิลลิลิตร) และหลอดที่ 9 ถึง 24 (ปริมาตรเท่ากับ 72 มิลลิลิตร) ตามลำดับ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP มีการกระจายตัวโดยเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่มีขนาดเล็กลง โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 19 สูงสุดในหลอดที่ 23 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) โดยผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 20 สูงสุดในหลอดที่ 24 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 26 (ปริมาตรเท่ากับ 78 มิลลิลิตร) ขณะที่ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีค่าการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP เริ่มต้นในตัวอย่างหลอดที่ 13 สูงสุดในหลอดที่ 17 และถูกชะออกจากคอลัมน์สุดท้ายในหลอดที่ 20 (ปริมาตรเท่ากับ 60 มิลลิลิตร) (ภาพที่ 45)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 44 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน



ภาพที่ 45 การกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินที่อยู่ในรูปของ KSP ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*), a* และ b* ของสีเปลือก และค่า a*, b* ของสีเนื้อ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ของสีเนื้อมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการศึกษาการสุกหลังการเก็บเกี่ยวและดัชนีความบริบูรณ์ของมะละกอพันธุ์ Maradol ของ Basulto *et al.* (2009) พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเริ่มต้นในผลมะละกอพันธุ์ Maradol สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของค่า L* และ b* ของสีเปลือก โดยค่า b* จะเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีที่สุดในการบอกระยะความบริบูรณ์ เนื่องจากจะช่วยให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างผลที่ยังไม่ถึงระยะบริบูรณ์และผลที่เริ่มมีกระบวนการสุกเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาของผลมะละกอสามารถเห็นได้ชัดในช่วงระยะการสุกของผล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ระหว่างการสุกประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงของสีผิวและสีเนื้อ การอ่อนนุ่มของเนื้อ การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล เป็นต้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) โดยพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2553) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวระหว่างผลไม้เกิดการสุก เกิดจากการสูญเสียคลอโรฟิลล์ (สีเขียว) และการพัฒนาของแคโรทีนอยด์ (สีเหลืองและสีส้ม) ไลโคปีน (สีแดง) และ แอนโทไซยานิน (สีแดงและสีน้ำเงิน) เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติ การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีความหวานเพิ่มมากขึ้น การลดลงของกรดอินทรีย์ (organic acid) ทำให้ความเปรี้ยวลดลง ผลิตสารหอมระเหยบางชนิดเพิ่มขึ้น ทำให้มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสของผลไม้นิ่มลง เช่น กล้วย มะม่วง มะละกอ เกิดการสูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซี จากรายงานของ Amarasinghe and Sonnadara (2009) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลไม้เป็นลักษณะที่แสดงถึงการสุกของผลไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ผลไม้ยังดิบอยู่จะมีสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อผลเกิดการสุก

สำหรับการวัดพื้นที่การเกิดโรคพบว่า มีพื้นที่การเกิดโรคเกิดขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุการเก็บรักษา Sarananda *et al.* (2004) พบว่า การเกิดโรคของผลมะละกอพันธุ์ Rathna รุนแรงมากขึ้นตามระยะการสุกของผล และพบว่าผลมะละกอชุดควบคุม และ/หรือผลที่ไม่ได้ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์และโฟม มีการเกิดโรคสูงกว่าผลมะละกอที่ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์และโฟมก่อนการขนส่ง หลังจากที่ผลเกิดการสุกมักพบการเกิดโรคตามมาเช่นเดียวกันกับการศึกษาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและปลักไม้ลาย โดยพบว่ามีการเกิดโรคในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา จากการศึกษาของ Gamages and Ranawana (2011) พบว่า ผลมะละกอพันธุ์ Red Lady ที่ปล่อยไว้ให้สุกตามธรรมชาติมีความรุนแรงของโรคมากกว่าผลที่เก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวระยะผลสีเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ และทำให้เกิดการสุก และเมื่อศึกษาการสูญเสียน้ำหนักสดของผลมะละกอทั้งสองสายพันธุ์ในครั้งนี้ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามอายุการเก็บรักษา

เมื่อวัดอัตราการหายใจ พบว่า ในผลมะละกอพันธุ์แขกดำมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 ของการเก็บรักษา จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา ขณะที่ในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 ของการเก็บรักษา ส่วนการผลิตเอทิลีนในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายพบว่า มะละกอทั้งสองสายพันธุ์มีอัตราการผลิตเอทิลีเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 ของการเก็บรักษา และลดลงต่ำสุดในชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าอัตราการหายใจของผลมะละกอพันธุ์แขกดำเกิดก่อนผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายถึง 6 ชั่วโมง แต่พบว่าอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย มีปริมาณสูงกว่าผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาสีผิว ความแน่นเนื้อ และคุณสมบัติของเพคติน ส่วนการศึกษาในผลมะละกอพันธุ์เรดมาราดอลมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา และสูงสุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (กฤษณ์ สงวนพวก และคณะ, 2554) ขณะที่การศึกษาการสุกและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะละกอพันธุ์ Golden ในระยะบริบูรณ์ที่แตกต่างกันพบว่า ระยะผลสีเขียวมีอัตราการการหายใจสูงสุดในวันที่ 5 ของการเก็บเก็บรักษา และมีการผลิตเอทิลีนสูงสุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ระยะผลสีเหลือง 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจสูงสุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับความแน่นเนื้อที่ลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (Bron and Jacomino., 2006) และเมื่อทดสอบความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ พบว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงตามอายุการเก็บรักษา ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Keitt ของ Padda *et al.* (2011) ที่รายงานไว้ว่า ค่าของความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาการสุก

เมื่อนำผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายมาทำให้เกิดการช้ำพบว่า ค่า L* ของสีเปลือกและสีเนื้อในผลมะละกอพันธุ์แขกดำมีแนวโน้มลดลง แต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่ทำให้เกิดการช้ำ เนื่องจากสีผิวเปลือกที่แตกต่างกัน โดยผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายมีสีผิวที่สว่างกว่าพันธุ์แขกดำตั้งแต่เริ่มต้นของการทดลอง จึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกที่ชัดเจนกว่าพันธุ์แขกดำ และพบว่าค่า a* และ b* ในสีเปลือกและสีเนื้อของทั้งสองสายพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีค่า b* ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ในผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดโรค และการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ ขณะที่ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา และจากการศึกษาในผลมะเขือเทศพันธุ์ Tradiro พบว่า ระยะผลสีแดง มีความไวต่อการช้ำมากกว่าในระยะผลสีชมพูและผลสีเขียว ตามลำดับ และการตกกระทบด้วยแรงที่ระดับ 0.26 จูล มีผลทำให้เกิดการช้ำได้มากกว่าการตกกระทบด้วยแรงที่ระดับ 0.02 จูล (Zeebroeck *et al.*, 2007) ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับระดับการบริบูรณ์และการสุกของผล และตำแหน่งที่ถูกตกกระทบด้วย (Van Linden *et al.*, 2006a) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของระยะความบริบูรณ์ต่อความรุนแรงของการช้ำในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่า ระยะผลสีเหลือง 50 และ 80 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่รอยช้ำมากกว่าระยะผลสีเหลือง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำให้เกิดการช้ำ ทุกระยะความบริบูรณ์ที่ทำให้เกิดการช้ำมีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และระยะผลสีเหลือง 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าระยะผลสีเหลือง 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ทำให้เกิดการช้ำ ขณะที่ระยะผลสีเหลือง 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ทำให้เกิดการช้ำมีพื้นที่การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด และพบว่าผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีค่า L*, a* และ b* ของสีเปลือกต่ำกว่าผลที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ (จุฑามาศ แสงสว่าง และลำแพน ขวัญพูล, 2555)

เมื่อวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลมะละกอทั้งสองพันธุ์ในผลที่ทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะเขือเทศระยะบริบูรณ์ที่แตกต่างกันของพันธุ์ Roma ที่ทำให้เกิดการช้ำจากการตกกระทบที่ระดับความสูง 40 เซนติเมตร พบว่า ผลที่ทำให้เกิดการช้ำของทุกระยะความบริบูรณ์ มีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ และพบว่าผลมะเขือเทศที่ระยะเริ่มเปลี่ยนสีและทำให้เกิดการช้ำมีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าระยะผลสีชมพูและระยะสุกสีแดง (Lee *et al.*, 2007) ผลมะเขือเทศที่การศึกษาความเสียหายที่เกิดจากการช้ำของมะเขือเทศที่แตกต่างกัน 3 สายพันธุ์ ได้แก่พันธุ์ Tradiro S&G 41-030 และ Admiro ในระยะสุกสีแดง พบว่า สายพันธุ์ S&G 41-030 มีความไวต่อความเสียหายที่เกิดจากการช้ำมากที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ Tradiro และ Admiro ตามลำดับ และยังพบว่า ยิ่งระดับของแรงตกกระทบสูงมากขึ้นความไวต่อการช้ำยิ่งเกิดมากขึ้น (Van Linden *et al.*, 2006b)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่สังเกตเห็นได้จากภายนอก ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในผลเกิดขึ้นเมื่อผลมะละกอเกิดการช้ำ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคติน โดยพบว่าปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ และปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ส่วนปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา และมีปรมาณของเพคตินในสารละลายต่างๆ น้อยกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ โดยผลที่ทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ มากกว่าผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มากกว่ารูปของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายชนิดอื่นๆ เนื่องจากเพคตินที่อยู่ในรูปที่ละลายได้ในน้ำ มีการจับกันได้อย่างหลวมๆ ต่างจากเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นรูปของเพคตินที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับกันด้วยพันธะที่แข็งแรง และยังพบว่าขนาดโมเลกุลของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ มีการกระจายตัวไปเป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Paull *et al* (1999) ที่พบว่าเมื่อผลมะละกอเกิดการสุก มีการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของเพคตินและเฮมิเซลลูโลส และการศึกษาของ Manrique and Lajolo (2004) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ในรูปของเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 เกิดขึ้นในระดับต่ำ แต่ในรูปที่ละลายน้ำพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ β-galactosidase (Lazan *et al.*, 2004)

การเกิดการช้ำทำให้ผลิตผลเกิดความเสียหายทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการลดความเสียหายเหล่านี้ โดยการใช้สาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน และชะลอการสุกของผักและผลไม้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) ที่ผ่านมามีการศึกษาผลของความเข้มข้นของสาร 1-MCP สำหรับยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสาร 1-MCP ความเข้มข้น 400 และ 600 พีพีบี เวลา 1 นาที สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีน การหายใจ การพัฒนาสีผิว และอัตราการสะสมของไลโคปีน และยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PG เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 50 พีพีบี มีผลต่อค่า hue angle ของสีผิวผล และปริมาณไลโคปีนในส่วนของเปลือก ชะลอการอ่อนนุ่ม การพัฒนาสีผิว และระยะเวลาของการแช่สารที่ 6 และ 12 นาที เป็นระยะเวลาที่ดีที่สุด ที่ทำให้สารซึมผ่านเข้าสู่ผลได้ดี และช่วยให้กลไกการทำงานของสาร 1-MCP ในการยับยั้งกระบวนการสุกได้ดียิ่งขึ้น (Choi and Huber, 2008) ขณะที่การแช่ผลแก้วมังกรสีเหลืองในสาร 1-MCP ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที พบว่า การแช่สาร 1-MCP ก่อนการเก็บรักษา สามารถลดการสูญเสียวิตามินซีระหว่างการเก็บรักษา (Serna-Cock *et al.*, 2011) ส่วนการศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อความไวของผลมะเขือเทศที่ได้รับเอทิลีนจากภายนอก พบว่า ผลที่ได้รับเอทิลีนความเข้มข้น 100 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 200 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที เกิดการยับยั้งการสุก ในระยะสั้น โดยกลับมาแสดงรูปแบบของการอ่อนนุ่มมากขึ้น อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น การลดลงของค่า hue angle และการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคปีนและปริมาณของกรดที่ไตรเตรตได้ ภายใน 6 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าระดับเอทิลีนภายในผลมีความไวต่อการใช้สาร 1-MCP ในผลไม้ประเภท climacteric (Zhang *et al.*, 2009) สำหรับการแช่สาร 1-MCP สามารถชะลอการสุกได้ในอะโวกาโด โดยการแช่สาร 1-MCP ความเข้มข้น 625 ไมโครกรัมต่อลิตร ทั้งผล เป็นเวลา 1 นาที มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 นาโนลิตรต่อลิตร นาน 9 ชั่วโมง สามารถชะลอการสุกได้ (Choi *et al.*, 2008) ส่วนการศึกษาผลของสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษา ในผลแคนตาลูป พบว่า มีการยับยั้งอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน และการอ่อนนุ่มของผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลที่ไม่ได้รมสาร 1-MCP ตลอดการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Jeong *et al.*, 2007) และจากการนำผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายรมด้วยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี ตามลำดับ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าสาร 1-MCP สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอ ลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ลดการเกิดรอยช้ำและการเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณ TSS ส่วนการศึกษาในมะเขือเทศ พบว่า สาร 1-MCP ความเข้มข้น 2.9 พีพีเอ็ม ลดการทำงานของเอทิลีนในการผลิตไลโคปีน และลดการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศภายใต้อุณหภูมิเย็น ขณะที่การได้รับเอทิลีนเอทิลีนจากภายนอกช่วยเพิ่มการพัฒนาสีผิวให้กับผลมะเขือเทศระยะเริ่มเปลี่ยนสีในการช่วยพัฒนาสีผิว (Tadesse *et al.*, 2012) ในผลฝรั่งพบว่า สาร 1-MCP ความเข้มข้น 600 นาโนลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว การลดลงของความแน่นเนื้อ และการเกิดโรคได้นาน 5 วัน (Phebe and Ong, 2010) ส่วนการศึกษาผลของสาร 1-MCP ในลูกแพร์พันธุ์ Nangou ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า สาร 1-MCP ความเข้มข้น 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง สามารถชะลอการสุก อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ชะลอการอ่อนนุ่ม และชะลอการเพิ่มขึ้นของสารฟีนอลิคทั้งหมดทั้งในเนื้อและเปลือกของผล และสามารถควบคุมการเปลี่ยนคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาได้ (Cheng *et al.*, 2012)

เมื่อนำผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี มาทำให้เกิดการช้ำ พบว่า มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายเกิดการช้ำมากกว่ามะละกอพันธุ์แขกดำ ทั้งผลที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 และ 1000 พีพีบี นาน 12 ชั่วโมง ที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ มีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าพันธุ์แขกดำ และพบว่า สาร 1-MCP สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ลดการเกิดโรค พื้นที่การช้ำ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว ความแน่นเนื้อ และปริมาณ TSS ได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร โดยสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ขณะที่ความเข้มข้น 500 พีพีบี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย จากการศึกษาถึงผลของสาร 1-MCP ต่อการช้ำในผลแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Empire, Fuji และ Golden Delicious ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีผลที่ได้รับสาร 1-MCP และไม่ได้รับสาร 1-MCP และทำการตกกระทบที่ระดับความสูง 30, 60 และ 90 เซนติเมตร เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0.5 องศาเซลเซียส พบว่า ผลที่ได้รับสาร 1-MCP มีค่าความเข้มข้นของเอทิลีนภายในลดลง และมีความแน่นเนื้อสูงในทุกสายพันธุ์ ขณะที่สายพันธุ์ Golden Delicious เกิดการช้ำมากที่สุด ส่วนสายพันธุ์ Empire เกิดการช้ำน้อยที่สุด และพบว่ายิ่งความสูงของการตกกระทบเพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้เกิดการช้ำมากยิ่งขึ้น (Jung and Watkins, 2009) และการศึกษาเปรียบเทียบลูกพีชพันธุ์ Topaz, Ranger, Glohaven และ Elberta ต่อความต้านทานการเกิดการช้ำ พบว่า ลูกพีชพันธุ์ Topaz มีความต้านทานต่อการช้ำมากที่สุด รองลงมาคือ ลูกพีชพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ranger และ Glohaven ตามลำดับ ส่วนลูกพีชพันธุ์ Elberta มีความต้านทานต่อการช้ำน้อยที่สุด เนื่องจากมีความแน่นเนื้อที่น้อยที่สุดคือ 34.6 นิวตัน ขณะที่ลูกพีพันธุ์ Topaz, Ranger และ Glohaven มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 49.6, 48.6 และ 42.2 นิวตัน (Maness *et al.*, 1992) ส่วนการศึกษาของ Jiménez- Jiménez (2013) พบว่า ความรุนแรงของการช้ำขึ้นอยู่กับระดับของการตกกระทบและมะกอกพันธุ์ Manzanilla มีอัตราการช้ำมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Hojiblanca และ Gordal Sevillana ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดกระบวนการสีน้ำตาล ภายใน 1 ชั่วโมง และมีรายงานว่าความเสียหายที่เกิดจากการช้ำเป็นผลทำให้เกิดการเร่งกระบวนการสุกของผลแอปริคอท โดยมีการผลิตของเอทิลีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และเกิดการสูญเสียความแน่นเนื้อสูง ซึ่งสาร 1-MCP สามารถชะลอการลดลงความแน่นเนื้อ ลดการผลิตเอทิลีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) และ peroxidase (POX) ได้ (De Martino *et al.*, 2006) และจากรายงานของ Jacomino *et al.* (2002) พบว่าผลมะละกอที่รมสาร 1-MCP มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่า มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าผลมะละกอที่ไม่ได้รมสาร และสามารถชะลอการสุกได้ 4-6 วัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้สาร 1-MCP สามารถชะลอการอ่อนนุ่ม และการเปลี่ยนแปลงของสีผิวในผลอะโวคาโด (Adkins *et al.*, 2005) กีวี (Minniti *et al.*, 2005) ลูกแพร์ (Ekman *et al.*, 2004) และพลัม (Valero *et al.*, 2003) เป็นต้น

จากการศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ พบว่า ผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่ไม่ได้รมสารและทำให้เกิดการช้ำมีปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ มากกว่าผลที่ได้รมสารและไม่ทำให้เกิดการช้ำ โดยการรมสาร 1-MCP ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 อีกทั้งยังช่วยชะลอการลดลงของขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลาย โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 1,000 และ 500 พีพีบี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสาร 1-MCP มีประสิทธิภาพในการชะลอการลดลงของปริมาณเพคติน อาจเกี่ยวข้องกับไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีน ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2553) เช่นเดียวกับการศึกษาในลูกพลับโดยใช้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 3 พีพีเอ็ม สามารถชะลอกิจกรรมของ PME และ PG ในระหว่างการสุก และลดการเพิ่มขึ้นของเพคตินที่ละลายน้ำได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Luo, 2007) ส่วนการศึกษาของ Zhang *et* al (2011) รายงานว่า สาร 1-MCP สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ PG การสลายตัวของเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ และการย่อยสลายของผนังเซลล์ในช่วงที่เกิดการสุกของผลอะโวคาโด และสาร 1-MCP สามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ โดยการเข้าไปจับกับตัวรับเอทิลีน ทำให้เอทิลีนไม่มีผลในการกระตุ้นการสุกของผล และการเปลี่ยนแปลงผนังเซลล์ซึ่งจะทำให้ผลไม้เกิดการอ่อนนุ่ม ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าระหว่างที่ผลมะละกอเกิดการสุกมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังเซลล์ โดยเฉพาะเพคติน และเมื่อผลมะละกอเกิดการช้ำ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดเร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเกิดความเสียหายหลังเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของเพคตินที่ละลายในน้ำเพิ่มมากขึ้น และมีขนาดของโมเลกุลเล็กลง สอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ PG ในกระบวนการสุกของมะละกอพันธุ์ Maradol (Adriana *et al.*, 2009) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความแน่นเนื้อและการอ่อนนุ่มของมะละกอพันธุ์ Sekaki ในระหว่างการสุกพบว่า มะละกอที่ได้รับสาร 1-MCP สามารถชะลอการพัฒนาสีผิว การสูญเสียน้ำสด และการลดลงของความแน่นเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP และพบว่าผลที่ไม่ได้รับสาร 1-MCP มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความแน่นเนื้อของผลที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่สาร 1-MCP สามารถชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PG แต่ยังมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ได้เมื่อผลสุกเต็มที่ (Ahmad *et al.*, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

ผลการทดลองที่ 1.1 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1) ผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีการเพิ่มขึ้นของการเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงสีผิว การสูญเสียน้ำหนักสด และความแน่นเนื้อลดลงอย่างต่อเนื่องตามอายุการเก็บรักษา ขณะที่ผลที่ทำให้เกิดการช้ำ มีความรุนแรงของการช้ำและการเกิดโรคสูง การเปลี่ยนแปลงสีผิว การสูญเสียน้ำหนักสด และความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว

2) ผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ สามารถลดการเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณ TSS เมื่อเทียบกับผลที่ไม่ได้รับสาร และพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของการรมด้วยสารในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายคือ 1,000 และ 500 ppb เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตามลำดับ

3) ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ สามารถลดการเกิดรอยช้ำและการเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ และปริมาณ TSS ได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร

ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1) ผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าผลที่ทำให้เกิดการช้ำ

2) ผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร

3) ผลที่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร แต่ทำให้ทำให้เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสาร 1-MCP ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ

1) ผลที่ไม่ได้ทำให้เกิดการช้ำ มีปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH เพิ่มขึ้น และปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 ลดลง และมีปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลายต่างๆ น้อยกว่าผลที่ทำให้เกิดการช้ำ

2) ผลที่ได้รับสาร 1-MCP แต่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำและในสารละลาย KOH และสามารถชะลอการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA และ Na_2CO_3 อีกทั้งยังช่วยชะลอการกระจายตัวของขนาดโมเลกุลของเพคตินได้ดีกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร และผลที่ได้รับสาร 1-MCP ก่อนทำให้เกิดการช้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กันต์ธีร์ สิริเวชพันธุ และลำแพน ขวัญพูล. 2553. การชะลอการสุกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำด้วยสาร 1-methylcyclopropene. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)** 41 (1): 23-26.

กฤษณ์ สงวนพวก วรรณภา ภู่ทรัพย์ สมศักดิ์ ครามโชติ และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2554. ผลของวัยต่ออายุการเก็บรักษาของมะละกอพันธุ์เรดมาราดอล. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)** 42 (3): 267-270.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. **รายงานเกณฑ์คุณภาพและวิธีการตรวจวัดคุณภาพวัตถุดิบมะละกอเพื่ออุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

โกศล มารมย์. 2548. **การปลูกไม้ผล 9 ชนิด.** สำนักพิมพ์ภูมิปัญญา. กรุงเทพฯ. 168 หน้า.

จารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2545. ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)** 33(6): 60-67.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** สำนักพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

"_____". 2553. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.

"_____". และจารุวัฒน์ โรจนภัทรากุล. 2547. การชะลอการหลุดร่วงของผลลองกองโดยใช้สาร 1-MCP. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ)** 5(6): 487-491.

"_____". และลำแพน ขวัญพูล. 2548. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และกิจกรรมของเอนไซม์ระหว่างการแตกของผล และการอ่อนนุ่มของเนื้อทุเรียน. **Postharvest Newsletter.** 4 (2): 5.

จุฑามาศ แสงสว่าง. 2555. ผลของสาร 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผลมะละกอพันธุ์แขกดำและพันธุ์ปลักไม้ลายที่เกิดการช้ำ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

"_____". และลำแพน ขวัญพูล. 2555. ผลของระยะความบริบูรณ์ต่อความรุนแรงของการช้ำในผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ).** 43(3): 556-559.

เทอดธวัช โสภณดิลก อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และวาริช ศรีละออง. 2553. การใช้ 1-MCP ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของมะละกอพันธุ์แขกดำ. **ว. วิทย. กษ. (พิเศษ).** 41(1): 27-30.

ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล. 2548. เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัทมา คุ้มวงศ์ดี. 2551. **มะละกอในไทย.** เคหะการเกษตร 32(7): 134-135.

พาณิชย์ ยศปัญญา. 2552. **ไม้ผลรอบบ้าน.** สำนักพิมพ์มติชน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ . 2553. Fruit ripening / การสุกของผลไม้. [Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1839/fruit-ripening%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%B8%E0%B8%81%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89. 1 พฤษภาคม 2556.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ รัมม์พัน โกศลานันท์ อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย และรัตตา สุทธยาคม. 2549. การใช้ 1-MCP เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. ฐานข้อมูลวิจัย กรมวิชาการเกษตร.

มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และอุษณา ไตรนอก. 2550. ผลของ 1-MCP ที่มีต่อผักและผลไม้. **Journal Science Technol. MSU. 2007.** 26(1): 81-87.

ลำแพน ขวัญพูล นิภาพร ยลสวัสดิ์ และอภิสิทธิ์ แก้วฉา. 2552. การสำรวจสายพันธุ์ ระบบการผลิตและการตลาดของมะละกอที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศศิธร ศิริลุน สุชาติ ปันจัยสีห์ และไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2547. คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์น้ำหมักพืชในท้องตลาดประเทศไทยที่มีผลต่อความปลอดภัยในการบริโภค. หน้า 1-28. **มาตรฐานและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค.** สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์. 2556. แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิทรี. [Online]. Available: http://www.kmitl.ac.th/sisc/GC-MS/main.html. 11 ธันวาคม 2556.

สิริกุล วะสี. 2552. **การกำหนดเพศและการแสดงเพศของดอกมะละกอ.** เคหะการเกษตร 33(5): 4-9.

สมพร เกษแก้ว. 2552. **หลักการและการประยุกต์ใช้ chromatography.** เทคนิคทางชีวเคมี. 71 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี ๒๕๕๕.** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร.

อภิชาต ศรีสอาด รสริน เกลี้ยงเกลา และอมรรัตน์ ไกรเดช. 2555. **เทคนิคการผลิตมะละกอปลอดโรคสร้างเงินล้าน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 96 หน้า.

Adkins, M. F., P. J. Hofman, B. A. Stubbing and A. J. Macnish. 2005. Manipulating avocado fruit ripening with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biol. Technol.** 35: 33-42.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adriana Sãnudo-Barajasa, J. Labavitch, J.M., Greve, C., Osuna-Encisoa, T., Muy-Rangel a, D. and Siller-Cepedaa, J. 2009. Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. **Postharvest Biol. Technol.** 51: 158-167.

Ahmad, A., Z. M. Ali and Z. Zainal. 2013. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on firmness and softening related enzymes of 'Sekaki' papaya fruit during ripening at ambient. **Sains. Malays.** 42(42): 903-909.

Ali, Z.M. and S.M. Mamat. 2010. Response of papaya ('Eksotika') fruit to different 1-methylcyclopropene concentrations. **ISHS Acta Hort.** 880: 347-352.

Amarasinghe, D. I. and D. U. J. Sonnadara. 2009. Surface colour variation of papaya fruits with maturity. **Proc. Tech. Ses.** 25: 21-28.

Basulto, F S., E. S. Duch., F. E. Y. Gil., R. D. Plaza., A. L. Saavedra and J. M. Santamaría. 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. **Interciencia.** 34: 583-588.

Beaudry, R.M. 2005. Design and modeling of modified atmosphere packaging for fruits and vegetable. Modified atmosphere packaging Modeling seminar at Packaging department. Kasetsart University.

Blankenship, S. M. 2001. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. **Perishables Handling Quarterly.** 108: 2-4.

"_____". and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biol. Technol.** 28: 1-25.

Bron, I. U. and A. P. Jacomino. 2006. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stage. **Brazil J. Plant. Physiol.** 18(3): 389-396.

Brummell, D. A.,V. D. Cin, S. Lurie, C.H. Crisosto, and J.M. Labavitch. 2004a. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **J. Exp. Bot.** 55: 2041-2052.

"_____". 2004b. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. **J. of Exp. Bot.** 55: 2029-2039.

"_____", 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Funct. Plant Biol.** 33: 103-119.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Butrym, E. D. and T. G. Hartman. 1999. Determination of ethylene by adsorbent trapping and thermal desorption-gas chromatography. **Scientific Instrument Services.** [Online]. Available: http://www.sisweb.com/referenc/applnote/app-65.htm. 11 ธันวาคม 2556.

Casillas, E. A. G., L. J. M. Islas, J. M. V. Mejia, F. Z. Galván, E.D. Fornué, C. A. R. Barragán, L. R. B. García, H. R. Vázquéz, J. G. García and J. A. A. Ortega. 2005. Inmovilización de moléculas fluorescents sobre superficies de fibras cellulósicas. **Avanc. en la Investig. Científica en el CUCBA.** 260-266.

Cheng, S., B. Wei and S. Ji. 2012. A novel 1-methylcyclopropene treatment for quality control in Nangou pears at ambient temperature. **African J. Agric. Resear.** 7(14): 2236-2242.

Choi, S. T. and D. J. Huber. 2008. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 49: 147-154.

"_____", P. Tsouvaltzis, C. I. Lim and D. J. Huber. 2008. Suppression of ripening and induction of asynchronous ripening in tomato and avocado fruits subjected to complete or partial exposure to aqueous solutions of 1-methylcyclopropene. **Postharvest. Biol. Technol.** 48: 206-214.

Chung, T. T., G. West and G. A. Tucker. 2006. Effect of wounding on cell wall hydrolase activity in tomato fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 40: 250-255.

De Martino, G., K. Vizovitis, R. Botondi, A. Bellincontro, and F. Mencarelli. 2006. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biol. Technol.** 39:38-47.

Dominic, W. 2008. Enzymatic deconstruction of backbone structures of the ramified regions in pectins. **Protein J.** 27: 30-42.

Ekman, J. H., M. Clayton, W.V. Biasi and E. J. Mitcham. 2004. Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for 'Bartlett'pear. **Postharvest Biol. Technol.** 31: 127-136.

Feng, X., A. Apelbaum, E. C. Sisler and R. Goren. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biol. Technol.** 20: 143-150.

Gamages, P. G. N. C. and S. R. W. M. C. J. K. Ranawana. 2011. Effect of stage of maturity at harvest and artificial ripening on postharvest quality of "Red Lady" papaya. **Proceedings of the Research Symposium of Uva Wellassa University.** 159-161.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jacomino, A. P., R. A. Kluge, A. Brackmann and P. R. de Castro. 2002, Ripening and senescence of papaya with 1- methylcyclopropene. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.).** 59: 303-308.

Jeong, J., J. Lee and D. J. Huber. 2007. Softening and ripening of 'Athena' Cantaloupe (Cucumis melo L. var. reticulatus) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. **Hortic. Sci.** 42(5): 1231-1236.

Jiménez-Jiménez, F., S. Castro-Carcía, G. L. Blanco-Roldán, L. Ferguson, U. A. Rosa and J. A. Gil-Ribes. 2013. Table olive cultivar susceptibility to impact bruising. **Postharvest. Biol. Technol.** 86: 100-106.

Jolie, R. P., T. Duvetter, A. M. Van Loey and M. E. Hendrickx. 2010. Pectin methylesterase and its proteinaceous inhibitor: a review. **Carbohydrate Research.** 345: 2583-2595.

Jolie, R. P., S. Christiaens, A. De Roeck, I. Fraeye, K. Houben, S. V. Buggenhout, A. M. V. Loey and M. E. Hendrickx. 2012. Pectin conversions under high pressure: Implications for the structure-related quality characteristics of plant-based foods. **Tren. Food Sci. Technol.** 24: 103-118.

Jung, S. K., and C. B. Watkins. 2009. 1-methylcyclopropene treatment and bruising of different apple cultivars during storage. **J. Hortic Sci and Biotech.** 84: 143-148.

Kader, A. A. 2002. **Postharvest technology of horticultural crops.** 3rd ed. Univ. of California Agricultural and National Resource Publ., California. 535 p.

Krongyut, W., V. Srilaong, A. Uthairatanakij, C. Wongs-Aree, E. B. Esguerra and S. Kanlayanarat. 2011. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-MCP. **Int. Food Res. J.** 18(4): 1251-1259.

Lazan, H., S. Y. Ng, L. Y. Goh and Z. M. Ali. 2004. Papaya β-galactosidase/galactanase isoforms in differential cell wall hydrolysis and fruit softening during ripening. **Plant Physiol. Biochem.** 42: 847-853.

Lee, E., S. A. Sargent and D. J. Huber. 2007. Physiological changes in Roma-type tomato induced by mechanical stress at several ripeness stages. **Hort Sci.** 42(5):1237–1242.

Luo, Z. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit. **Food Sci. Tech.** 40: 285-291.

Macxwell, E. G., J. B. Nigel, W. W. Keith and J. M. Victor. 2012. Pectin - An emerging new bioactive food polysaccharide. **Tren. Food Sci. Technol.** 24: 64-73.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manenoi, A., E. R. V. Bayogan, S. Thumdee and R. E. Paull. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. **Postharvest Biol. Technol.** 44: 55-62.

Maness, N. O., G. H. Brusewitz, and T. G. McCollum. 1992. Impact bruise resistance comparison among peach cultivars. **Hort Sci.** 27(9):1008-1011.

Manrique, G. D. and F. M. Lajolo. 2004. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biol. Technol.** 33: 11-26.

Minniti, A. M., R. Gregori, I. Donati. 2005. Effect of 1-methylcyclopropene on kiwifruit softening. **Acta Hort.** 682: 2095-2099

Munarin, F., M. C. Tanzi and P. Pretini. 2012. Advances in biomedical applications of pectin gels. **Int. J. Biol. Macromol.** 51: 681- 689.

Nimitkeatkai, H., P. Kakaew, T. Puthmee, S. Kanlayanarat, Y. Desjardins and V. Srilaong. 2009. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip and heat treatment on cell wall components of fresh-cut ripe papaya. **Acta Hartic.** 837: 155-160.

Ouldali O., A. Aoues, B. Meddah, M. Slimani, A. Nicolas and O. Kharoubi. 2011. Beneficial effects of carrot pectin against lead intoxication in Wistar rats. **Int. J. G. Phar.** 5: 126-130.

Padda, M. S., C. V. T. do Amarante, R. M. Garcia, D. C. Slaughter and E. J. Mitchama. 2011. Methods to analyze physico-chemical changes during mango ripening: A multivariate approach. **Postharvest. Biol. Technol.** 62: 267-274.

Paull, R. E., K. Gross and Y. Qiu. 1999. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest. Biol. Technol.** 16: 79-89.

Peter Clark. J., 2002. Extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food. Tech.** Vl 58 (4) [Online] Available: http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=10. 29 มีนาคม 2555.

Phebe, D. and P. T. Ong. 2010. Extending 'Kampuchea' guava shelf-life at 27°C using 1-methylcyclopropene. **Int. Food. Res. J.** 17: 63-69

Reid, M.S. 2002. Ethylene in postharvest technology, pp. 149-162.

Saltveit, M. E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biol. Technol.** 15: 279-292.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sarananda, K. H., S. T. Balasuriya and K. Ganeshalingam. 2004. Quality of papaya variety 'Rathna' as affected by postharvest handling. **Tropic. Agric. Res. Ext.** 7: 72-78.

Serna-Cock, L., D. F. Segura-Rojas and y A. Ayala-Aponte. 2011. Effect of the immersion in 1-MCP on the physicochemical and physiological properties of yellow pitahaya fruit (*Selenicereus megalanthus* How) with minimum processing. **Act. Agro.** 60:3 226-236.

Sigma-Aldrich. 2013. Sepharose and sepharose CL gel filtration media exact replacement for product code 84963. Product information. 3 page.

Singh, V. K. and P. Neelam. 2008. Response of 1-methylcyclopropene on activities of pectin hydrolases and associated post-harvest physiological changes in different mango cultivars. **Ind. J. Hort.** 65: 20-24.

Sisler. E. C. and M. Serek. 1997. Inhibiiors of ethylene responses in piants at the receptor level: Recent developments. **Physiol. Plant.** 100: 577-582.

Sisler. E. C. 2002. Methods of blocking an ethylene response in plants using cyclopropene derivatives. **United States Patent.** 15 pages.

Solongo A. 2013. BC Ch 5 - Protein Purification and Analysis. [Online] Available: http://quizlet.com/19294178/bc-ch-5-protein-purification-and-analysis-flash-cards/. 11 ธันวาคม 2556.

Tadesse, T. N., B. Farneti and E. Woltering. 2012. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on color and firmness of red and breaker stage tomato stored at different temperatures. **American J. Food Technol.** 7(9): 542-551.

Van linden, V., N. Scheerlinck, M. Desmet, J. De Baerdemaeker, 2006a. Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. **Postharvest Biol. Technol.** 42: 260-270.

"_____", B. De Ketelaere, M. Desmet, J. De Baerdemaeker, 2006b. Determination of bruise susceptibility of tomato fruit by means of an instrumented pendulum. **Postharvest Biol. Technol.** 40: 7-14.

"_____", D. N. Sila, T. Duvetter, J. De Baerdemaeker and M. Hendrickx. 2008. Effect of mechanical impact-bruising on polygalacturonase and pectinmethylesterase activity and pectic cell wall components in tomato fruit. **Postharvest Biol. Technol.** 47: 98-106.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Valero, D., D. Martinez-Romero, J. M. Valverde, F. Guillen and M. Serrano. 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Inn. Food Sci. Engin. Technol.** 4: 339-348.

Vines, H. M. and M. F. Oberbacher. 1963. A simple method for CO_2 determination in fruit and vegetable respiration studies. **Flo. State Hort. Soc.** 312-317.

Vorwerk, S., S. Shauna and S. Chris. 2004. The role of plant cell wall polysaccharide composition in disease resistance. **Tren. Plant. Sci.** 9: 203-209.

Waymack, B. E., J. L. Belote, V. L. Baliga and M. R. Hajaligol. 2004. Effects of metal salts on char oxidation in pectins/uronic acids and other acid derivative carbohydrates. **Fuel.** 83: 1505-1518.

Wakabayashi, K., T. Hoson and D. J. Huber. 2003. Methyl de-esterification as a major factor regulating the extent of pectin depolymerization during fruit ripening: a comparison of the action of avocado (Persea Americana) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) polygalacturonases. **J. Plant. Physiol.** 160: 667-673.

Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotec. Adv.** 24: 389-409.

Whitaker, J.R. 1996. Enzymes. In O.R. Fennema. (ed.). **Food chem.** Second ed. University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin. 7: 431-530.

Zeebroeck, M.V., V. Van linden., P. Darius, B.D. Ketelaere, H. Ramon., and E. Tijskens. 2007. The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. **Postharvest Biol. Technol.** 45: 168-175.

Zhang, Z., D. J. Huber and J. Rao. 2011. Ripening delay of mid-climacteric avocado fruit in response to elevated doses of 1-methylcyclopropene and hypoxia-mediated reduction in internal ethylene concentration. **Postharvest Biol. Technol.** 60: 83-91.

"_____", D. J. Huber, B. M. Hurr and J. Rao. 2009. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. **Postharvest Biol. Technol.** 54: 1-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L* ± SD) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	38.7 ± 0.3 b	38.0 ± 0.5 b	44.1 ± 0.3 a	48.3 ± 0.9 a	41.9 ± 0.3 a	51.6 ± 1.0 a	46.8 ± 0.6 b
Control + Bruised	38.1 ± 1.0 b	36.0 ± 0.1 c	37.8 ± 0.4 c	36.2 ± 0.8 d	35.9 ± 0.5 d	33.9 ± 0.3 e	33.2 ± 0.3 c
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	39.7 ± 1.9 b	40.6 ± 0.6 a	43.0 ± 0.9 b	43.5 ± 0.3 b	40.5 ± 1.0 ab	48.5 ± 0.3 b	47.8 ± 0.3 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	43.6 ±1.6 a	39.5 ± 1.4 a	37.8 ± 0.5 c	39.1 ± 0.2 c	37.9 ± 1.8 c	37.7 ± 0.2 d	34.2 ± 0.3 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	38.8 ± 2.0 b	39.9 ± 0.2 a	43.9 ± 0.2 a	43.1 ± 0.2 b	40.0 ± 0.4 b	47.6 ± 0.3 c	49.7 ± 1.7 a
1000 ppb 1-MCP + Bruised	38.4 ± 0.3 b	40.2 ± 0.4 a	37.3 ±0.1 c	35.5 ± 0.1 d	36.4 ± 0.3 cd	37.4 ± 0.3 d	33.7 ± 0.1 c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	3.4	1.7	1.1	1.4	2.3	1.1	1.9

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L* ± SD) ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	47.4 ± 1.0 ab	49.5 ± 0.8 a	49.0 ± 0.5 a	49.3 ± 1.1 a	50.6 ± 1.6 a	51.6 ± 1.2 ab	58.7 ± 2.9 a
Control + Bruised	47.8 ± 1.9 a	50.2 ± 0.5 a	47.9 ± 2.0 ab	47.2 ± 2.1 ab	50.0 ± 2.1 a	52.0 ± 1.4 a	58.6 ± 1.8 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	45.4 ± 1.4 bc	46.8 ± 0.5 b	47.4 ± 0.9 ab	47.6 ± 0.7 a	48.6± 0.8 a	49.5 ± 1.4 ab	54.1 ± 1.4 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	40.3 ± 1.2 d	42.1 ± 1.2 d	43.3 ± 1.1 c	43.7 ± 0.5 b	41.6 ± 0.4 b	42.5 ± 1.1 c	43.2 ± 1.0 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	46.8 ± 0.6 ab	47.4 ± 1.4 b	48.1 ± 0.8 ab	49.1 ± 1.6 a	49.5 ± 1.4 a	53.4 ± 0.3 a	54.5 ± 1.1 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	44.6 ± 0.5 c	44.3 ± 0.9 c	46.0 ± 1.8 b	46.5 ± 3.6 ab	42.5 ± 0.8 b	47.6 ± 4.8 b	47.8 ± 2.6 c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	2.6	1.9	2.7	4.0	2.8	4.5	3.6

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ± SD ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	-7.4 ± 0.1 b	-7.1 ± 0.1 c	-6.7 ± 0.3 d	-2.3 ± 0.1 b	1.6 ± 0.2 c	2.2 ± 0.1 b	7.4 ± 0.1 a
Control + Bruised	-7.4 ± 0.7 b	-6.8 ± 0.1 c	-1.0 ± 0.8 a	-0.8 ± 0.1 a	1.8 ± 0.1 a	3.1 ± 0.1 a	6.0 ± 0.3 b
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	-7.5 ± 0.3 b	-6.8 ± 0.0 c	-5.5 ± 0.3 c	-6.9 ± 0.2 f	-3.1 ± 0.2 c	-2.2 ± 0.1 d	-1.7 ± 0.2 e
500 ppb 1-MCP + Bruised	-5.9 ± 0.7 a	-5.5 ± 0.5 a	-4.0 ± 0.1 b	-5.1 ± 0.1 e	-1.9 ± 0.1 b	0.5 ± 0.2 c	1.4 ± 0.1 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	-7.3 ± 0.2 b	-6.8 ± 0.2 c	-7.1 ± 0.2 d	-4.8 ± 0.2 d	-4.5 ± 0.2 e	-3.8 ± 0.1 f	-2.3 ± 0.2 f
1000 ppb 1-MCP + Bruised	-6.1 ± 0.2 a	-6.2 ± 0.0 b	-5.7 ± 0.1 c	-3.1 ± 0.1 c	-3.5 ± 0.2 d	-2.4 ± 0.1 e	-0.1 ± 0.2 d
F-test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	-6.4	-3.6	-8.2	-3.6	-12	-29.8	10.2

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ± SD ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	-10.5 ± 0.6 a	-7.8 ± 0.7 b	-6.6 ± 0.7 b	-6.9 ± 0.4 b	-5.4 ± 0.2 a	-4.5 ± 0.2 b	-3.9 ± 0.3 b
Control + Bruised	-10.8 ± 0.8 a	-6.5 ± 0.7 a	-4.9 ± 0.6 a	-5.0 ± 0.4 a	-5.2 ± 0.4 a	-3.2 ± 0.6 a	-3.1 ± 0.4 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	-10.3 ± 0.2 a	-9.4 ± 0.2 c	-9.3 ± 0.7 c	-9.2 ± 0.3 e	-8.5 ± 0.2 d	-7.8 ± 0.5 e	-7.6 ± 0.6 e
500 ppb 1-MCP + Bruised	-10.6 ± 0.3 a	-7.9 ± 0.4 b	-7.6 ± 0.2 b	-8.0 ± 0.5 cd	-6.7 ± 0.1 b	-5.5 ± 0.3 cd	-4.6 ± 0.2 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	-10.1 ± 0.7 a	-10.0 ± 0.8 c	-8.7 ± 0.6 c	-8.6 ± 0.7 de	-7.7 ± 0.2 c	-6.1 ± 0.5 d	-5.3 ± 0.1 d
1000 ppb 1-MCP + Bruised	-10.4 ± 0.7 a	-9.4 ± 0.6 c	-6.9 ± 0.7 b	-7.6 ± 0.3 c	-6.4 ± 0.1 b	-5.2 ± 0.1 bc	-4.3 ± 0.1 bc
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
%C.V.	-5.5	-6.8	-8.2	-4.9	-3.3	-7.5	-6.8

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ± SD ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	16.0 ± 0.3 ab	17.7 ± 0.6 a	19.4 ± 0.3 a	26.8 ± 0.9 a	28.7 ± 0.3 a	33.2 ± 0.5 a	35.7 ± 0.3 a
Control + Bruised	15.9 ± 0.1 ab	16.7 ± 0.6 bc	17.2 ± 0.4 b	25.7 ± 0.5 ab	27.5 ± 0.3 b	28.9 ± 0.6 c	32.9 ± 0.2 bc
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	16.2 ± 0.2 a	17.3 ± 0.4 abc	19.3 ± 0.5 a	26.5 ± 0.3 a	28.3 ± 0.6 a	30.8 ± 0.5 b	35.2 ± 0.7 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	15.7 ± 0.4 b	16.9 ± 0.6 abc	17.9 ± 0.1 b	24.8 ± 0.8 b	27.3 ± 0.4 b	27.1 ± 0.5 d	32.5 ± 0.6 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	16.3 ± 0.2 a	17.5 ± 0.2 ab	19.3 ± 0.4 a	25.0 ± 0.7 b	26.3 ± 0.3 c	30.3 ± 0.3 b	33.6 ± 0.6 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	15.6 ± 0.3 b	16.4 ± 0.4 c	9.6 ± 0.4 b	23.6 ± 0.6 c	25.9 ± 0.2 c	29.2 ± 0.5 c	32.0 ± 0.5 c
F-test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	1.6	2.8	2.0	2.5	1.3	1.6	1.5

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ± SD ของสีเปลือกของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	26.8 ± 0.3 a	26.8 ± 1.5 ab	29.7 ± 1.6 b	31.1 ± 0.4 b	37.0 ± 1.8 a	35.6 ± 2.0 a	38.6 ± 0.3 a
Control + Bruised	26.5 ± 0.8 a	27.5 ± 0.8 ab	33.8 ± 1.5 a	34.8 ± 1.2 a	34.5 ± 1.6 b	36.1 ± 1.4 a	36.8 ± 0.8 b
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	26.2 ± 0.6 a	26.1 ± 0.5 bc	27.0 ± 2.4 b	27.3 ± 0.6 d	28.3 ± 1.9 c	31.1 ± 1.0 c	32.9 ± 0.7 c
500 ppb 1-MCP + Bruised	26.1 ± 0.5 a	24.2 ± 1.4 c	29.0 ± 0.5 b	29.1 ± 0.6 c	29.0 ± 0.8 c	30.4 ± 0.8 c	31.1 ± 0.9 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	26.3 ± 0.1 a	27.5 ± 1.9 ab	30.0 ± 2.6 b	31.0 ± 0.6 b	32.2 ± 0.8 b	34.7 ± 2.4 ab	35.8 ± 0.8 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	26.1 ± 0.4 a	28.7 ± 0.6 a	29.8 ± 1.3 b	32.3 ± 1.0 b	32.9 ± 0.3 b	32.2 ± 1.2 bc	32.4 ± 0.8 cd
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
%C.V.	1.9	4.6	5.9	2.5	4.1	4.7	2.1

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L* ± SD) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	63.8 ± 3.2 a	60.1 ± 0.6 c	48.5 ± 0.4 d	42.9 ± 0.7 d
Control + Bruised	63.0 ± 2.9 a	41.6 ± 0.6 f	35.1 ± 0.5 f	32.2 ± 0.7 e
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	62.3 ± 1.7 a	61.2 ± 0.8 b	56.4 ± 0.6 b	50.6 ± 0.7 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	62.6 ± 0.7 a	47.8 ± 0.8 e	42.2 ± 0.6 e	33.2 ± 0.5 e
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	64.4 ± 0.8 a	63.3 ± 0.1 a	60.2 ± 0.4 a	57.0 ± 0.3 a
1000 ppb 1-MCP + Bruised	64.6 ± 0.8 a	54.1 ± 0.2 d	51.1 ± 0.5 c	38.4 ± 0.6 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	3.0	1.0	1.0	1.2

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L* ± SD) ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	68.1 ± 0.6 a	53.0 ± 0.2 c	45.9 ± 0.7 c	40.9 ± 0.5 c
Control + Bruised	68.0 ± 0.8 a	39.3 ± 0.6 e	32.9 ± 0.5 f	28.8 ± 0.4 e
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	68.7 ± 0.5 a	59.3 ± 0.5 a	58.6 ± 0.8 a	55.5 ± 0.9 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	68.3 ± 0.8 a	44.8 ± 0.9 d	40.1 ± 0.4 d	37.1 ± 0.8 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	68.6 ± 0.3 a	55.5 ± 0.8 b	53.1 ± 0.7 b	50.8 ± 0.6 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	68.2 ± 0.7 a	38.9 ± 0.4 e	35.2 ± 0.8 e	29.7 ± 0.5 e
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	0.9	1.2	1.5	1.6

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ± SD ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	16.0 ± 0.4 a	23.9 ± 0.7 b	25.3 ± 0.2 b	34.8 ± 0.5 a
Control + Bruised	16.3 ± 0.3 a	28.6 ± 0.4 a	30.5 ± 0.6 a	32.8 ± 0.7 b
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	16.4 ± 0.4 a	18.3 ± 0.8 e	23.5 ± 0.4 c	26.1 ± 0.4 d
500 ppb 1-MCP + Bruised	16.3 ± 0.9 a	20.8 ± 0.6 d	24.7 ± 0.4 b	29.8 ± 0.2 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	16.5 ± 0.6 a	21.0 ± 0.7 d	19.0 ± 0.7 d	21.1 ± 0.8 e
1000 ppb 1-MCP + Bruised	16.6 ± 0.7 a	22.5 ± 0.6 c	22.7 ± 0.4 c	25.4. ± 0.5 d
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	3.4	2.8	2.0	1.9

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ± SD ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	8.3 ± 0.4 a	18.5 ± 0.8 b	23.3 ± 0.4 b	28.9 ± 1.6 b
Control + Bruised	8.5 ± 0.1 a	20.9 ± 1.6 a	26.4 ± 0.4 a	31.6 ± 0.9 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	8.3 ± 0.1 a	14.6 ± 0.7 c	16.7 ± 1.4 c	24.5 ± 0.5 d
500 ppb 1-MCP + Bruised	8.4 ± 0.3 a	17.3 ± 0.7 b	18.5 ± 1.8 c	26.9 ± 1.3 bc
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	8.2 ± 0.1 a	17.6 ± 0.8 b	21.6 ± 0.7 b	25.1 ± 1.3 cd
1000 ppb 1-MCP + Bruised	8.6 ± 0.4 a	20.7 ± 1.2 a	22.5 ± 0.9 b	27.1 ± 0.4 b
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	3.5	5.4	4.9	3.9

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ± SD ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	35.4 ± 0.1 a	40.6 ± 0.5 a	42.0 ± 0.9 a	43.5 ± 0.2 a
Control + Bruised	35.3 ± 0.4 a	40.4 ± 0.7a	41.5 ± 0.5 ab	43.1 ± 0.6 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	35.2 ± 0.2 a	39.0 ± 0.7 b	41.3 ± 0.5 ab	41.9 ± 0.8 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	35.1 ± 0.8 a	38.3 ± 0.4 b	40.5 ± 0.4 b	41.4 ± 0.3 b
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	35.2 ± 0.3 a	37.2 ± 0.3 c	38.8 ± 0.5 c	40.4 ± 0.3 c
1000 ppb 1-MCP + Bruised	35.1 ± 0.2 a	36.3 ± 0.5 d	37.5 ± 0.5 d	39.8 ± 0.8 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	1.1	1.1	1.4	1.3

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ± SD ของสีเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	38.0 ± 0.6 a	45.1 ± 0.5 a	47.8 ± 0.6 a	50.9 ± 0.9 a
Control + Bruised	38.1 ± 0.3 a	42.3 ± 0.9 b	43.9 ± 0.4 b	46.7 ± 0.9 b
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	37.8 ± 0.9 a	41.1 ± 0.7 b	41.3 ± 0.7 c	42.6 ± 0.2 cd
500 ppb 1-MCP + Bruised	37.9 ± 0.4 a	38.6 ± 0.2 c	40.8 ± 0.7 c	41.6 ± 0.7 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	37.7 ± 0.3 a	42.2 ± 0.7 b	44.3 ± 0.4 b	45.8 ± 0.9 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	37.9 ± 0.8 a	39.4 ± 0.8 c	41.0 ± 0.4 c	43.7 ± 0.2 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	1.6	1.6	1.2	1.5

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 13 พื้นที่การเกิดโรค ± SD (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	0	0	0	0	6.6 ± 1.0 b	15.2 ± 0.4 c	35.9 ± 1.6 c
Control + Bruised	0	0	0	0	23.7 ± 0.7 a	52.0 ± 1.5 a	63.6 ± 1.2 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	0	0	0	1.7 ± 0.2 cd	5.2 ± 0.9 d	16.6 ± 1.4 d
500 ppb 1-MCP + Bruised	0	0	0	0	2.0 ± 0.1 c	24.5 ± 1.6 b	47.9 ± 1.6 b
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	0	0	0	1.0 ± 0.2 d	1.5 ± 0.2 e	2.4 ± 0.4 e
1000 ppb 1-MCP + Bruised	0	0	0	0	1.9 ± 0.2 cd	2.8 ± 0.7 e	3.5 ± 1.0 e
F-test	na	na	na	na	*	*	*
%C.V.	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	5.7	4.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

na = non-analyzed ไม่ได้วิเคราะห์ทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 14 พื้นที่การเกิดโรค ± SD (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Non-bruised	0	0	0	0	1.8 ± 0.1 b	8.6 ± 0.3 b	19.58 ± 0.3 b
Control + Bruised	0	0	0	0	2.6 ± 0.3 a	13.8 ± 0.2 a	36.0 ± 0.5 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	0	0	0	0.7 ± 0.1 d	1.2 ± 0.2 e	1.7 ± 0.4 e
500 ppb 1-MCP + Bruised	0	0	0	0	1.4 ± 0.1 c	2.0 ± 0.2 d	2.7 ± 0.2 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	0	0	0	1.5 ± 0.1 c	1.8 ± 0.2 d	2.5 ± 0.2 d
1000 ppb 1-MCP + Bruised	0	0	0	0	2.4 ± 0.2 a	3.4 ± 0.3 c	4.6 ± 0.6 c
F-test	na	na	na	na	*	*	*
%C.V.	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	4.6	3.5

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

na = non-analyzed ไม่ได้วิเคราะห์ทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 15 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ ± SD (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Bruised	2.3 ± 0.2 a	3.1 ± 0.2 a	3.9+ ± 0.3 a	5.1 ± 0.5 a	6.6 ± 0.4 a	8.4 ± 0.3 a	11.0 ± 0.7 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	2.2 ± 0.2 a	2.6 ± 0.2 b	3.2 ± 0.3 b	3.7 ± 0.2 b	5.2 ± 0.5 b	6.8 ± 0.4 b	8.9 ± 0.5 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	2.0 ± 0.4 a	2.5 ± 0.2 b	3.0 ± 0.3 b	3.4 ± 0.1 b	4.1 ± 0.3 c	5.7 ± 0.1 c	7.4 ± 0.3 c
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
%C.V.	13.8	6.5	8.2	7.5	7.7	4.5	5.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 16 พื้นที่การเกิดรอยช้ำ ± SD (ตารางเซนติเมตร) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำ และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage						
	0	1	2	3	4	5	6
Control + Bruised	2.5 ± 0.1 a	3.7 ± 0.3 a	5.1 ± 0.3 a	6.4 ± 0.2 a	8.2 ± 0.2 a	10.3 ± 0.2 a	13.4 ± 0.2 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	2.2 ± 0.2 a	2.8 ± 0.1 b	3.3 ± 0.3 b	3.8 ± 0.2 b	4.4 ± 0.1 c	5.3 ± 0.4 c	8.5 ± 0.2 c
1000 ppb 1-MCP + Bruised	2.1 ± 0.3 a	3.0 ± 0.1 b	3.5 ± 0.4 b	4.1 ± 0.3 b	5.5 ± 0.2 b	7.0 ± 0.5 b	10.6 ± 0.2 b
F-test	ns	*	*	*	*	*	*
%C.V.	8.8	5.7	6.0	4.9	3.1	5.1	2.2

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 17 การสูญเสียน้ำหนักสด ± SD (เปอร์เซ็นต์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	0	7.6 ± 0.2 b	15.1 ± 0.6 b	26.7 ± 0.9 c
Control + Bruised	0	9.4 ± 0.3 a	18.3 ± 0.3 a	37.3 ± 0.8 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	4.1 ± 0.5 d	5.6 ± 0.5 e	16.3 ± 0.5 d
500 ppb 1-MCP + Bruised	0	6.2 ± 0.3 c	9.4 ± 0.3 c	30.0 ± 0.8 b
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	1.5 ± 0.3 e	4.8 ± 0.9 e	12.7 ± 1.0 e
1000 ppb 1-MCP + Bruised	0	1.8 ± 0.9 e	7.0 ± 0.6 d	17.3 ± 1.8 d
F-test	na	*	*	*
%C.V.	0	8.9	5.8	4.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 18 การสูญเสียน้ำหนักสด ± SD (เปอร์เซ็นต์) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control +Non-bruised	0	7.8 ± 0.7 b	14.0 ± 0.2 b	27.0 ± 1.5 c
Control + Bruised	0	8.9 ± 0.5 a	17.5 ± 0.6 a	37.7 ± 1.8 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	2.6 ± 0.4 d	4.9 ± 0.8 e	14.7 ± 1.7 e
500 ppb 1-MCP + Bruised	0	3.3 ± 0.5 d	6.9 ± 1.3 d	25.1 ± 1.9 cd
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	0	4.6 ± 0.3 c	6.4 ± 0.4 d	22.5 ± 1.4 d
1000 ppb 1-MCP + Bruised	0	5.0 ± 0.5 c	9.0 ± 0.7 c	31.6 ± 0.2 b
F-test	na	*	*	*
%C.V.	0	9.0	7.6	5.7

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 19 ความแน่นเนื้อ ± SD (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	176.2 ± 2.3 a	79.6 ± 4.3 d	45.3 ± 2.9 e	17.7 ± 3.6 e
Control + Bruised	175.6 ± 0.9 a	67.5 ± 2.7 e	28.6 ± 2.4 f	4.3 ± 0.8 f
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	177.3 ± 1.4 a	127.7 ± 4.2 b	107.6 ± 3.6 b	84.6 ± 1.2 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	176.6 ± 0.8 a	88.3 ± 4.5 c	54.6 ± 3.0 d	30.6 ± 2.9 d
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	176.3 ± 1.1 a	141.5 ± 4.2 a	125.4 ± 3.0 a	107.7 ± 4.1 a
1000 ppb 1-MCP + Bruised	175.8 ± 1.0 a	95.1 ± 5.0 c	61.6 ± 2.7 c	41.8 ± 2.5 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	0.7	4.2	4.2	5.8

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 20 ความแน่นเนื้อ ± SD (นิวตัน) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	177.1 ± 0.7 a	67.3 ± 2.8 d	31.3 ± 1.6 d	12.5 ± 2.2 e
Control + Bruised	176.3 ± 0.9 a	55.4 ± 2.4 e	23.7 ± 2.3 e	3.4 ± 0.9 f
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	175.8 ± 0.6 a	139.1 ± 2.9 a	110.5 ± 3.1 a	97.5 ± 3.9 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	176.5 ± 0.7 a	80.8 ± 2.4 c	45.0 ± 3.5 c	34.1 ± 3.5 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	176.1 ± 1.5 a	131.1 ± 2.1 b	96.3 ± 4.1 b	81.3 ± 2.5 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	175.4 ± 0.9 a	77.1 ± 3.4 c	41.0 ± 1.4 c	26.2 ± 2.5 d
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	0.5	2.9	4.8	6.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ± SD (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	8.6 ± 0.2 a	9.1 ± 0.3 ab	10.4 ± 0.2 a	12.0 ± 0.4 b
Control + Bruised	8.5 ± 0.3 a	9.4 ± 0.4 a	10.7 ± 0.1 a	12.5 ± 0.1 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	8.6 ± 0.2 a	8.9 ± 0.1 ab	9.3 ± 0.1 c	11.0 ± 0.2 c
500 ppb 1-MCP + Bruised	8.7 ± 0.1 a	9.0 ± 0.2 ab	9.8 ± 0.3 b	11.4 ± 0.2 c
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	8.5 ± 0.3 a	8.7 ± 0.3 b	8.9 ± 0.2 d	9.4 ± 0.2 e
1000 ppb 1-MCP + Bruised	8.6 ± 0.2 a	8.8 ± 0.2 b	9.4 ± 0.2 c	10.3 ± 0.1 d
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	2.6	3.0	2.2	2.0

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ± SD (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	9.2 ± 0.2 a	10.4 ± 0.2 ab	11.2 ± 0.2 b	12.2 ± 0.2 b
Control + Bruised	9.1 ± 0.2 a	10.7 ± 0.1 a	11.7 ± 0.1 a	12.6 ± 0.2 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	9.2 ± 0.2 a	9.5 ± 0.2 c	10.0 ± 0.2 e	10.4 ± 0.2 e
500 ppb 1-MCP + Bruised	9.1 ± 0.2 a	9.6 ± 0.2 c	10.4 ± 0.2 d	10.7 ± 0.3 e
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	9.1 ± 0.2 a	10.1 ± 0.1 b	10.6 ± 0.2 cd	11.1 ± 0.1 d
1000 ppb 1-MCP + Bruised	9.2 ± 0.2 a	10.2 ± 0.2 b	10.8 ± 0.3 c	11.5 ± 0.1 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	2.3	1.8	1.7	1.7

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 23 อัตราการหายใจ ± SD (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ

Treatments	Time (hours)						
	0	6	12	18	24	30	36
Control + Non-bruised	0.7 ± 0.1 ab	1.4 ± 0.1 b	2.2 ± 0.2 b	1.5 ± 0.3 ab	1.8 ± 0.2 a	1.4 ± 0.2 ab	1.3 ± 0.2 a
Control + Bruised	0.9 ± 0.1 a	1.8 ± 0.2 a	2.5 ± 0.2 a	1.9 ± 0.2 a	1.6 ± 0.3 a	1.7 ± 0.2 a	1.4 ± 0.2 a
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	0.6 ± 0.1 b	1.6 ± 0.1 ab	2.0 ± 0.1 b	1.4 ± 0.1 b	1.2 ± 0.1 b	0.7 ± 0.3 c	0.9 ± 0.1 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	0.8 ± 0.1 a	1.5 ± 0.1 b	2.1 ± 0.2 b	1.6 ± 0.2 ab	1.0 ± 0.1 b	1.1 ± 0.1 b	1.0 ± 0.2 b
F-Test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	14.4	7.1	7.0	12.2	12.4	13.5	13

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 24 อัตราการหายใจ ± SD (เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ

Treatments	Time (hours)						
	0	6	12	18	24	30	36
Control + Non-bruised	0.6 ± 0.1 c	1.8 ± 0.2 a	2.0 ± 0.1 ab	2.5 ± 0.1 ab	2.3 ± 0.2 a	1.7 ± 0.2 bc	1.6 ± 0.2 a
Control + Bruised	0.9 ± 0.1 a	1.6 ± 0.2 a	2.2 ± 0.2 a	2.8 ± 0.3 a	2.1 ± 0.1 ab	1.9 ± 0.3 ab	1.5 ± 0.2 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	0.7 ± 0.1 bc	1.5 ± 0.1 a	1.8 ± 0.1 b	2.0 ± 0.1 c	1.7 ± 0.2 c	1.4 ± 0.2 c	1.5 ± 0.1 a
500 ppb 1-MCP + Bruised	0.8 ± 0.1 ab	1.7 ± 0.2 a	1.9 ± 0.2 ab	2.3 ± 0.2 bc	2.0 ± 0.1 b	2.1 ± 0.2 a	1.6 ± 0.2 a
F-Test	*	ns	*	*	*	*	ns
%C.V.	10.8	9.1	8.6	7.4	6.3	10.3	10.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 25 อัตราการผลิตเอทิลีน ± SD (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 1000 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ

Treatments	Time (hours)						
	1	6	12	18	24	30	36
Control + Non-bruised	13.2 ± 1.0 c	41.3 ± 1.5 b	53.5 ± 1.7 c	148.8 ± 1.5 b	43.8 ± 1.6 c	50.1 ± 0.8 b	23.8 ± 0.5 b
Control + Bruised	17.7 ± 0.9 ab	43.7 ± 1.1 b	97.4 ± 2.1 a	185.3 ± 0.9 a	104.4 ± 0.9 a	67.4 ± 1.8 a	30.5 ± 0.8 a
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	15.1 ± 1.3 bc	37.1 ± 1.2 c	49.9 ± 1.0 d	52.8 ± 2.5 d	49.1 ± 1.0 b	28.0 ± 1.2 d	23.9 ± 1.0 b
1000 ppb 1-MCP + Bruised	19.0 ± 2.0 a	51.5 ± 1.5 a	70.0 ± 1.4 b	81.2 ± 0.9 c	47.2 ± 1.1 b	30.9 ± 0.6 c	30.6 ± 0.8 a
F-Test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	8.5	3.0	2.3	1.3	1.8	2.7	3.0

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 26 อัตราการผลิตเอทิลีน ± SD (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในช่วงเวลา 36 ชั่วโมง ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 พีพีบี ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ

Treatments	Time (hours)						
	1	6	12	18	24	30	36
Control + Non-bruised	18.1 ± 1.7 a	37.0 ± 3.8 a	39.0 ± 0.9 b	187.2 ± 1.9 b	132.3 ± 2.0 a	31.4 ± 1.6 c	29.7 ± 2.1 a
Control + Bruised	19.2 ± 0.9 a	24.2 ± 1.1 b	53.0 ± 1.4 a	214.1 ± 1.6 a	96.2 ± 1.4 b	44.6 ± 1.0 b	28.5 ± 2.1 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	10.8 ± 0.6 b	20.4 ± 1.2 b	26.9 ± 1.4 c	32.0 ± 1.6 d	23.5 ± 0.8 d	12.6 ± 0.8 d	15.3 ± 1.2 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	17.4 ± 1.3 a	36.8 ± 1.0 a	40.3 ± 1.4 b	99.4 ± 0.9 c	64.6 ± 1.4 c	66.0 ± 1.1 a	26.7 ± 1.2 a
F-Test	*	*	*	*	*	*	*
%C.V.	7.6	7.1	3.2	1.1	1.8	3	6.6

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 27 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	34.7 ± 0.8 a	41.5 ± 2.4 a	46 ± 4.0 ab	51.9 ± 3.4 ab
Control + Bruised	36.6 ± 1.0 a	42.5 ± 1.9 a	48.6 ± 3.0 a	57.2 ± 3.6 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	34.7 ± 1.9 a	37.6 ± 2.8 a	39.2 ± 2.8 c	43.6 ± 1.9 bc
500 ppb 1-MCP + Bruised	35.9 ± 2.8 a	39.0 ± 2.2 a	44.6 ± 2.2 ab	47.2 ± 4.0 bc
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	34.2 ± 1.4 a	39.8 ± 3.5 a	38.7 ± 3.3 c	40.4 ± 4.4 c
1000 ppb 1-MCP + Bruised	35.4 ± 1.7 a	41.9 ± 3.3 a	41.7 ± 1.7 bc	44.7 ± 7.9 bc
F-test	ns	ns	*	*
%C.V.	4.9	6.7	6.7	9.6

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 28 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในน้ำ ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	44.1 ± 2.1 a	57.1 ± 3.6 ab	56.4 ± 2.6 ab	64.4 ± 3.5 ab
Control + Bruised	46.0 ± 1.7 a	60.2 ± 2.3 a	61.7 ± 4.9 a	69.3 ± 4.1 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	42.3 ± 2.8 a	47.5 ± 3.4 d	49.5 ± 1.7 b	51.8 ± 3.5 d
500 ppb 1-MCP + Bruised	43.1 ± 3.9 a	50.9 ± 1.2 cd	53.9 ± 4.2 ab	59.3 ± 3.2 bc
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	42.9 ± 2.8 a	53.0 ± 1.9 bc	51.8 ± 0.8 b	55.3 ± 1.9 cd
1000 ppb 1-MCP + Bruised	43.3 ± 2.2 a	55.2 ± 2.9 bc	56.2 ± 7.1 ab	60.2 ± 2.1 bc
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	6.1	4.9	7.5	5.2

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 29 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	54.9 ± 2.8 a	40.1 ± 2.9 ab	38.4 ± 2.3 bc	41.7 ± 4.9 ab
Control + Bruised	55.7 ± 6.1 a	45.6 ± 2.8 a	40.5 ± 1.8 abc	44.6 ± 1.9 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	51.0 ± 1.7 a	41.1 ± 8.4 ab	40.7 ± 3.3 abc	35.6 ± 1.6 bc
500 ppb 1-MCP + Bruised	53.9 ± 1.2 a	37.2 ± 1.9 b	43.7 ± 2.0 a	40.1 ± 6.4 ab
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	53.1 ± 2.9 a	35.4 ± 1.5 b	36.7 ± 2.8 c	29.2 ± 1.1 c
1000 ppb 1-MCP + Bruised	54.8 ± 2.5 a	38.4 ± 2.3 ab	41.7 ± 2.6 ab	33.1 ± 2.9 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	6.9	10.2	6.2	9.8

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 30 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย CDTA ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	63.7 ± 2.5 a	54.8 ± 2.9 a	54.2 ± 1.9 a	52.5 ± 2.4 ab
Control + Bruised	65.6 ± 3.5 a	57.8 ± 3.0 a	55.6 ± 3.4 a	56.7 ± 3.9 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	63.6 ± 1.1 a	52.8 ± 4.8 a	44.2 ± 4.5 c	41.8 ± 6.3 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	64.3 ± 1.7 a	55.9 ± 5.6 a	46.9 ± 3.0 bc	49.4 ± 1.5 ab
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	63.8 ± 1.4 a	54.1 ± 2.6 a	51.3 ± 2.3 ab	46.3 ± 11.5 ab
1000 ppb 1-MCP + Bruised	64.6 ± 2.4 a	56.6 ± 5.5 a	52.1 ± 1.8 ab	51.5 ± 3.2 ab
F-test	ns	ns	*	*
%C.V.	3.5	7.6	6.9	11.7

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 31 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	47.6 ± 1.7 a	40.6 ± 1.9 ab	35.8 ± 3.6 ab	32.8 ± 1.2 a
Control + Bruised	48.8 ± 1.8 a	43.6 ± 2.7 a	38.5 ± 1.8 a	35.8 ± 2.8 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	45.7 ± 2.0 a	34.1 ± 1.4 c	27.2 ± 1.3 c	27.8 ± 3.6 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	46.4 ± 2.6 a	37.8 ± 1.9 b	32.3 ± 1.7 b	34.2 ± 3.4 a
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	44.8 ± 2.4 a	30.9 ± 1.5 c	18.3 ± 2.4 d	17.1 ± 1.9 c
1000 ppb 1-MCP + Bruised	45.4 ± 2.9 a	32.0 ± 1.6 c	20.2 ± 3.2 d	20.8 ± 2.4 c
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	4.8	5.1	8.5	9.5

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = Non Significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = Standard Deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 32 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย Na_2CO_3 ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-bruised	51.1 ± 1.6 a	41.9 ± 3.5 ab	41.3 ± 4.9 a	37.8 ± 2.0 ab
Control + Bruised	53.3 ± 2.6 a	42.4 ± 2.5 a	42.0 ± 2.8 a	41.5 ± 4.0 a
500 ppb 1-MCP + Non-bruised	50.4 ± 1.9 a	35.9 ± 2.6 b	34.8 ± 7.7 a	28.7 ± 7.8 b
500 ppb 1-MCP + Bruised	50.8 ± 0.3 a	38.4 ± 3.3 ab	37.9 ± 3.1 a	32.7 ± 4.2 ab
1000 ppb 1-MCP + Non-bruised	51.8 ± 3.0 a	39.2 ± 3.9 ab	38.2 ± 5.9 a	35.5 ± 5.7 ab
1000 ppb 1-MCP + Bruised	52.2 ± 0.9 a	41.0 ± 3.1 ab	36.6 ± 4.1 a	38.9 ± 10.6 ab
F-test	ns	*	ns	*
%C.V.	3.7	8.0	13.0	17.7

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = Non Significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = Standard Deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 33 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-Bruised	12.3 ± 1.7 a	17.4 ± 1.4 bc	18.1 ± 2.6 ab	19.3 ± 2.5 b
Control + 60 cm Bruised	12.9 ± 0.7 a	22.6 ± 2.4 a	21.8 ± 2.2 a	26.6 ± 3.3 a
500 ppb 1-MCP + Non-Bruised	12.1 ± 2.0 a	16.6 ± 0.9 c	15.4 ± 1.9 b	18.7 ± 4.2 b
500 ppb 1-MCP + 60 cm Bruised	12.5 ± 3.5 a	20.1 ± 0.9 ab	21.7 ± 2.5 a	22.2 ± 3.1 ab
1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised	11.8 ± 3.0 a	15.5 ± 1.3 c	16.3 ± 1.7 b	17.4 ± 1.0 b
1000 ppb 1-MCP + 60 cm Bruised	12.7 ± 2.0 a	16.2 ± 2.2 c	19.2 ± 2.1 ab	20.7 ± 1.4 b
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	18.7	8.9	11.6	13.4

หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

ตารางภาคผนวกที่ 34 ปริมาณเพคตินที่ละลายได้ในสารละลาย KOH ± SD (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง) ของผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสาร และได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Treatments	Days in storage			
	0	2	4	6
Control + Non-Bruised	17.5 ± 2.7 a	22.3 ± 1.9 ab	25.6 ± 3.8 a	26.8 ± 2.8 ab
Control + 60 cm Bruised	17.8 ± 2.0 a	25.6 ± 1.8 a	27.2 ± 2.1 a	32.1 ± 1.6 a
500 ppb 1-MCP + Non-Bruised	17.1 ± 1.6 a	20.2 ± 3.0 b	19.1 ± 1.1 b	22.7 ± 3.9 b
500 ppb 1-MCP + 60 cm Bruised	18.0 ± 2.7 a	24.2 ± 1.2 ab	23.0 ± 3.2 ab	24.2 ± 3.3 b
1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised	17.4 ± 2.6 a	21.8 ± 1.9 ab	23.6 ± 1.8 ab	25.6 ± 3.2 b
1000 ppb 1-MCP + 60 cm Bruised	18.3 ± 1.5 a	23.4 ± 2.8 ab	26.4 ± 2.0 a	27.7 ± 4.4 ab
F-test	ns	*	*	*
%C.V.	12.6	9.5	10.3	12.5

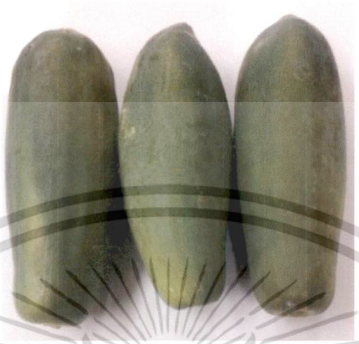
หมายเหตุ * = แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = non significant แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

± SD = standard deviation หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

%C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร เป็นค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย

Control + Non-Bruised



500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ ในวันแรกของการทดลองก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

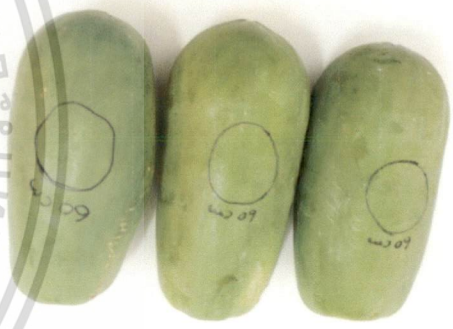
Control + Non-Bruised

500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

Control + Bruised

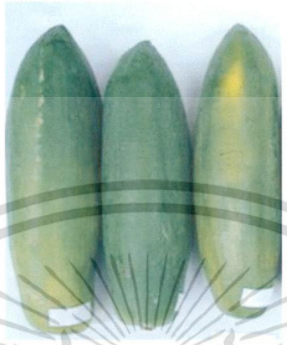
500 ppb 1-MCP + Bruised



1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ ในวันแรกของการทดลองก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Control + Non-Bruised



500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

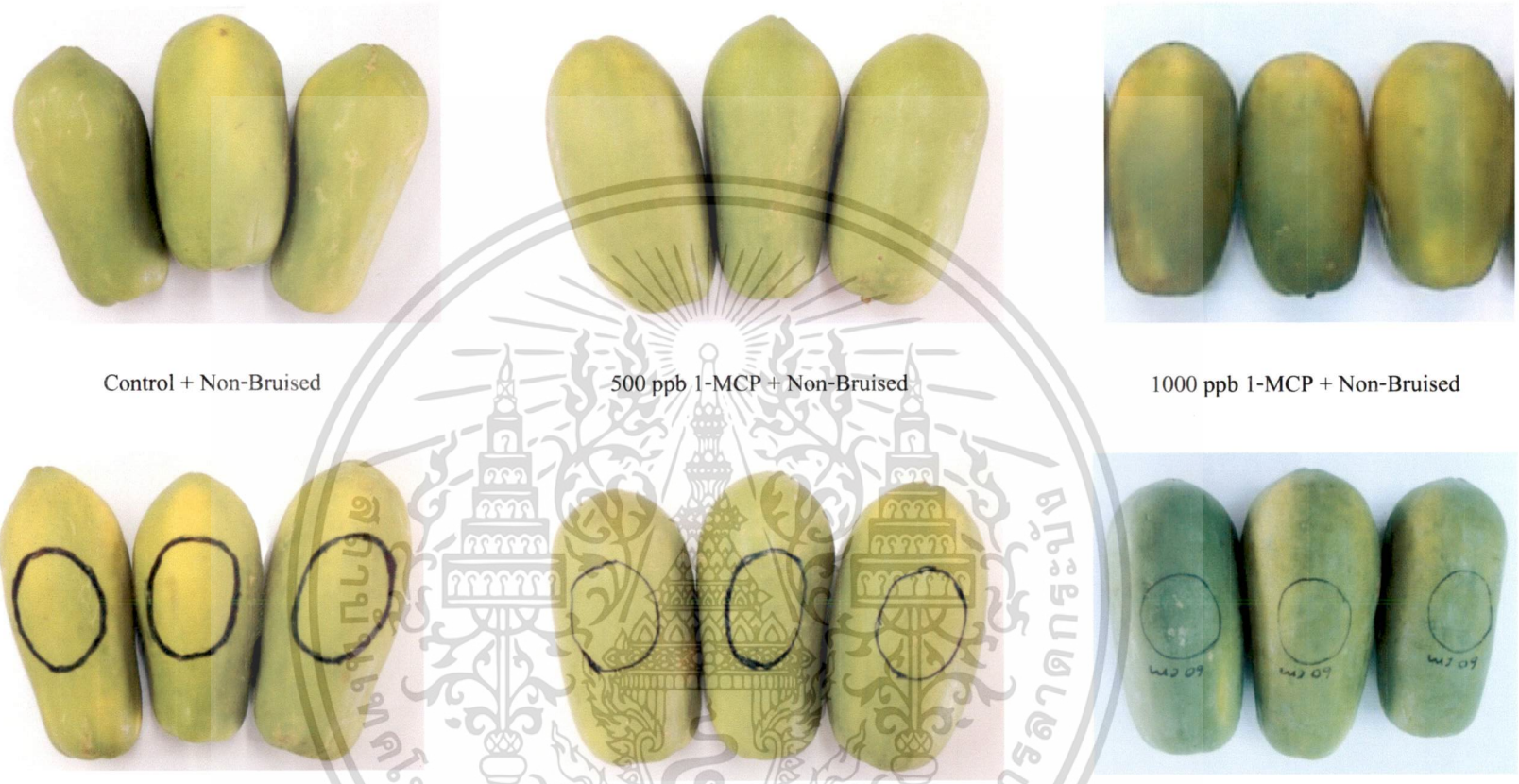
1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน



ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

Control + Non-Bruised

500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

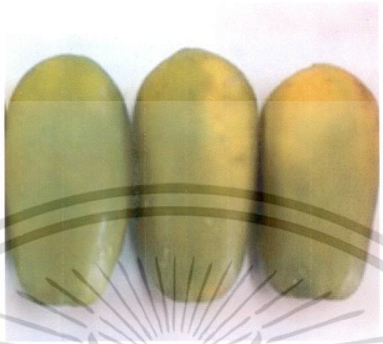
Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

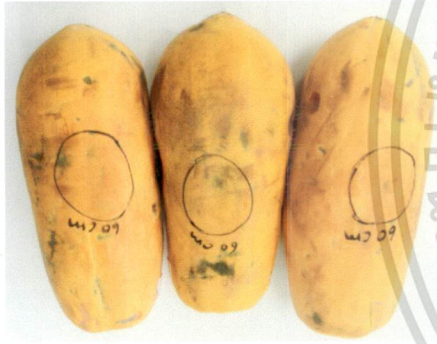
ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

Control + Non-Bruised



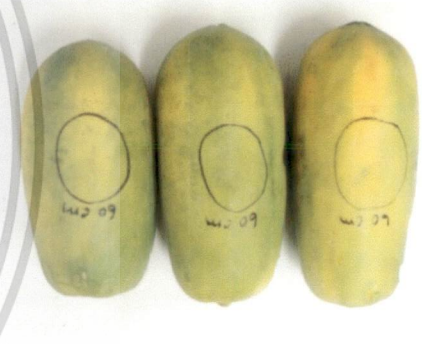
500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised



Control + Bruised

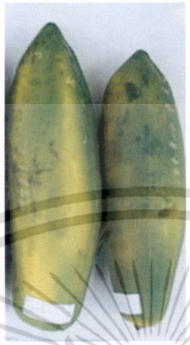
500 ppb 1-MCP + Bruised



1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

Control + Non-Bruised



500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

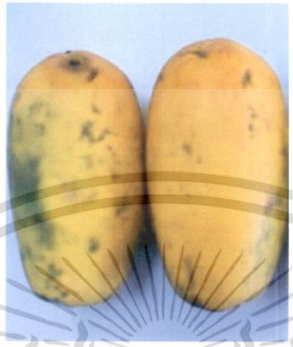
Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Control + Non-Bruised



500 ppb 1-MCP + Non-Bruised

1000 ppb 1-MCP + Non-Bruised

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะทางกายภาพของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP ทั้งที่ไม่ทำให้เกิดการช้ำและทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์แขกดำ ที่ไม่ได้รับสารและ ได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

Control + Bruised

500 ppb 1-MCP + Bruised

1000 ppb 1-MCP + Bruised

ภาพผนวกที่ 14 ลักษณะทางกายภาพของสีเนื้อของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ที่ไม่ได้รับสารและ ได้รับสาร 1-MCP และทำให้เกิดการช้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจุฑามาศ แสงสว่าง
วัน เดือน ปีเกิด	22 ธันวาคม 2530
ที่อยู่	267 หมู่ 10 ตำบลแม่จั๊วะ อำเภอเด่นชัย
	จังหวัดแพร่ 54110
ประวัติการศึกษา	2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชาพืชสวน
	คณะเทคโนโลยีการเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานตีพิมพ์

2555 ผลของ 1-methylcyclopropene ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายขนาดโมเลกุลของเพคตินในผลมะละกอที่เกิดการช้ำ
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 43 ฉบับที่ 3 (พิเศษ)
กันยายน-ธันวาคม: 532-535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้