ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกล้วยเล็บมือนาง ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตามด้วยการบ่ม

EFFECTS OF METHYL JASMONATE ON PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF 'KLUAI LEB MU NANG' BANANA (*MUSA* AA GROUP) DURING COLD STORAGE SUBSEQUENTLY BY ARTIFICIAL RIPENING

จีรวรรณ แก้วสกุล

CHIRAWAN KAEOSAKUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

พ.ศ. 2565

KMITL PRINCE OF CHUMPHON –2022-M-65-010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF METHYL JASMONATE ON PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF 'KLUAI LEB MU NANG' BANANA (*MUSA* AA GROUP) DURING COLD STORAGE SUBSEQUENTLY BY ARTIFICIAL RIPENING

CHIRAWAN KAEOSAKUN

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

2022

KMITL–2022-M-65-010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของกล้วยเล็บมือนางระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตามด้วยการบ่ม
นักศึกษา	นางสาวจีรวรรณ แก้วสกุล
รหัสประจำตัว	65206016
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชสวน
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.พรรณิภา ยั่วยล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของกล้วยเล็บมือนาง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้เมทิลจัสโมเนท (MeJA) ต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิห้องร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอนของกล้วยเล็บมือนาง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารละลาย MeJA หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำการแช่สารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที สามารถรักษาคุณลักษณะปรากฏที่ดีของกล้วยเล็บมือนาง ลดอัตราการรั่วไหลของประจุ ปริมาณ MDA และกิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาการแช่สารละลาย MeJA ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยการแช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที แล้วทำการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm บันทึกผลทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน พบว่า กล้วยเล็บมือนางบ่มด้วยเอทิฟอนและกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ร่วมกับการบ่ม มีการสุกที่สม่ำเสมอ ซึ่งการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มเอทิฟอนสามารถกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ และการทดลองที่ 3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยการแช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งทุก 5 วัน นำกล้วยมาบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการสุกสม่ำเสมอ กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 แช่นาน 30 นาที สามารถลดอาการสะท้านหนาว กระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และยังสามารถลดอัตราการรั่วไหลของประจุ ปริมาณ MDA กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถสรุปได้ว่าการใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.01 mM แช่นาน 30 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยเล็บมือนาง ทั้งนี้ยังช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและภายหลังการบ่มด้วยเอทีฟอนกล้วยเล็บมือนางมีระยะการสุกที่สม่ำเสมอ

คำสำคัญ : กล้วยเล็บมือนาง, อาการสะท้านหนาว, เมทิลจัสโมเนท (MeJA), เอทิฟอน, อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of methyl jasmonate on physical-chemical quality of 'Kluai Leb Mu Nang' banana (*Musa* AA group) during cold storage subsequently by artificial ripening
Student	Miss Chirawan Kaeosakun
Student ID.	65206016
Degree	Master of Science
Program	Horticulture
Year	2022
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pannipa Youryon
Co - Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suriyan Supapvanich

ABSTRACT

Cold storage causes the chilling injury in 'Kluai Leb Mu Nang' bananas. The objective of this research was to study the efficacy of methyl jasmonate (MeJA) application on the chilling injury of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas after storage at low temperature and then natural or artificial ripening (using 500 ppm ethephon) at room temperature. The first experiment was to study the concentration and the period of MeJA immersion on quality of the bananas after cold storage. The bananas were soaked in 0 (control), 0.01, or 0.1 mM MeJA for 15 or 30 minutes and then stored at 13 ℃ for 20 days. The results showed that 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with MeJA at a concentration of 0.01 or 0.1 mM for 30 minutes maintained the good appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas and delayed the electrolyte leakage, MDA content, and LOX activity when compared to other samples. The second experiment was to investigate the effects of selected MeJA treatment incorporated with the artificial ripening by using ethephon immersion at room temperature. The bananas were soaked in 0.01 mM MeJA for 30 minutes after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days. The results showed that the ripening of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with MeJA and without MeJA was normal. The 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with MeJA before artificial ripening had higher bioactive compounds. In the third experiment, the effect of MeJA immersion before cold storage (13 ℃) followed by artificual ripening by using ethephon at room temperature on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

physicochemical quality of the bananas was investigated. The results showed that the abnormal ripening of the bananas was not found. The MeJA treated bananas had low chilling injury and high bioactive compounds. including antioxidants, and free radical scavenging. The treatment could reduce the increased electrolyte leakage, MDA, and LOX activity throughout cold storage. In conclusiong, the use of MeJA at the concentration of 0.01 mM for 30 min could control chilling injury of the bananas during storage at 13 °C without abnormal ripening after artificial ripening at room temperature.

Keywords : 'Kluai Leb Mu Nang' bananas, chilling injury (CI), methyl jasmonate (MeJA), ethephon, low temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พรรณิภา ยั่วยล และ รศ.ดร.สุริยัณห์ สุภาพวานิช ที่เสียสละเวลา แรงกาย แรงใจ ให้คำแนะนำปรึกษาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนชี้แนะข้อบกพร่องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรพืชสวนที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดจนอบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาโดยตลอดขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ หลักสูตรพืชสวนทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไป ได้ด้วยดี

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา บุคคลในครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้ง กำลังกายกำลังใจในการศึกษาและการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

จีรวรรณ แก้วสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....IV
สารบัญ.....V
สารบัญตาราง.....XI
สารบัญรูป.....XVI
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 กล้วยเล็บมือนาง.....4
2.2 การเก็บเกี่ยวกล้วย.....7
2.3 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้.....8
2.3.1. โรคกล้วยที่เกิดจากจุลินทรีย์.....9
2.3.2. การเกิดบาดแผลและความเสียหายภายนอก.....9
2.3.3. การสูญเสียน้ำหนัก.....9
2.4 การสุกของผลไม้.....10
2.4.1. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีระหว่างการสุกของผลไม้.....10
2.4.1.1 การเปลี่ยนแปลงของแป้งและน้ำตาล.....10
2.4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์.....10
2.4.1.3 การเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี.....11
2.5 การบ่มกล้วย.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1. การใช้เอทิฟอน....13
2.5.2. การใช้ถ่านก๊าซหรือแคลเซียมคาร์ไบด์....14
2.6 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ....15
2.7 อาการสะท้านหนาว....16
2.7.1. กลไกการเกิดอาการสะท้านหนาว....17
2.7.2. อาการสะท้านหนาวและผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์....18
2.7.3. การป้องกันและการลดอาการสะท้านหนาว....18
2.8 เมทิลจัสโมเนท (MeJA)....19
2.8.1. การสังเคราะห์ทางชีวภาพและเมแทบอลิซึมของสารประกอบจัสโมเนท....20
2.8.2. ผลของการรักษาคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารละลาย MeJA....22
2.8.2.1. บทบาทของเมทิลจัสโมเนทในผลไม้....22
2.8.2.2. ลักษณะปรากฏและสี....23
2.8.2.3. กระบวนการหายใจและกลไกการผลิตเอทิลีน....23
2.8.2.4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและกรด....23
2.8.2.5. ความแน่นเนื้อ....24
2.8.2.6. สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ....24
2.8.2.7. การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว....25
2.8.3. การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวโดย MeJA....25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย....27
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย....27
3.1.1. กล้วยเล็บมือนาง....27
3.1.2. อุปกรณ์....27
3.1.3. สารเคมี....28
3.2 การเตรียมกล้วยเล็บมือนาง....29
3.3 วิธีการทดลอง....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1. การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ....29
3.3.2. การทดลองที่ 2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง....30
3.3.3. การทดลองที่ 3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ....31
3.4 การบันทึกผล....32
3.4.1. คะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก....32
3.4.2 คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว....32
3.4.3 การสูญเสียน้ำหนัก....33
3.4.4 ค่าสี....33
3.4.5 ความแน่นเนื้อ....33
3.4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้....33
3.4.7 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด....34
3.4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP....34
3.4.9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH....34
3.4.10 ปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)....35
3.4.11 ปริมาณ Total flavonoid content (TFC)....35
3.4.12 การวิเคราะห์ปริมาณแอสคอร์บิก....36
3.4.13 การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage ; EI)....36
3.4.14 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)....36
3.4.15 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)....37
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล....37
3.6 สถานที่ทำการทดลอง....37
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวใกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....38
4.1.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว.....38
4.1.2 ค่าสี.....40
4.1.3 การสูญเสียน้ำหนัก.....41
4.1.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ.....42
4.1.5 อัตราการรั่วไหลของประจุ (El) และปริมาณ Malondialdehyde (MDA).....45
4.1.6 กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX).....47
4.2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....49
4.2.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก.....49
4.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อ.....51
4.2.3 ค่าสี.....52
4.2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....53
4.2.5 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ.....55
4.3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....60
4.3.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว.....60
4.3.2 ค่าสี.....62
4.3.3 การสูญเสียน้ำหนัก.....63
4.3.4 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ.....64
4.3.5 อัตราการรั่วไหลของประจุ (El) และปริมาณ Malondialdehyde (MDA).....67
4.3.6 กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX).....69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....71
5.1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....71
5.2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....71
บรรณานุกรม.....73
ภาคผนวก.....94
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี.....95
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง.....96
ประวัติผู้เขียน.....115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

A1. Chilling injury (score) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....96

A2. Changes of peel color values *L** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....96

A3. Changes of peel color values *a** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....97

A4. Changes of peel color values *b** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....97

A5. Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....98

A6. DPPH free radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....98

A7. Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....99

A8. Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....99

A9. Electrolyte leakage of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....100

A10. Malondialdehyde content (MDA) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....100

A11. Lipoxygenase (LOX) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 °C for 20 days.....101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

A12. Skin damage (score) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....102
A13. Weight loss of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....102
A14. Firmness of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....103
A15. Changes of peel color values *L** of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....103
A16. Changes of peel color values *a** of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....104
A17. Changes of peel color values *b** of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....104

A18. Total soluble solids of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....105
A19. Total sugar of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

A20. Ferric reducing antioxidant potential of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....106
A21. DPPH free radical scavenging activity of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....106
A22. Total phenolic content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....107
A23. Total flavonoid content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....107
A24. Ascorbic acid content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....108
A25. Chilling injury (score) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

A26. Changes of peel color values *L** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....109
A27. Changes of peel color values *a** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....110
A28. Changes of peel color values *b** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....110
A29. Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....111
A30. Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....111
A31. DPPH free radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

A32. Total phenolic content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days..... 112

A33. Electrolyte leakage of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days..... 113

A34. MDA content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days..... 113

A35. The lipoxygenase (LOX) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days..... 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. Schematic cross section of banana according to different harvesting stage.....8
2. Ethylene synthesis process.....12
3. Respiration rate and ethylene synthesis of climacteric fruits.....13
4. Respiration rate and ethylene synthesis of Non-climacteric fruits.....13
5. Mechenism of Chilling Injury.....17
6. Structure of methyl jasmonat.....20
7. Scheme of the JAs biosynthesis pathway.....21
4.1 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....39
4.2 Chilling injury score of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....40
4.3 Changes of peel color values, *L** (A), *a** (B) and *b** (C), of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....41
4.4 Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....42
4.5 DPPH free radical scavenging of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....43
4.6 Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....44
4.7 Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 Electrolyte leakage of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....46

4.9 Malondialdehyde content (MDA) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....46

4.10 Lipoxygenase (LOX) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min postharvest. Store at 13 ℃ for 20 days.....48

4.11 Visual appearance of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....50

4.12 Skin damage score of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....50

4.13 Weight loss of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....51

4.14 Firmness of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....52

4.15 Changes of peel color values, *L** (A), *a** (B) and *b** (C), of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.16 Total soluble solids of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....54

4.17 Total sugar of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....55

4.18 Ferric reducing antioxidant potential of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....56

4.19 DPPH free radical scavenging of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....56

4.20 Total phenolic content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....57

4.21 Total flavonoid content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....58

4.22 Ascorbic acid content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.....59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.23 Visual appearance of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....61

4.24 Chilling injury score of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....61

4.25 Changes of peel color values, *L**, *a** and *b**, of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....63

4.26 Weight loss of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....64

4.27 Ferric reducing antioxidant potential of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....65

4.28 DPPH free radical scavenging of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.29 Total phenolic content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....67

4.30 Electrolyte leakage of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....68

4.31 MDA content of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....69

4.32 The lipoxygenase (LOX) of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA group) 'Kluai Leb Mu Nang' เป็นพืชท้องถิ่นทางภาคใต้ที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย (เบญจมาศ, 2545) มีการปลูกกระจายอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา ระนอง และภูเก็ต โดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 20,000 ไร่ (มนตรี และสุรกิติ, 2537) ทำให้ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) กล้วยมีสารประกอบที่สำคัญ เช่น วิตามินอี วิตามินซี คาร์โรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอล ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Vu et al., 2018) กล้วยเล็บมือนางมีคุณสมบัติเด่นหลายประการเป็นที่ต้องการของท้องตลาด และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในปัจจุบันผู้บริโภคมักนิยมรับประทานแบบสดและแปรรูป เนื่องจากกล้วยเล็บมือนางมีผลขนาดเล็ก เนื้อแน่น รสชาติดี ผลและเนื้อมีสีเหลืองทอง กลิ่นหอมน่ารับประทาน (Silayoi, 2002) กล้วยเป็นผลไม้ที่เริ่มสุกแล้วจะไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ และดำเนินไปอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเน่าเสียง่าย ซึ่งสิ่งนี้ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้เกิดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก (Kernprai and Supapvanich, 2016) แต่ปัญหาที่พบในการจัดการคือ การส่งกล้วยไปจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า และซุปเปอร์มาร์เกตจะต้องผ่านศูนย์กระจายสินค้า โดยจะเป็นจุดที่จะทำให้เกิดปัญหาที่จุดนี้เนื่องจากกล้วยจะถูกไปจัดเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 2 – 4 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะถูกจัดส่งไปจำหน่ายตามห้างสรรพสินค้า และซุปเปอร์มาร์เกตสาขาต่าง ๆ โดยอุณหภูมิที่ชั้นวางจะอยู่ที่ 20 - 25 องศาเซลเซียส โดยเมื่อกล้วยเก็บรักษาไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้า 1 – 2 วัน จะพบอาการเปลือกดำบริเวณที่เปลือกซึ่งเกิดจากการที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำมาก และทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) (กนกพล, 2550) ส่วนกล้วยเล็บมือนางการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานก็ส่งผลให้เกิดอาการสะท้านหนาวเช่นกัน และกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีการสุกที่ไม่สม่ำเสมอ จากการศึกษาก่อนหน้านี้ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวได้มีรายงาน การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท (MeJA) มาใช้ในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว การยืดอายุการเก็บรักษากันอย่างแพร่หลาย และมีการรายงานว่าเมททิลจัสโมเนทสามารถรักษาคุณภาพทางกายภาพในฝรั่งพันธุ์กิมจูได้ (Kernprai and Supapvanich, 2016) นอกจากนี้เมทิลจัสโมเนทยังมีผลต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงมหาชนก (อินทนนท์ และคณะ, 2553) และยังมีรายงานว่าสารละลาย MeJA ส่งผลให้อาการสะท้านหนาวลดลง (Fung et al., 2004) ซึ่งเมทิลจัสโมเนทสามารถลดการเกิดอาการสะท้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาวในผักและผลไม้ได้ (González-Aguilar et al., 2004) เนื่องจากสารละลาย MeJA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในการป้องกันตัวเองของพืช (Supapvanich and Promyou, 2013 ; Aghdam and Bodbodak, 2013) แสดงให้เห็นว่าการใช้เมทิลจัสโมเนทสามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ ส่วนการสุกของกล้วยเล็บมือนางต้องใช้การบ่มเข้ามาเป็นการเร่งกระบวนการสุกของผลไม้ให้เกิดขึ้นเร็วขึ้นกว่าปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ ในปัจจุบันมีการใช้สารเร่งการสุก Ethephon (ชื่อทางการค้า Enthel) กันอย่างแพร่หลาย เช่น การบ่มกล้วยหอมพันธุ์ Grand Nain (จักรกฤษณ์, 2535) ผลกีวี (Lihua et al., 2012)

ดังนั้นจากคุณสมบัติของ MeJA ที่สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้ที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงคิดที่จะศึกษาการใช้สารละลาย MeJA ต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางและการใช้ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารละลายเมทิลจัสโมเนทต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

2. เพื่อศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

3. เพื่อศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวและการสุกของกล้วยเล็บมือนาง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาความเข้มข้นของการใช้เมทิลจัสโมเนทและระยะเวลาในการแช่เมทิลจัสโมเนทต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวของกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และการใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และการใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยใช้กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ชุมพร 1 แล้วทำการทดสอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นประโยชน์ให้กับชุมชนในการนำฮอร์โมนพืชมาใช้เพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บรักษาของผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนางที่อุณหภูมิห้องเป็นสภาวะทั่วไปในการจำหน่ายโดยมีการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทร่วมด้วย ส่งผลให้กล้วยเล็บมือนางมคุณภาพที่ดีขึ้น ผลสวย สีผลสม่ำเสมอ ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค และสามารถปรับใช้ในอนาคตโดยการนำเมทิลจัสโมเนทมาใช้ในการรักษาอาการสะท้านหนาวลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อส่งเสริมไม่ให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และทางการค้า นอกจากนี้การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทมีแนวโน้นที่อาจจะช่วยในการชะลอการสุกของกล้วยเล็บมือนาง ซึ่งเป็นผลดีสำหรับการส่งออกกล้วยเล็บมือนางไปต่างประเทศในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. กล้วยเล็บมือนาง

กล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA group) 'Kluai Leb Mu Nang' เป็นพืชจัดอยู่ในวงศ์ Musaceae สกุล Musa ตอน Eumusa มี Genome เป็น AA มีจำนวนโครโมโซม 2n=22 เช่นเดียวกับกล้วยหอมจันทร์ กล้วยไข่ทองร่วง กล้วยไข่จีน กล้วยน้ำนม กล้วยไล กล้วยสา กล้วยหอม กล้วยหอมจำปา และกล้วยทองกาบดำ (เบญจมาศ และประวัติ, 2534 ; วรายุทธ และอรดี, 2536 ; ประศาสตร์ และคณะ, 2538) กล้วยเล็บมือนางมีลักษณะพิเศษรูปโค้งงอ ปลายเรียวยาว ก้านผลสั้น เปลือกหนา เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง มีก้านเกสรตัวเมียติดอยู่กลิ่นหอม เนื้อในสีเหลือง รสหวาน และนิยมปลูกในแถบภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดชุมพร (เบญจมาศ, 2545) มีศักยภาพสูงที่จะพัฒนาเป็นพันธุ์การค้าสำหรับตลาดภายใน และต่างประเทศ (ไพโรจน์, 2539) จากสถิติการเกษตรกล้วยเล็บมือนางเป็นพืชที่สำคัญของจังหวัดชุมพร มีพื้นที่ปลูกกล้วยเล็บมือนางประมาณ 6,363 ไร่ ผลผลิต10,370.30 ตัน มูลค่า 58.73 ล้านบาท ปัจจุบันปลูกกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นกล้วยที่มีรสชาติดีชนิดหนึ่ง (เบญจมาศ, 2545)

สายพันธุ์กล้วยเล็บมือนาง

1) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 01

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 01 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 195.60 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 9 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือดี (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

2) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 02

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 02 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 198.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 8 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือดี (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 03

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 03 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลมีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 200.10 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 7 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือค่อนข้างดี (วิทยา และคณะ, 2541)

4) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 04

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 04 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลมีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 208.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 8 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือค่อนข้างดี (วิทยา และคณะ, 2541)

5) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 05

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 05 มีลักษณะต้นสีเขียว ผลมีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 206.00 เซนติเมตร จำนวนผล 13 - 17 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 8 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือพอใช้ (วิทยา และคณะ, 2541)

6) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 06

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 06 มีลักษณะต้นสีม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 200.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 9 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือดี (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

7) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 07

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 07 มีลักษณะต้นสีม่วงแดง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 197.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 7 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือพอใช้ (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

8) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 08

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 08 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 196.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 7 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือดี (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 09

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 09 มีลักษณะต้นสีม่วงแดง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 206.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 9 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือพอใช้ (มาลี, 2558 ; วิทยา และคณะ, 2541)

10) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 10

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 10 มีลักษณะต้นสีม่วงแดง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 210.00 เซนติเมตร จำนวนผล 12 - 16 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 8 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือค่อนข้างดี (วิทยา และคณะ, 2541)

11) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 11

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 11 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 220.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 9 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือไม่ดี (วิทยา และคณะ, 2541)

12) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 12

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 12 มีลักษณะต้นสีเขียวปนม่วง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 218.10 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 9 - 13 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือดี (วิทยา และคณะ, 2541)

13) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 13

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 13 มีลักษณะต้นสีม่วงแดง ผลไม่มีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 208.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดกลาง - ใหญ่ จำนวน 7 - 11 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือค่อนข้างดี (วิทยา และคณะ, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 14

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 14 มีลักษณะต้นสีม่วงแดง ผลมีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 224.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 8 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือพอใช้ (วิทยา และคณะ, 2541)

15) กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 15

กล้วยเล็บมือนางสายพันธุ์ 15 มีลักษณะต้นสีม่วง ผลมีขน ความสูงต้นเมื่อออกปลี 220.00 เซนติเมตร จำนวนผล 14 - 18 ผลต่อหวี ผลขนาดเล็ก - กลาง จำนวน 8 - 12 หวีต่อเครือ มีการเรียงตัวของเครือพอใช้ (วิทยา และคณะ, 2541)

2.2 การเก็บเกี่ยวกล้วย

เบญจมาศ, (2545) รายงานว่าการเก็บเกี่ยวกล้วยมักเก็บเมื่อกล้วยมีความแก่ต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด เช่น ตลาดต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลกล้วยยังมีเหลี่ยม คือ ยังแก่ไม่เต็มที่ความแก่ประมาณ 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ ระยะนี้จะยังคงเห็นเหลี่ยมเด่นชัด ถ้าต้องส่งภายในประเทศควรเก็บเกี่ยวเมื่อแก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายใน 1 – 2 สัปดาห์ มีความแก่ประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ มีเหลี่ยมไม่ค่อยเด่นชัด แต่ถ้าส่งตลาดภายในตลาดภายในจังหวัดหรือบริเวณใกล้เคียง ควรเก็บเกี่ยวผลที่แก่เต็มที่ หรือไม่มีเหลี่ยมเลย ซึ่งผลจะสุกภายในไม่ถึงอาทิตย์ มาตรฐานความแก่ของกล้วยขึ้นอยู่กับเหลี่ยมของผลกล้วย ดังนี้

Light Full 3/4 หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมชัดเจน มีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

Light 3/4 หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมชัดเจนมาก มีความแก่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

Full 3/4 หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

Full หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยมหรือแก่เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์

การเก็บเกี่ยวนิยมเก็บเกี่ยวผลที่มีความแก่ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะได้กล้วยที่มีรสชาติอร่อยกว่ากล้วยที่เก็บเกี่ยวที่ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ระยะการเก็บเกี่ยวความแก่ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด หรือขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

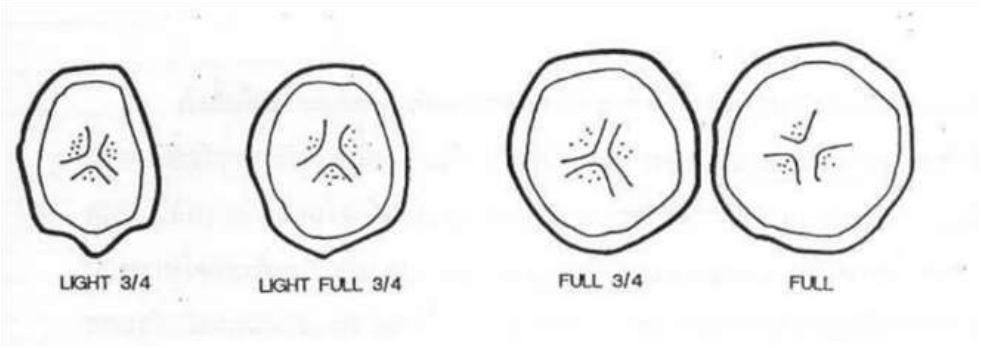

Figure 1. Schematic cross section of banana according to different harvesting stage. (เบญจมาศ,2545)

2.3 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

ผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการเจริญเติบโต การพัฒนาของผล และมีกิจกรรมทางชีวเคมีจนถึงวัยสุกเต็มที่ ซึ่งการพัฒนาของผลไม้สามารถแบ่งออกได้ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโต ระยะผลแก่ ระยะผลสุก และระยะผลเริ่มเสื่อมสภาพ ซึ่งผลไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา กายภาพ และเคมี การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ (ดนัย, 2535) เนื่องจากผลไม้มีน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่มากบอบบางง่ายต่อการเกิดบาดแผล และเนื้อเยื่อยังคงมีกิจกรรมทางชีวเคมี เมตาบอลิซึม นอกจากนี้การเกิดรอยแผลบนผิวส่งผลให้จุลินทรีย์เข้ามาทำลายได้ง่ายขึ้น หรือมีการเข้าทำลายแฝงมาจากบนต้น แต่อาการจะเริ่มแสดงออกเมื่อผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก (จริงแท้, 2545) กล้วยจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว ในระหว่างการสุกที่ผลกล้วยมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการเร่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาต่าง ๆ (พรชัย และคณะ, 2551) ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพ สามารถแบ่งได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 โรคกล้วยที่เกิดจากจุลินทรีย์

สาเหตุสำคัญของการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การเกิดโรค ซึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ที่ประกอบไปด้วยราและแบคทีเรีย ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลไม้และอายุการเก็บรักษาสั้น ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ มักจะไม่แสดงลักษณะปรากฏการเกิดโรคในทันที เนื่องจากผลไม้ยังมีโครงสร้างที่แข็งแรง เซลล์ที่ผลิตผล ได้แก่ epidermis และ periderm สามารถป้องกันการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ เพราะ epidermis มีผนังเซลล์ด้านนอกที่หนา จุลินทรีย์จะเจริญผ่านเข้ามาโดยอาศัยแรงหรือเอนไซม์ย่อยทำได้ยาก นอกจากนั้น epidermis ยังมีชั้นของคิวติเคิลปกคลุม ในคิวติเคิลมีคิวตินและไขเป็นองค์ประกอบ สารประกอบทั้ง 2 ประเภท มีคุณสมบัติไม่สะสมน้ำ ดังนั้นเมื่อสปอร์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ มาตกลงบนผิวของผลิตผล จึงได้รับความชื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับการงอกของสปอร์ เว้นแต่ที่ผิวของผลิตผลเปียกน้ำ หรือมีความชื้นในอากาศสูงใกล้เคียง 100 เปอร์เซ็นต์ การงอกของสปอร์จึงเกิดขึ้นได้ ซึ่งโรคของกล้วยที่จุลินทรีย์เข้าทำมีมากมาย เช่น โรคตายพราย โรคซิกาโทกาสีเหลือง โรคเน่าเละ โรคราแผล โรคแอนแทรกโนส โรคผลเน่า โรคปลายผลเน่า โรคปลายผลเน่าสีน้ำตาล โรคไส้ผลเน่าดำ โรคปลายผลเน่าสีดำ โรคราแป้ง โรคไส้ผลเน่าแดง โรคจุดสีน้ำตาล โรคราดำ โรคราหลังการเก็บเกี่ยว โรคผลกระ โรคขีดช้ำ เป็นต้น (เบญจมาศ, 2545)

2.3.2 การเกิดบาดแผลและความเสียหายภายนอก

การเกิดบาดแผลบนผลไม้มักเกิดในระหว่างกระบวนการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา ซึ่งส่งต่อคุณภาพด้านอื่น ๆ เช่น เนื้อสัมผัสนิ่มเร็วขึ้น มีรสชาติเปลี่ยนไปจากเดิม เป็นต้น นอกจากนั้นยังทำให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย และเกิดการสูญเสียน้ำเร็วขึ้น ทำให้ผลไม้มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เช่น การเข้าทำลายของแมลง ผลเกิดรอยช้ำเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ความเสียหายเนื่องจากความเย็นจัด ความเสียหายเนื่องจากน้ำมาก ความเสียหายเนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น (เบญจมาศ, 2545)

2.3.3 การสูญเสียน้ำ

ผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวมีการคายน้ำด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหายใจเมื่ออุณหภูมิภายในผลิตผลสูงขึ้น ผลไม้จึงต้องระบายความร้อนออกมาโดยการคายน้ำ ผ่านทางปากใบ ผลไม้ที่มีโครงสร้างที่สูญเสียน้ำง่าย เช่น มีขนมาก มีชั้นไขหรือนวลปกคลุมน้อย มักจะมีการคายน้ำมาก ปริมาณการคายน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ (สังคม, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสุกของผลไม้

ภายหลังการผสมระหว่างเกสรเพศผู้กับรังไข่ภายในรังไข่ของดอกไม้แล้ว รังไข่จะพัฒนาขยายขนาดขึ้นเป็นผล มีการสะสมอาหารตามมา ทั้งในรูปของกรดอินทรีย์ น้ำตาล แป้ง และไขมัน จนเมื่อผลเติบโตเต็มที่จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของผลในด้านสี กลิ่น รสอย่างชัดเจน คนและสัตว์สามารถกินได้และช่วยในการแพร่ขยายพันธุ์ ถ้าไม่มีสัตว์มากินผลไม้เหล่านี้ก็จะเสื่อมสภาพไปในที่สุด ดังนั้นการสุกจึงเป็นกระบวนการวายอย่างหนึ่ง ซึ่งนำผลไม้ไปสู่ความตายอย่างมีระเบียบแบบแผน การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ระหว่างการสุกประกอบด้วยการเปลี่ยนสีของผิวและเนื้อ การอ่อนนุ่มของเนื้อ การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของกรด การสังเคราะห์สารระเหยต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอล (จริงแท้, 2550)

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีระหว่างการสุกของผลไม้

2.4.1.1 การเปลี่ยนแปลงของแป้งและน้ำตาล

ผลไม้มักสะสมอาหารอยู่ในรูปของแป้งหรือน้ำตาล ในผลไม้ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก เช่น ทุเรียน กล้วย และมะม่วง มักพบว่าผลที่สุกมีแป้งลดลงพร้อม ๆ กับมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งเซลล์เอนไซม์หลักในพืชที่มีการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล มีอยู่ 3 เอนไซม์ คือ α- และ β-amylase และ starch phosphorylase ซึ่ง α- amylase ย่อยแป้งได้เดกซ์ตริน oligosaccharide มอลโตส และกลูโคส ส่วน β-amylase และ starch phosphorylase ย่อยได้มอลโตสและ glucose-1-phosphate ตามลำดับ (จริงแท้, 2550)

2.4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์

ผลไม้ส่วนใหญ่เมื่อยังอ่อนอยู่มีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างสูง เช่น กรดซิตริก และกรดมาลิก กรดอินทรีย์เหล่านี้เป็นสารตัวกลางที่สำคัญในวัฏจักร Krebs ของกระบวนการหายใจ ผลไม้ต่างชนิดมีกรดที่สำคัญต่างชนิดกัน นอกจากนี้สภาวะที่มีกรดสูงยังช่วยให้ผลไม้ไม่เหมาะแก่การเข้าทำลายของเชื้อโรค แต่หลังจากผลไม้เริ่มสุกปริมาณกรดมักลดลง เช่น มะม่วงพันธุ์ทองคำมีปริมาณกรดซิตริกลดลงจาก 1.45 เป็น 0.52 เมื่อผลสุก แต่ในผลไม้บางชนิดปริมาณกรดเพิ่มขึ้นสูงเมื่อผลสุก เช่น กล้วยมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจาก 4.4 เป็น 10.9 meq 100 g^{-1} ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการสังเคราะห์ malic enzyme มากขึ้นระหว่างการสุก การที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดลดลงนั้นมีข้อมูลการศึกษาโดยใช้ ^{14}C ในส้มพบว่า กรดที่หายไปถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเช่นเดียวกับน้ำตาล หรือกรดอาจเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสะสมหรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการสุก (จริงแท้, 2550)

2.4.1.3 การเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี

ในผลไม้มีวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกอยู่ด้วยกัน 3 รูป คือ รูปรีดิวซ์ (L-ascorbic acid หรือ AA) ที่อาจถูกออกซิไดส์ไปอยู่ในรูปออกซิไดส์ (monodehydroascorbic acid) ที่ไม่เสถียรซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็น dehydroascorbic acid (DHA) และ DHA นี้อาจถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น 2,3-diketo-1-gluconic acid ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของวิตามินซี มักพบวิตามินซีส่วนใหญ่อยู่ในรูปรีดิวซ์แต่อายุของผลไม้ก็มีผลต่อรูปแบบของวิตามินซี นอกจากนี้วิตามินซีเป็นตัวต้านออกซิเดชันที่สำคัญของพืช จึงมักมีคำอธิบายถึงการเพิ่มขึ้นและลดลงของวิตามินซีในระหว่างการเก็บรักษาโดยโยงเข้ากับเรื่องอนุมูลอิสระหรือการต้านออกซิเดชันเสมอ เช่น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมามาก และทำอันตรายต่อออร์แกเนลต่าง ๆ ของเซลล์พืช พืชจึงใช้วิตามินซีเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านี้ ทำให้พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลง (จริงแท้, 2549)

2.5 การบ่มกล้วย

ปัจจัยที่ผลต่อการสุกของผลไม้ ได้แก่ ความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนอุณหภูมิของห้องบ่ม ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งถ้าความเข้มข้นของก๊าซเอทิลีนที่ใส่เข้าไปในห้องบ่มต่ำจะทำให้ผลไม้สุกช้า อุณหภูมิภายในห้องบ่มถ้าต่ำเกินไปจะทำให้ผิวของผลเหี่ยวและน้ำหนักผลไม้ลดลง การบ่มด้วยวิธี Shot method ผลไม้สุกเร็วกว่าความสม่ำเสมอในการสุกดีกว่าและสิ้นเปลืองก๊าซเอทิลีนน้อยกว่า การบ่มด้วยวิธี Trickle method (สมโภชน์และขนิษฐา, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทิลีน (Ethylene) มีสถานะเป็นก๊าซ และเป็นฮอร์โมนพืช มีผลต่อการเจริญเติบโต และ การชราภาพของพืช โดยเฉพาะผลไม้ประเภท Climacteric สามารถตอบสนองต่อเอทิลีนได้เป็นอย่างดี (กนกวรรณ, 2555) กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน พบว่าสารตั้งต้นของการผลิตเอทิลีนคือ เมทไธโอนีน (Methionine) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นมาจากกรดอะมิโน และได้เป็นสารประกอบตัวกลางคือ Sadenosyl methionine (SAM) ต่อมาถูกสังเคราะห์ได้เป็น 1-amino-cyclopropane-1-carboxyic acid (ACC) โดยเอนไซม์ ACC synthase หลังจากนั้น ACC ถูกออกซีไดซ์ (Oxidized) ได้เป็นเอทิลีนโดยเอนไซม์ ACC oxidase (สุรนันต์, 2526) (Figure 2)

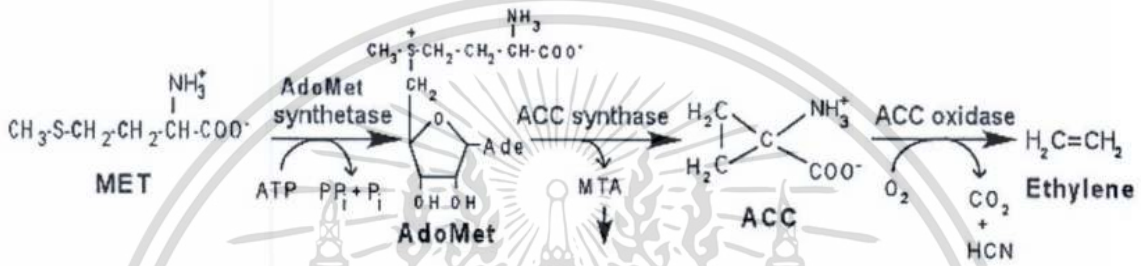

Figure 2. Ethylene synthesis process. (Liang et al., 1996)

กนกวรรณ (2555) กล่าวว่า เอทิลีนเกี่ยวข้องกับการสุกของผลไม้ โดยผลไม้สามารถจำแนกตามรูปแบบการหายใจได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

- Climacteric fruit ผลไม้ชนิดนี้เมื่อเก็บมาจากต้นขณะที่แก่การหายใจจะลดลงถึงจุดต่ำสุด แล้วเริ่มมีการหายใจเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่เข้าสู่กระบวนการสุกที่ถูกกระตุ้นด้วยเอทิลีน จนถึงจุดที่มีการหายใจสูงสุด ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 2 – 3 เท่าของการหายใจที่ต่ำสุด แล้วการหายใจจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อผลไม้เข้าสู้ระยะชราภาพ (Figure 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

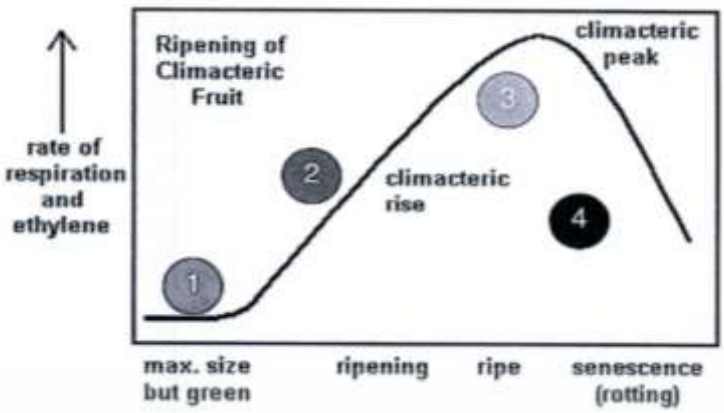

Figure 3. Respiration rate and ethylene synthesis of climacteric fruits. (กวีวัฒน์, 2559)

- Non-climacteric fruit ผลไม้ชนิดนี้จะมีลักษณะแตกต่างจากผลไม้ประเภทClimacteric fruit ขณะที่สุก เมื่อเก็บเกี่ยวผลสุกจากบนต้นแล้ว ผลไม้จะมีอัตราการหายใจลดลงและเมื่อเข้าสู่ระยะสุกอัตราการหายใจจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลไม้มาแล้วผลไม้จะไม่เข้าสู่กระบวนการสุกอีกต่อไป และมีการตอบสนองต่อเอทธิลีนจากภายนอกเพียงเล็กน้อย จึงไม่สามารถบ่มผลไม้ให้สุกต่อแบบผลไม้ประเภท Climacteric ได้ (Figure 4)

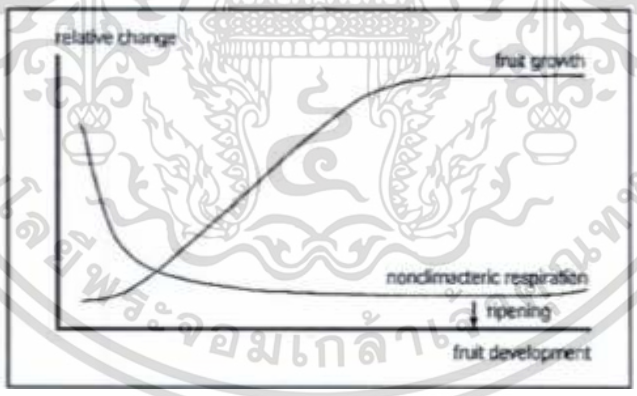

Figure 4. Respiration rate and ethylene synthesis of Non-climacteric fruits. (กวีวัฒน์, 2559)

2.5.1 การใช้เอทิฟอน (Ethephon)

เอทิฟอน (Ethephon) อยู่ในรูปสารละลายที่เป็นของเหลว เมื่อจะใช้ก็นำมาผสมน้ำให้เจือจางแล้วจุ่มผลหรือทาที่ขั้วผลไม้ก็จะเร่งการสุกได้ โดยเอทิฟอนจะเกิดการแตกตัวปล่อยแก๊สเอทิลีน ซึ่งเอทิลีนตัวนี้คือตัวการที่ทำให้ผลไม้สุกเหมือนการบ่มด้วยแก๊สเอทิลีนโดยตรง อย่างเชน การบ่มมะม่วง กล้วย หรือทุเรียนครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละมาก ๆ (Agricultural Research Development Agency, 2013) จักรกฤษณ์ (2535) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการบ่มกล้วยหอมพันธุ์ Grand Nain ใช้จุ่มในสารเร่งการสุก Enthel เพื่อเร่งการสุกของกล้วยที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ได้แก่ 1000, 750, 500, 250 และ 0 ppm พบว่าที่ความเข้มข้น 1000, 750, 500 และ 250 ppm กล้วยจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน และสุกภายในเวลา 72 ชั่วโมง และมีงานวิจัยของ ชัยรัตน์และพิไลลักษณ์ (2561) ศึกษาผลของวิธีการบ่มด้วยสารละลายเอทิฟอนและ แก๊สเอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยหอมทอง พบว่าการใช้เอทิฟอนความเข้มข้น 500 ppm กระตุ้นการสุกของ กล้วยหอมทองได้ดีที่สุด ซึ่งกระตุ้นการหายใจ การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกจากสีเขียว เป็นสีเหลือง และเนื้อสัมผัสที่ลดลงเร็วที่สุด รองลงมาเป็นความเข้มข้น 300 ppm ส่วนความเข้มข้น 200 ppm และชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและใช้เวลาในการสุกไม่สม่ำเสมอในผลเดียวกัน และศุภรัตน์ และคณะ (2562) ศึกษาผลของเอทิฟอนต่อการสุกของกล้วยหอมคาเวนดิช พบว่า กล้วยหอมคาเวนดิชมีการเปลี่ยนสีของเปลือกผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและความแน่นเนื้อลดลงตลอด การเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้และความเป็นกรด-ด่างมีค่า เพิ่มขึ้น ส่วนรสชาติจะหวานมากขึ้นเมื่อสุก การแช่เอทิฟอนที่ 500 - 1000 ppm นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการสุกของกล้วยหอมคาเวนดิชเหมาะสมที่สุด

2.5.2 การใช้ถ่านก๊าซหรือแคลเซียมคาร์ไบด์

การบ่มมักใช้แคลเซียมคาร์ไบด์หรือถ่านแก๊สทุบเป็นก้อนเล็ก ๆ ห่อด้วยกระดาษและวางไว้ในกล่องบ่ม ถ่านแก๊สจะดูดเอาความชื้นที่ได้จากการคายน้ำของผลกล้วย ทำให้เกิดแก๊สเอทิลีน แก๊สเอทิลีนจะไปทำให้กล้วยสุกโดยสีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอย่างสม่ำเสมอในเวลา 1 – 3 วัน (จริงแท้, 2545) เหมาะกับการใช้งาน ถ่านแก๊สนี้จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในบรรยากาศ ซึ่งจะให้แก๊สอะเซทิลีน และแก๊สอะเซทิลีนนี้ทำหน้าที่ กระตุ้นให้ผลไม้สุกเหมือนกับเอทิลีน แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าเอทิลีนมาก ถ่านแก๊สนี้จะปล่อยแก๊สอะเซทิลีนออกมาตลอดเวลาที่ทำปฏิกิริยากับไอน้ำในบรรยากาศ โดยแก๊สอะเซทิลีนนี้ติดไฟ ดังนั้นจะต้องเก็บรักษาถ่านแก๊สนี้ไว้ในภาชนะปิดตลอดเวลา การบ่มผลไม้ด้วยถ่านแก๊สจะไม่เติมน้ำลงบนถ่านแก๊สมิฉะนั้นจะเกิดปฏิกิริยาและปล่อยแก๊สอะเซทิลีนออกมาสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็วจนไม่มีแก๊ส อะเซทิลีนเหลืออยู่ในบรรยากาศพอที่จะกระตุ้นการสุกของผลไม้ได้ นอกจากนี้ ถ้าใช้ถ่านแก๊สมากเกินไป และผลไม้อยู่ใกล้ห่อถ่านแก๊สมาก ๆ ผลไม้อาจได้รับความร้อนมากและเสียหายได้ เพราะถ่านแก๊สทำปฏิกิริยากับไอน้ำจะปล่อยความร้อนออกมาด้วย (สายชล, 2529) ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่มากจนเกินไป จะส่งผลให้ผลไม้ดูดกลิ่นของถ่านแก๊สทำให้ผลไม้มีกลิ่นผิดปกติและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ คือ ทำให้อาหารเป็นพิษทางเดินหายใจระคายเคืองและอักเสบ เยื่อผุผิวและผิวหนังเป็นแผลไหม้ มีปัญหาการประสานงานของกล้ามเนื้อรวมถึงทำให้ขาดออกซิเจนไปเลี้ยงสมองได้ (Nascimento et al., 2019) และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของ พัชร และสายชล (2551) ศึกษาผลของ 2-chloroethanlphosphonic acid (เอทิฟอน) และแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อการสุกของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการเปลี่ยนสีของเปลือกผล ความแน่นเนื้อของเปลือกผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อัตราการหายใจและ การผลิตเอทิลีนไม่มีความแตกต่าง ระหว่างผลมังคุดที่บ่มและไม่บ่มด้วยเอทิฟอนและแคลเซียมคาร์ไบด์ ดังนั้นเอทิลีนและอะเซตทิลีนไม่มีผลเร่งกระบวนการสุกของผลมังคุด

2.6 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาและยืดอายุการวางจำหน่ายของผลผลิตเพราะอุณหภูมิต่ำลดกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ช่วยให้ผลผลิตยังคงคุณภาพอยู่ได้ แต่การได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอาจทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง (Paull, 1990) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีในการปรับปัจจัยต่าง ๆ รอบผลิตผลเพื่อให้ผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันก็ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตผลนั้น ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกรณีนี้ได้แก่ อุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในผลิตผล ตลอดจนกระบวนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ มีอัตราผันแปรตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงอัตราปฏิกิริยาหรือการเจริญเติบโตก็สูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นและส่งผลให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลทุกชนิดจึงควรเก็บรักษาผลิตผลทุกชนิดจึงควรเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่จะไม่เกิดอันตรายหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษากล้วยอยู่ที่อุณหภูมิ 13 – 14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ จะเก็บรักษาได้นาน 4 – 6 สัปดาห์ หากอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับผลิตผลได้ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (0 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า) น้ำในเซลล์จะแข็งตัว ผลึกของน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ฉีกขาดทำให้เซลล์ตายได้ (จริงแท้, 2545) อายุการเก็บรักษาของกล้วยนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นอย่างมาก ซึ่งมีรายงานของ Siti et al., (2021) รายงานว่าบรรจุภัณฑ์สุญญากาศและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่ำมีแนวโน้มที่จะยืดอายุการเก็บรักษากล้วย กล้วยที่ไม่ได้ปอกยังแสดงให้เห็นว่ามีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ปอกแล้ว เนื่องจากผิวสามารถรักษาความชื้นภายในกล้วยและป้องกันไม่ให้กล้วยแห้งและเน่าเสียเมื่อเวลาผ่านไป และยังมีงานวิจัยของ Youryon and Supapvanich, (2016) ศึกษาคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกล้วยน้ำว้าสุกและกล้วยไข่ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส คงไว้ทั้งสีผิวและเนื้อผลไม้ และชะลอการอ่อนตัวของผลไม้ กล้วยไข่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่ากล้วยน้ำว้า และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถรักษาฟีนอลทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการเก็บรักษา และมีรายงานของ Kondo et al., (2005) รายงานว่าอุณหภูมิต่ำมีผลกระทบต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและแจสโมเนตในผิวของกล้วยและมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไปส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว

2.7 อาการสะท้านหนาว

การเกิดอาการสะท้านหนาวมักเกิดขึ้นได้กับพืชในเขตร้อนทุกชนิด หลายชนิดในเขตกึ่งร้อน และบางชนิดในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว พืชส่วนใหญ่จะแสดงอาการตายของเซลล์ที่ผิว ทำให้มีรอยบุ๋มหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ถ้าเป็นผลไม้อาจทำให้ผลไม้ไม่สุกและเกิดเป็นโรคได้ง่าย อาการสะท้านหนาวนี้จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่สัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ ถ้าอุณหภูมิต่ำมากและสัมผัสอยู่นานอาการก็จะเกิดขึ้นมาก แต่ถ้าอุณหภูมิไม่ต่ำมากและสัมผัสอยู่ไม่นานอาการก็จะน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าปัจจัยทั้งภายในและภายนอกต้นพืชมีผลต่อการเกิดการสะท้านหนาวนี้ เนื้อเยื่อต่างชนิดภายในต้นพืชเดียวกันเกิดอาการได้ไม่เท่ากัน พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันเกิดอาการได้ต่างกัน เนื้อเยื่อชนิดเดียวกันแต่มีอายุไม่เท่ากันก็เกิดอาการไม่เท่ากัน ความชื้นในบรรยากาศและแสงแดดก็มีผลต่ออาการสะท้านหนาว โดยทั่วไปในสภาพความชื้นต่ำหรือเกิดการสูญเสียน้ำมากและสภาพแสงแดดแรงทำให้เกิดอาการนี้มากขึ้น (จริงแท้, 2550)

ห้องเย็นสามารถชะลอการหายใจและกระบวนการเผาผลาญอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่การสุกการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำจนกว่าจะบริโภค อย่างไรก็ตามอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทางเขตร้อนหรือกึ่งเขตร้อน จะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลงเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำ (Paull, 1990) การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Purvis, 2004) อาการสะท้านหนาวเป็นปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญซึ่งลดคุณภาพและความสามารถทางการตลาดของผักและผลไม้ (Mohammed and Barthwaite, 2000) อาการสะท้านหนาวจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชรวมไปถึงความรุนแรง และระยะเวลาของการสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำ (Chaplin et al., 1991) อาการสะท้านหนาวสามารถพัฒนาและแสดงให้เห็นได้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะแสดงอาการชัดเจนเมื่อย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาการที่ปรากฏจะแตกต่างกันตามชนิดและส่วนต่าง ๆ ของพืช (Saltveit and Morris, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 กลไกการเกิดอาการสะท้านหนาว

ระหว่างการพัฒนาของอาการสะท้านหนาวในสภาพอุณหภูมิต่ำ แบ่งออกได้ 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์แรก และเหตุการณ์หลัง ในเหตุการณ์แรกเมื่อพืชสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นภายใน การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นค่อนข้างจะทันทีทันใด และทำให้กระบวนการต่าง ๆ ทางชีวเคมีที่ดำเนินอยู่ภายในพืชผิดปกติไป ส่วนเหตุการณ์หลัง ผลของความผิดปกติในกระบวนการต่าง ๆ ในเหตุการณ์แรกก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์หรือเนื้อเยื่อและนำไปสู่อาการที่สังเกตเห็นได้ เป็นเหตุการณ์ที่ผันแปรตามเวลา ในทั้ง 2 เหตุการณ์นี้ ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในอัตราที่เท่ากันหรือพร้อมกันหรือเป็นสัดส่วนกัน ว่า ถ้าเหตุการณ์แรกมากจะต้องเกิดเหตุการณ์หลังมากตามไปด้วย (จริงแท้, 2550)

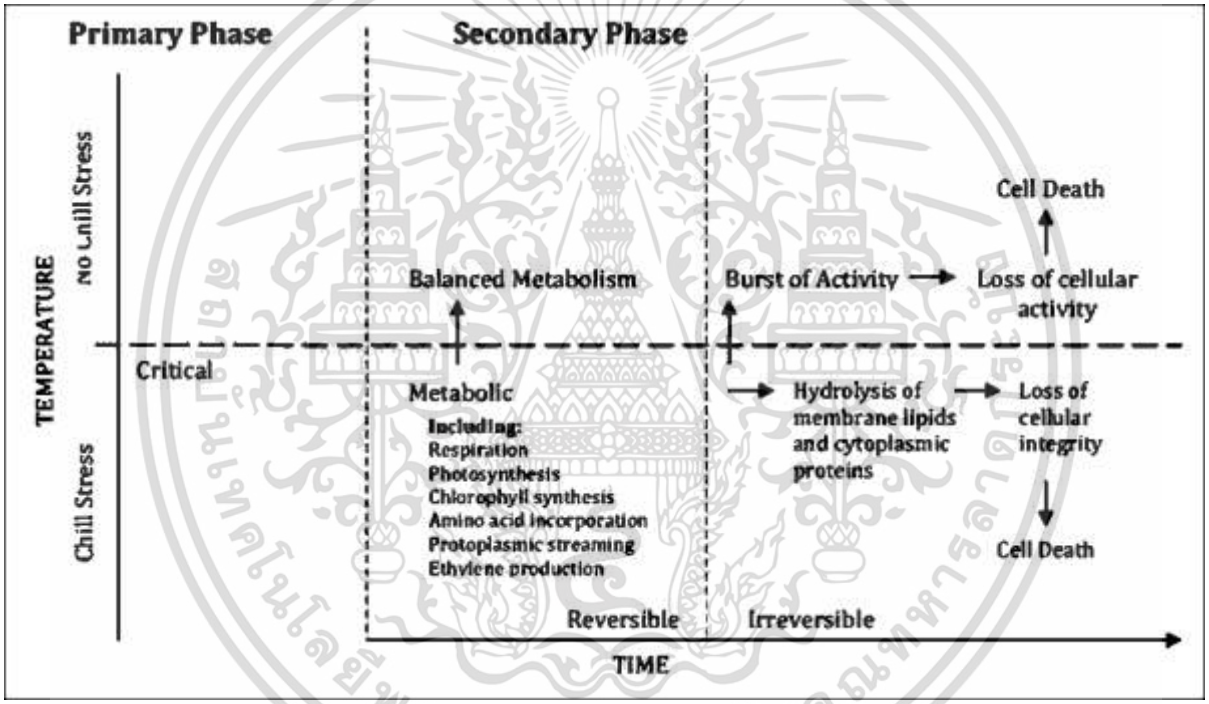

Figure 5. Mechenism of Chilling Injury. (Raison and Orr, 1990)

โครงสร้างของโปรตีนหรือเอนไซม์ในระดับที่สาม (tertiary) สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป จึงเป็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง เอนไซม์ที่สำคัญโดยเฉพาะเอนไซม์ที่ควบคุมกระบวนการต่าง ๆ อาจมีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปทำให้อัตราปฏิกิริยาที่เอนไซม์เหล่านี้กำกับอยู่เปลี่ยนแปลงไปจนทำให้เกิดความเสียหายได้ (จริงแท้, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 อาการสะท้านหนาวและผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์

อาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นในกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (0 – 13 องศาเซลเซียส) กล้วยจะเกิดอาการสะท้านหนาวซึ่งมีอาการเริ่มต้น คือ ผิวกล้วยจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่ออาการรุนแรงขึ้นผิวจะมีสีน้ำตาลเข้ม ไม่สุกและเน่าเสีย (กรมวิชาการเกษตร, 2554) เยื่อหุ้มเซลล์เป็นโครงสร้างแรกที่ได้รับผลกระทบจากอาการสะท้านหนาว (Rui et al., 2010) ที่อุณหภูมิเยือกแข็ง เยื่อหุ้มเซลล์จะเปลี่ยนจากผลึกเหลวที่ยืดหยุ่นไปเป็นโครงสร้างโซลิดเจล (Lyons, 1973) นอกจากนี้อุณหภูมิที่เย็นจัดอาจส่งผลให้เกิดการเกิดออกซิเดชั่นของกรดไขมันในเมมเบรนเพิ่มระดับการอิ่มตัว การสลายตัวของฟอสโฟลิปิด และทำให้ประสิทธิภาพของเมมเบรนลดลง (Lyons, 1973) หากออแกเนลล์สัมผัสกับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานเกินไป เยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดการแตกทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำภายในเซลล์และไอออน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการตรวจวัดปริมาณอิเล็กโทรไลต์รั่ว (Sharom et al., 1994) การรั่วของอิเล็กโทรไลต์เป็นพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิผลในการประเมินการซึมผ่านของเมมเบรน (Marangoni et al., 1996) ในทำนองเดียวกัน Malondialdehyde (MDA) สามารถเป็นพารามิเตอร์ในการวัดการสูญเสียความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์จากไขมันเปอร์ออกซิเดชั่น (Wise and Naylor, 1987) MDA เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของไขมันเปอร์ออกซิเดชั่นและระดับของสารประกอบนี้ถูกใช้เป็นเครื่องหมายของความเครียดออกซิเดชั่น (Hodges et al., 1999)

2.7.3 การป้องกันและการลดอาการสะท้านหนาว

การสะท้านหนาวทำให้เกิดความเสียหายต่อต้นพืชและผลิตผล ดังนั้นวิธีการต่าง ๆ ที่ช่วยลดการสะท้านหนาวได้ จะช่วยลดความเสียหายให้กับเกษตรกรผู้ผลิตตลอดจนพ่อค้าและผู้บริโภค ซึ่งแบ่งวิธีการลดอาการสะท้านหนาวออกเป็น 5 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 เป็นการปรับสภาพแวดล้อมก่อนการเก็บรักษาก่อนที่จะนำผลิตผลไปเก็บรักษายังอุณหภูมิที่เหมาะสมและยืดอายุได้นาน

แนวทางที่ 2 ใช้วิธีการเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลชั่วคราวแล้วลดอุณหภูมิลงต่ำอีกครั้ง ทำให้อาการสะท้านหนาวลดลงได้ดีพอสมควรในหลายพืช

แนวทางที่ 3 เป็นการดัดแปลงบรรยากาศในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลโดยการลดปริมาณออกซิเจนลง หรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งอาจทำได้โดยการห่อหรือใช้สารเคลือบผิว ด้วยวิธีการนี้สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ในผลิตผลหลายชนิด

แนวทางที่ 4 การใช้ฮอร์โมนพืชชนิดต่าง ๆ ทั้ง ABA เอทิลีน polyamine และ methyl jasmonate รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น paclobutrazol มักพบว่าผลิตผลแต่ละอย่างตอบสนองต่อฮอร์โมนเหล่านี้แตกต่างกัน แต่อาจเป็นเพราะฮอร์โมนเหล่านี้ไปเปลี่ยนแปลงกระบวนการสุกของผลไม้หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการเมแทบอลิซึมอื่น ๆ จึงทำให้สภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อของผลิตผลเปลี่ยนไปและอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำน้อยลง

แนวทางที่ 5 การใช้สารเคมีอื่น ๆ ทั้งที่เป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารที่เป็นไขมัน เช่น น้ำมันพืชต่าง ๆ สันนิษฐานเช่นเดียวกันว่าสารต่าง ๆ เหล่านี้เข้าไปเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเยื่อหุ้มต่าง ๆ ภายในผลิตผลทำให้มีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น (จริงแท้, 2550)

2.8 เมทิลจัสโมเนท (MeJA)

เมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate) จัดเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่พืชสร้างขึ้น และเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของราก ความอุดมสมบูรณ์ การสุกของผลไม้ และความชรา ซึ่งยังไปเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่าง ๆ (บุญร่วม, 2557) ซึ่งเมททิลจัสโมเนทยังเป็นฮอร์โมนระเหยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของพืชหลายชนิด (Su-Yan Wang et al., 2021) ซึ่งมีการกระจายตัวกว้างในอาณาจักรพืช แยกได้เป็นครั้งแรกจากสารสกัดจากกลีบดอก Jasminum grandiflorum (ดอกมะลิ) ซึ่งเป็นสารระเหยที่มีกลิ่นหอม โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยวงแหวนไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ คือ กลุ่มคาร์บอนิล (ศีโตน) และกลุ่มเมทิลเอสเตอร์ (กรดคาร์บอกซิลิก) มีคาร์บอนไครัลสองตัว (Martínez-Esplá et al., 2017) นอกจากนี้ MeJA ยังเป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันประเภทหนึ่ง และเรียกโดยรวมว่า Jasmonates (JAs) ในขั้นต้นระบุว่าเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียด Jas ยังมีส่วนร่วมในการควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาที่สำคัญ (Wasternack and Hause, 2013) JAs สามารถกระตุ้นการเปิดปากใบและส่งผลต่อการดูดซึมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และการขนส่งสารอินทรีย์ เช่น เป็นกลูโคสในพืช Induced Systemic Resistance (ISR) ช่วยเพิ่มระบบการป้องกันของพืชโดยการทำงานของ JA (Devendra et al., 2007) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานะโมเลกุลส่งสัญญาณ JAs สามารถเป็นสื่อกลางการตอบสนองต่อความเครียดจากสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการกระตุ้นการแสดงออกของยีน (Gupta et al., 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 การสังเคราะห์ทางชีวภาพและเมแทบอลิซึมของสารประกอบจัสโมเนท

เมทิลจัสโมเนทเป็นสารประกอบจากไซโคลเพนทาที่ได้จากกรดลิโนเลนิกซึ่งมีการกระจายอย่างกว้างขวางในอาณาจักรพืช โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยวงแหวนไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ฟังก์ชั่น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคาร์บอนิล (คีโตน) และกลุ่มเมทิลเอสเทอร์ (กรดคาร์บอกซิลิก) (Creelman and Mullet, 1997) (Figure 6)

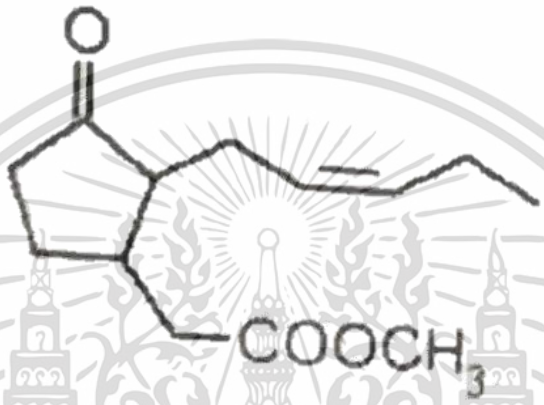

Figure 6. Structure of methyl jasmonate (Jin, 2013)

มีการศึกษาการสังเคราะห์ทางชีวภาพของ JAs ในพืชต้นแบบ Arabidopsis thaliana ใน Arabidopsis มีสามวิถีสำหรับการสังเคราะห์ JAs รวมถึงวิถี octadecanane เริ่มต้นจากกรด α-linolenic acid (18:3) และวิถี hexadecane ที่เริ่มต้นจากกรด hexadecatrienoic acid (16:3) (Chini et al., 2018) ทั้งสามเส้นทางจำเป็นต้องมีจุดเกิดปฏิกิริยาสามแห่ง ได้แก่ คลอโรพลาสต์ เพอรอกซีโซม และไซโตพลาสซึม การสังเคราะห์กรด 12-oxo-phytodienoic acid (12-OPDA) หรือกรด deoxymethylated vegetable dienic (dn-OPDA) จากกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ ซึ่งจากนั้นจะเปลี่ยนเป็น JA ในเปอร์ออกซิโซม ในไซโตพลาสซึม JA ถูกเมแทบอลิซึมเป็นโครงสร้างต่าง ๆ โดยปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ เช่น MeJA, JA-Ile, cis-jasmone (CJ) และ 12-hydroxyjasmonic acid (12-OH-JA) (Chini et al., 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

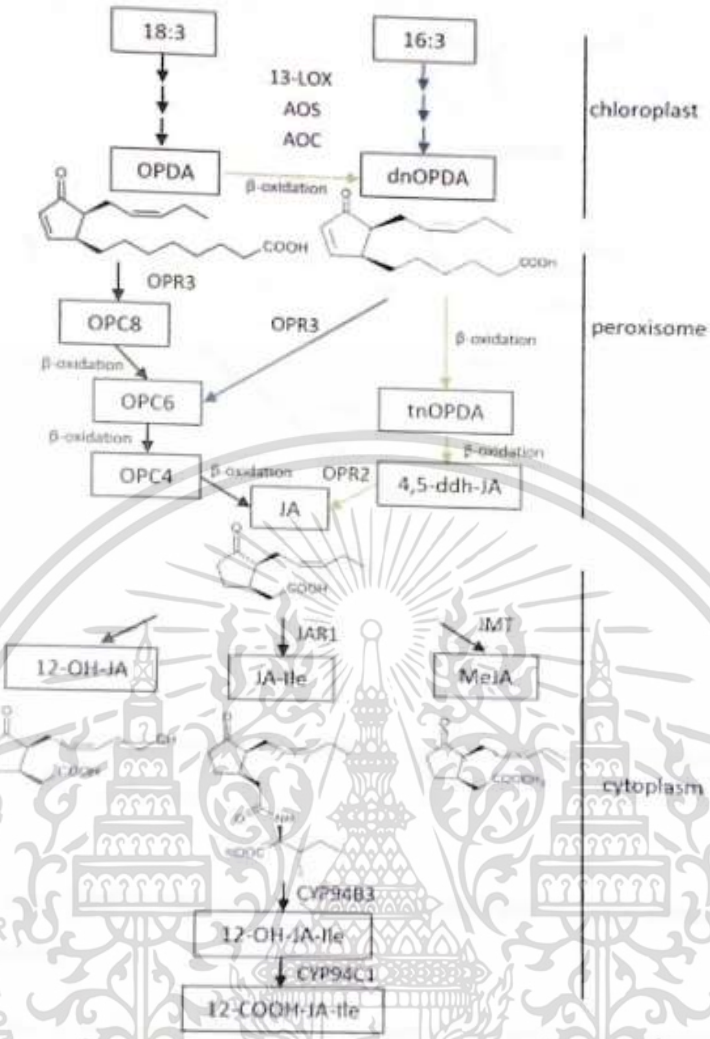

Figure 7. Scheme of the JAs biosynthesis pathway. (Ruan et al., 2019)

นอกจากนี้ ไซโตซอลเมแทบอลิซึมของ JA เปลี่ยนไฟโตฮอร์โมนเป็นอนุพันธ์ที่ออกฤทธิ์และไม่ออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันมากกว่า 30 ชนิด ขึ้นอยู่กับการดัดแปลงทางเคมีของกลุ่มกรดคาร์บอกซิลิก โซ่ด้านเพนเทนนิล หรือวงแหวนเพนทาโนน (Farmer and Ryan, 1990) ในบรรดาสารเมแทบอไลต์ต่าง ๆ นั้น free JA, cis-jasmone, MeJA และ JA-Ile ถือเป็นรูปแบบหลักของ JA ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืช (Fonseca et al., 2009) Cis-jasmone ผลิตโดย decar-boxylation ของ JA carboxyl methyltransferase (Li et al., 2018) Jasmonate amino acid synthetase 1 (JARI) กระตุ้นการแปรผันกลับได้ระหว่าง JA และ JA-Ile (Fonseca et al., 2009) หลักฐานบ่งชี้ว่า JA-Ile เป็นสารประกอบสำคัญในการส่งสัญญาณ JA (Wasternack and Song., 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ผลของการรักษาคุณภาพผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท

การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว อาจแบ่งออกได้ดังนี้

2.8.2.1 บทบาทของเมทิลจัสโมเนทในผลไม้

เมทิลจัสโมเนทมีลักษณะที่ผันผวน และมีความสามารถในการแพร่กระจายผ่านเยื่อชีวภาพ จึงถือเป็นฮอร์โมนพืชที่สำคัญที่สามารถเป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างพืช ปรับการตอบสนองของการป้องกันพืชรวมถึงระบบต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นทางใบของ เมทิลจัสโมเนททำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการแสดงออกของยีนที่ส่งผลต่อการสุกของผลไม้ การผลิตละอองเรณู ตาทางใบยอด และการเจริญเติบโตของขนรากรวมทั้งต้านทานต่อศัตรูพืชและเชื้อโรค การตอบสนองของพืชต่อเมทิลจัสโมเนทได้รับการศึกษาในพืชผลไม้หลายชนิด (Marjorie Reyes-Díaz et al., 2016) เมทิลจัสโมเนทมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะคุณภาพของผัก และผลไม้ หลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบทางเคมี สี และน้ำหนักสด โดยพบว่าหัวผักกาดเมื่อได้รับเมทิลจัสโมเนทมีการสูญเสียน้ำหนักสดลดลง ซึ่งเป็นผลจากการที่เมทิลจัสโมเนทไปทำการยับยั้งการงอกของใบและในเรื่องของการลดคายน้ำ (Wang, 1998)

ในปัจจุบันมีการนำเมทิลจัสโมเนทไปใช้เพื่อรักษาคุณภาพของผลไม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการปลูก ปริมาณ และระยะการรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งในการรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว Saniewsky et al., (1997) พบว่าเมทิลจัสโมเนทสามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนในมะเขือเทศได้ในระยะ preclimacteric แต่จะมีการไปยับยั้งในระยะ postclimacteric ด้วยเช่นกัน Gonzalez-Aguilar et al., (2001) มีการรายงานว่าเมทิลจัสโมเนทสามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงในด้านของความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ Kent ได้ Rudell et al., (2002; 2005) พบว่าการใช้เมทิลจัสโมเนท 0.5 มิลลิโมล ในผลแอปเปิ้ลช่วยในการสังเคราะห์ β-carotene โดยการ ปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่เย็นจัดซึ่งจะช่วยลดความผันผวนของอุณหภูมิ และป้องกันแสงให้ผลไม้ Martínez-Esplá et al., (2014) มีการรายงานผลการใช้เมทิลจัสโมเนทก่อนการเก็บเกี่ยวยังช่วยเพิ่มคุณภาพ ผลไม้ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ *Prunus salicina* (พลัมญี่ปุ่น) ในระหว่างการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนทที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 0.5 มิลลิโมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.2 ลักษณะปรากฏและสี

ลักษณะปรากฏและสีของผลไม้เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกซื้อของผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคใช้สีในการระบุความดิบ หรือความสุกของผลไม้ ซึ่งการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลไม้ โดยมีรายงานว่า MeJA สามารถชะลอและปรับปรุงการพัฒนาสีผิวของผลไม้หลายชนิด เช่น ฝรั่ง และมะละกอ ซึ่งทำให้สีมีการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจาก MeJA ลดการผลิตเอทิลีนและส่งเสริมการกระตุ้นของคลอโรฟิลล์ และยับยั้งการสังเคราะห์คาร์โรทีนอยด์ สาร MeJA ช่วยลดการเกิดสีเหลืองที่เปลือกผลตลอดจนพัฒนาคุณภาพในด้านอื่น ๆ ในผลฝรั่งในระหว่างการศึกษา (Gonzalez-Aguilar et al., 2003; 2004) ตลอดจนช่วยเพิ่มปริมาณ beta-carotene ในแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำสาร n-propyl dihydrojasmonate (PDJ) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสาร jasmonate ที่มีความคงตัวสูงที่อยู่ในรูปของสารละลายมาใช้ในผลแอปเปิ้ลเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสีผิวให้สวยงามและสม่ำเสมอ (Fan and Mattheis, 1999) มีการศึกษาของ Ding et al., (2001) ที่ใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวในผลมะเขือเทศ พบว่าสามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ และช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรด (Martinez and Harper, 2005)

2.8.2.3 กระบวนการหายใจ และกลไกการผลิตเอทิลีน

เนื่องจาก MeJA สามารถชะลอกระบวนการหายใจ และการผลิตเอทิลีนได้ ซึ่ง MeJA มีประสิทธิภาพในการชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และ ACC oxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญต่อการผลิตเอทิลีน และกระบวนการหายใจของผลไม้ (Kondo et al., 2007) ซึ่งมีงานวิจัยที่ใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อชะลอการหายใจและการผลิตเอทิลีน ซึ่ง Saniewsky et al., (1997) ศึกษาผลของการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวผลแอปเปิ้ล ซึ่งสามารถชะลอการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น และพบว่า MeJA สามารถชะลอการผลิตเอทิลีน และกระบวนการสุกของผลมะม่วงมหาชนกได้ (อินทนนท์ และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลออัตราการหายใจ และผลิตเอทิลีนของผลสับปะรดได้เช่นเดียวกัน (Nilprapruck et al., 2008)

2.8.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล และกรด

เนื่องจากผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ยังคงมีกระบวนการหายใจและกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องทำให้คุณภาพด้านต่าง ๆ ยังคงเปลี่ยนไปรวมถึงการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรส ซึ่งถ้าเปลี่ยนแปลงมากเกินไปก็ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้ Gonzalez et al., (2001) พบว่าการใช้ MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 mM ในผลมะม่วงพันธุ์ Kent มีค่า TSS เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจาก MeJA ไปกระตุ้นการทำงานของ sucrose-phosphate synthase ส่งผลให้มีการสังเคราะห์น้ำตาลในผลมะม่วงมากขึ้น นอกจากนั้น Cao et al., (2006) ทำการแช่ผลโลควอทลงใน MeJA ที่ความเข้มข้น 10 µmol/L ซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำตาล และปริมาณกรดภายในผลิตผลมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมเช่นเดียวกัน

2.8.2.5 ความแน่นเนื้อ

เนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ในการคัดเลือกผลไม้ และในระหว่างที่ผลไม้เข้าสู่ระยะการสุกเนื้อสัมผัสของผลไม้จะอ่อนนุ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของผลไม้ได้ ดังนี้ Gonzalez et al., (2001) รายงานว่าการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้น 0.01 mM สามารถรักษาคำความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์ Kent ได้ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kondo and Fukuda, (2001) ที่ใช้ MeJA ในผลองุ่น ที่ความเข้มข้น 0.45 µmol ซึ่งพบว่า สามารถชะลอการลดลงค่าความแน่นเนื้อได้ดีกว่าชุดควบคุม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Zhao et al., (2013) ซึ่งพบว่า MeJA ช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลกล้วยเนื่องจาก MeJA ช่วยยับยั้งเอทิลีน ส่งผลให้ไปยับยั้งการทำงาน ของเอนไซม์ PG, LOX, PME และ cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ และผนังเซลล์

2.8.2.6 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวนอกจากต้องคำนึงถึง ลักษณะภายนอก เช่น ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการรักษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคไว้ให้ได้นานที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนี้ Yao and Tian, (2005) ศึกษาการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยวในผลเชอร์รี่ ที่ความเข้มข้น 0.2 mM พบว่าผลเชอร์รี่มีค่า สารประกอบฟินอล สารประกอบ ฟลาโวนอยด์ และมีค่ากรดแอสคอร์บิก สูงกว่าชุดการทดลองอื่น และการใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น 1 µg/L พบว่าผลลิ้นจี่มีค่าแอนโธไซยานิน และค่า DPPH (DPPH free radical scavenging) สูงกว่าชุดการทดลองอื่น (Yang et al. 2011) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Peng Jin et al., (2009) ศึกษาการใช้ MeJA ในผลท้อ ซึ่งพบว่า การใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น 1 µmol L^{-1} ร่วมกับการใช้ heat treatment ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ SOD, CAT, ascorbate peroxidase และ glutathione reductase ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ที่มีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ และ Gonzalez et al., (2004) ศึกษาการใช้ MeJA ในผลฝรั่ง พบว่า MeJA สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ β-1, 3-glucanase, PAL และ LOX

2.8.2.7 การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ในปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของ MeJA ต่อการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ได้มุ่งความสนใจไปในด้านการศึกษาผลของ jasmonate ต่อการลดการเสื่อมสภาพของผลิตผลเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาหรือวางจำหน่าย ซึ่งได้มีรายงานว่า MeJA และอนุพันธ์อื่น ๆ ของ jasmonate สามารถทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณในระหว่างที่พืชได้รับอันตรายจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุของการเกิดโรคและจากการเกิดบาดแผลต่าง ๆ (Droby et al, 1999) โดยพบว่า MeJA สามารถยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea* ซึ่งทำให้เกิดโรคราสีเทาในผลสตรอเบอรี่ (Moline et al, 2000) องุ่น (Jiang et al., 2015) บลูเบอร์รี่ (Wang et al., 2020) ยับยั้งเชื้อ *Penicillium digitatum* ในผลองุ่นไร้เมล็ด (Droby et al. 1999) ยับยั้งเชื้อ *Botryoshaeria dothidea* (soft rot) ในผลกีวี่ (Pan et al., 2020) ยับยั้งเชื้อ *Colletotrichum musae* (anthracnose) ในกล้วย (Tang et al., 2010; Zhu and Ma, 2007) ยับยั้งเชื้อ *Penicillium expansum* (blue mold decay) ในแอปเปิ้ล (He et al., 2020) ยับยั้งเชื้อ *Colletotrichum gloeosprioides* (anthracnose) ในผรั่ง (Pereira da silva et al., 2017) และลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักชีฝรั่งและพริกหวานได้อีกด้วย (Buta and Moline, 1998) ซึ่งกลไกของ MeJA ในการลดการเน่าเสียของผลิตผลอันเกิดจากโรค อาจเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้พืชสร้างกลไกการป้องกันตัวเองโดยธรรมชาติ (Droby et al, 1999) เช่น การสร้างสาร anthocyanins สารประกอบphenol และ ethylene antagonists เป็นต้น (Gonzalez et al, 2004; Rudell et al, 2005)

2.8.3 การควบคุมการเกิดอาการสะท้านหนาวโดย MeJA

การใช้สารละลาย MeJA ที่เป็นฮอร์โมนพืช พบว่าผลิตผลแต่ละอย่างตอบสนองต่อฮอร์โมนเหล่านี้แตกต่างกัน แต่อาจเป็นเพราะฮอร์โมนเหล่านี้ไปเปลี่ยนแปลงกระบวนการสุกของผลไม้หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมอื่น ๆ จึงทำให้สภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อของผลิตผลเปลี่ยนไปและมีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำน้อยลง ดังที่พบว่าในผลไม้หลายชนิด ระยะเวลาการสุกมีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ภายในผลิตผลมีความแตกต่างกันในแต่ละระยะการสุก ทำให้เกิดอาการสะท้นหนาวไม่เท่ากัน (จริงแท้, 2550) และมีรายงานของ Aghdam and Bodbodak, (2013) รายงานว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นกลยุทธ์หลักที่นิยมใช้หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาผักและผลไม้รวมไปถึงการรักษาคุณภาพ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะลดอัตราการหายใจและลดการเติบโตของโรค เชื้อรา อย่างไรก็ตามผลไม้และผักเขตร้อน หรือกึ่งเขตร้อนจะมีความอ่อนไหวต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้ผักและผลไม้เกิดการบาดเจ็บจากอาการสะท้านหนาว ส่งผลที่ไม่พึงประสงค์ต่อคุณภาพของผลไม้และผัก เช่น การสุกผิดปกติ ผิวเป็นหลุมหรือมีสีน้ำตาล อาการสะท้านหนาวที่บรรเทาด้วยเมทิลจัสโมเนทอาจมาจากการเพิ่มความสมบูรณ์ของเมมเบรนสร้างเสริมการทำงานของระบบต้านอนุมูลอิสระ และการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรม PAL และ PPO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 กล้วยเล็บมือนาง

ผลกล้วยเล็บมือนาง *Musa* (AA Group) 'Kluai Leb Mu Nang' สายพันธุ์ชุมพร 1 โดยระยะเก็บเกี่ยวหลังตัดปลีกล้วยเล็บมือนาง 2 เดือน จากตำบลสลุย อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร ขนส่งถึงอาคารปฏิบัติการหลักสูตรพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

3.1.2 อุปกรณ์

1) เครื่องแก้วในการทดลอง ได้แก่ Test Tube, beaker, Cylinder, Dropper, Glass rod, Glass Cuvette, Pipette, Volumetric Flask, Burette, Tissue Culture Bottle

2) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น BSA2202S บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมัน

3) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น ED224s บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมัน

4) เครื่องวัดสี Chroma meter รุ่น CR-400 บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น

5) Homogenizer รุ่น X10/25 บริษัท Astral ประเทศเยอรมัน

6) Vortex mixer รุ่น SA8 บริษัท Stuart ประเทศจีน

7) Visible spectrophotometer รุ่น T60 บริษัท PG Instruments Limited สหราชอาณาจักร

8) TA.XT. plus100C Texture Analyser

9) Refractometer รุ่น PAL-1

10) อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 สารเคมี

1) Distilled water

2) Sodium hydroxide

3) Phenolphthalein

4) Metaphosphoric acid

6) Thiourea

7) 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNP)

8) Sulfuric acid

9) 2,6-Dichlorophenol indrophenol

10) Folin-ciocalteu reagent

11) Sodium Carbonate

12) Methanol

13) Aluminum chloride

14) Sodium nitrite

15) 2,2-Diphenyl-1-picnylhycrazyl

16) Sodium Acetate hydrate

17) Acetic acid

18) 2,4-6-Tris (2-pyridyl)-s-Triazine

19) Hydrochloric acid

20) Ferric chloride

21) Methyl jasmonate (MeJA)

22) Ethephon

23) Deionized water (DI)

24) Trichloroacetic acid (TCA)

25) Thiobarbituric acid (TBA)

26) Tris-HCL

27) Perchloric

28) Anthrone reagent

29) Sulphuric acid

30) Sodium nitrite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมกล้วยเล็บมือนาง

นำกล้วยเล็บมือนางมาทำการแบ่งออกจากเครือกล้วย โดยนำหวีบนสุดและท้ายสุดออก แล้วใช้หวีกลาง แล้วทำการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปาหลังจากนั้นทำการแบ่งผลเป็น 3 ผล แล้วนำผลกล้วยเล็บมือนางที่แบ่งเสร็จแล้วมาผึ่งให้แห้งก่อนทำการทดสอบ

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

นำกล้วยเล็บมือนางที่เตรียมไว้ ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (3 ลูก/1 ซ้ำ) หลังจากนั้นนำมาแช่เมททิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่เมททิลจัสโมเนท)

วิธีการที่ 2 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมล เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการที่ 3 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมล เป็นเวลา 30 นาที

วิธีการที่ 4 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการที่ 5 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล เป็นเวลา 30 นาที

หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำมาทดสอบอาการสะท้านหนาวที่พบบนเปลือกของกล้วยเล็บมือนางโดยการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวบริเวณเปลือก
2. การสูญเสียน้ำหนัก
3. ค่าสี
4. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric reducing antioxidant potential (FRAP)
5. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH free radical scavenging activity (DPPH)
6. ปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)
7. การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage ; EI)
8. ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)
9. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

นำกล้วยเล็บมือนางที่เตรียมไว้ ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (3 ลูก/1 ซ้ำ) หลังจากนั้นนำมาแช่เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 บ่มด้วยเอทิฟอน (ไม่แช่เมทิลจัสโมเนท)

วิธีการที่ 2 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมล เป็นเวลา 30 นาที บ่มด้วยเอทิฟอน

หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เก็บผลเป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 วัน ก่อนนำมาทดสอบในส่วนของเนื้อกล้วยเล็บมือนางโดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. คะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก
2. การสูญเสียน้ำหนัก
3. ค่าสี
4. ความแน่นเนื้อ
5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด
7. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP
8. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH
9. ปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)
10. ปริมาณ Total flavonoid content (TFC)
11. การวิเคราะห์ปริมาณแอสคอร์บิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

นำกล้วยเล็บมือนางที่เตรียมไว้ ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (3 ลูก/1 ซ้ำ) หลังจากนั้นนำมาแช่เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่เมทิลจัสโมเนท ทำการบ่มด้วยเอทิฟอน)

วิธีการที่ 2 แช่เมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมล เป็นเวลา 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน

หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน แล้วนำมาทำการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm ก่อนนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เมื่อกล้วยเล็บมือนางสุกนำเปลือกของกล้วยเล็บมือนางมาทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวบริเวณเปลือก
2. การสูญเสียน้ำหนัก
3. ค่าสี
4. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP
5. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH
6. ปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)
7. การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage ; EI)
8. ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)
9. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การบันทึกผล

3.4.1 คะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก

การเปลี่ยนแปลงของผิวเปลือก (Browning index) โดยการให้คะแนนสำหรับการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือกตามวิธีการของ Mirshekar et al, (2011) โดยคะแนนมีดังนี้

1 คะแนน = ไมเกิดรอยคล้ำ

2 คะแนน = เกิดรอยคล้ำ (ความเสียหาย น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์)

3 คะแนน = เกิดรอยคล้ำ (ความเสียหาย ระหว่าง 10 - 25 เปอร์เซ็นต์)

4 คะแนน = เกิดรอยคล้ำ (ความเสียหาย ระหว่าง 25 - 50 เปอร์เซ็นต์)

5 คะแนน = เกิดรอยคล้ำ (ความเสียหาย มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์)

มีผู้ทดสอบที่ผ่านการอบรมการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือกของกล้วย ทำการทดสอบจำนวน 5 คน

3.4.2 คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว

การประเมินอาการสะท้านหนาว โดยการให้คะแนนแล้วคำนวณดัชนีการเกิดอาการสะท้านหนาว ดัดแปลงมาจาก Chidrsgool et al, (2011) แบ่งออกเป็น 5 ระดับคะแนน ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ดังนี้

1 = ผิวเปลือกไม่มีอาการ

2 = เกิดอาการที่ผิวเปลือกน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

3 = เกิดอาการที่ผิวเปลือก 11 - 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

4 = เกิดอาการที่ผิวเปลือก 26 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

5 = เกิดอาการที่ผิวเปลือกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

นำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาทำการคำนวณแยกกันเป็นดัชนีการเกิดอาการสะท้านหนาว (Concellon et al, 2004) ดังสูตร

$$\text{ดัชนีการเกิดอาการสะท้านหนาว} = \frac{\text{ระดับคะแนน x จำนวนผลที่เกิดอาการที่ระดับคะแนนนั้น}}{\text{จำนวนผลทั้งหมดใน Treatment}}$$

มีผู้ทดสอบที่ผ่านการอบรมการเกิดอาการสะท้านหนาวของกล้วย ทำการทดสอบจำนวน 5 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การสูญเสียน้ำหนัก

ทำการเก็บข้อมูลโดยจะเก็บน้ำหนักของตัวอย่างวันแรก และน้ำหนักของกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษา และนำค่ามาคำนวณดังสมการ

$$\text{weight loss (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่าง ณ วันเก็บข้อมูล}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3.4.4 ค่าสี

วัดค่าสีเปลือกของกล้วยเล็บมือนาง โดยวัดตรงบริเวณกลางผล และวัดด้านเดียวของผลกล้วยเล็บมือนาง ด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น รุ่น CR-400 ค่าสีในการทดลองรายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* (Wang et al., 2006)

3.4.5 ความแน่นเนื้อ

ทำการวัดความแน่นเนื้อของกล้วยเล็บมือนางบริเวณกลางผล โดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA.XT. plus100C ขนาด 1,000 กรัม หัววัดรูปทรงกระบอก (P/6) ลึกลง 0.5 มิลลิเมตร แรงกด 1,000 กรัม รายงานค่าแรงกดสูงสุดเป็นนิวตัน

3.4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมด้วยน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยการ Homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกแล้ววัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer รุ่น PAL-1 รายงานค่าเป็นเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (% Brix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ทำการหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีการของ Dobois et al. (1956) โดยการเตรียมตัวอย่างเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 2 กรัม ทำการบดให้ละเอียดด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำไปกรอง และนำสารสกัด 0.25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรกับน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดมา 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ 5 เปอร์เซ็นต์ Phenol ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร และ Sulfuric acid ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำเขย่าและตั้งทิ้งไว้อีก 20 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส แสดงผลปริมาณน้ำตาลในหน่วย µg sugar/ g fresh

3.4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

การสกัดสารจากกล้วยเล็บมือนางโดยใช้ ตัวอย่างกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมกับ 5 เปอร์เซ็นต์ Methanol ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลอง โดยนำสารสกัดจากกล้วยเล็บมือนาง ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันพร้อมกับเขย่า แล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร จากนั้นเตรียมสาร Trolox ให้มีความเข้มข้น 25 50 100 300 500 และ 800 ไมโครลิตร นำมาวัดค่าการดูดกลื่นแสงด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร (Benzie and Strain, 1996 ; Supapvanich et al., 2012)

3.4.9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

การสกัดสารจากกล้วยเล็บมือนางโดยใช้ ตัวอย่างกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมกับ 5 เปอร์เซ็นต์ Methanol ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก จากนั้นนำสารสกัดจากกล้วยเล็บมือนาง ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมกับ 1 มิลลิโมลาร์ DPPH solution ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ทันทีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่า A_0 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ได้ค่า A_{30} แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ตามสูตร (Supapvanich et al., 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPPH radical scavenging activity (%) = $[(A_0 - A_{30}) / A_0] \times 100$

A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 0 นาที

A_{30}= ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 30 นาที

3.4.10 ปริมาณ Total phenolic compound content (TPC)

การสกัดสารจากกล้วยเล็บมือนางโดยใช้ ตัวอย่างกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมกับ น้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก จากนั้นนำสารสกัดจากกล้วยเล็บมือนาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสาร 10 เปอร์เซ็นต์ Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากัน รอ 30 นาที เติม 7.5 เปอร์เซ็นต์ $NaCO_3$ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากัน วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (Supapvanich et al., 2012)

3.4.11 ปริมาณ Total flavonoid content (TFC)

การสกัดสารจากกล้วยเล็บมือนางโดยใช้ ตัวอย่างเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมกับ 5 เปอร์เซ็นต์ Methanol ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกจากนั้นนำสารสกัดจากกล้วยเล็บมือนาง ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร เติม $NaNO_2$ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 5 นาที เติม $AlCl_3$ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร จากนั้นเติม NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากันจากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Slinkard et al., 1997; Supapvanich et al., 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.12 การวิเคราะห์ปริมาณแอสคอร์บิก

ตามวิธีการของ Roe et al., (1948) โดยนำตัวอย่างเนื้อกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม บดให้ละเอียดด้วย 5 เปอร์เซ็นต์ Metaphosphoric acid ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรอง และนำสารสกัดปริมาตร 8 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ 2 เปอร์เซ็นต์ 2,6-dichlorophenol indophenol ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร 2 เปอร์เซ็นต์ Thiourea ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 1%2,4-dintrophenol (DPN) ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และนำไปต้มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นเติม 85 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก

3.4.13 การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage ; EI)

ตัดเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 10 ชิ้นด้วย Cork borer ล้างชิ้นเปลือกกล้วยเล็บมือนางด้วยน้ำ Deionized water (DI) วางบนกระดาษกรองเพื่อซับให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก นำไปแช่ในน้ำ DI ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็คโทรไลต์ด้วยเครื่องการนำไฟฟ้าในน้ำ จากนั้นนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ด้วยเครื่องการนำไฟฟ้าในน้ำอีกครั้ง (Promyou et al., 2012)

3.4.14 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

ชิ้นส่วนเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 5 กรัม ผสมกับสารละลาย Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง Homogenizer แล้วนำไป ปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Malondialdehyde (MDA) โดยนำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองจากนั้นเติมสารละลาย Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมกับสารละลาย Thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วจึงนำไปตั้งไว้ใน Water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำแข็งทันที นำไปวิเคราะห์ปริมาณ Malondialdehyde โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร (Wang et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.15 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

การสกัดกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ชิ้นส่วนเปลือกกล้วยเล็บมือนาง 10 กรัม ใส่ใน Conical tube เติมสาร PVP 0.5 กรัม เติมสาร Tris-HCL buffer pH 8.4 ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง Homogenizer แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที นำไปวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์

เตรียมสารละลาย reaction (เติมสารลงในหลอดทดลอง) ประกอบด้วยสารละลาย 100 มิลลิโมล Sodium phosphate buffer pH 6 ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร ผสมกับ Substrate ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมตัวอย่างเอนไซม์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปวิเคราะห์ที่เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร (Wang et al., 2006)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการคำนวณความแตกต่างทางสถิติ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการโดยใช้ SPSS สำหรับ Microsoft Windows เวอร์ชั่น 26

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการเกษตร หลักสูตรพืชสวน และห้องปฏิบัติการกลางวิทยาศาสตร์ (เคมีและชีววิทยา) อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนพรรษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

4.1.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว

ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนางและคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (Figure 4.1 และ 4.2) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่ากล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM ที่ระยะเวลาแช่ 15 นาที เริ่มมีการแสดงอาการสะท้านหนาวภายหลังเก็บรักษา 15 วัน โดยมีสีเปลือกเป็นสีน้ำตาล ขั้วผลเหี่ยว และผิวผลเกิดการยุบตัว ซึ่งภายหลังเก็บรักษา 15 และ 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที ยังสามารถคงลักษณะปรากฏที่ดีกว่าชุดควบคุม และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของกล้วยเล็บมือนางได้ ส่วนคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (Figure 4.2) มีผลไปในทิศทางเดียวกับลักษณะปรากฏ คือ กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที มีคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งความรุนแรงของความผิดปกติที่ผิวเปลือกของกล้วยเล็บมือนางเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เป็นผลมาจากการเก็บรักษาผลไม้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งเป็นเวลานาน (Paull and Rohrbach, 1985) โดยลักษณะอาการสะท้านหนาวจะเกิดจากการตายของเซลล์ที่ผิว ทำให้เกิดรอยบุ๋มหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (จริงแท้, 2550) ส่วนสารละลาย MeJA เป็นฮอร์โมนพืชที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสุกของผลไม้หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมอื่น ๆ จึงทำให้สภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อของผลิตผลเปลี่ยนแปลงไปและอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำน้อยลง (จริงแท้, 2550) และมีรายงานของ Wang et al., (2019) รายงานว่าสารละลาย MeJA สามารถบรรเทาอาการสะท้านหนาวได้ นอกจากนี้สารละลาย MeJA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีผลช่วยรักษาลักษณะปรากฏที่ดี (González-Aguilar et al., 2004) และมีการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหน้าวได้ เช่น พริกหยวก (Wang et al., 2019) มะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Siboza et al., 2017) มะม่วง (Mustafa et al., 2018) ส้ม (Rehman., 2018) และสับปะรด (Sangprayoon et al., 2019) จากผลการศึกษาและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที สามารถรักษาลักษณะปรากฏที่ดีของกล้วยเล็บมือนางได้ และมีคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น

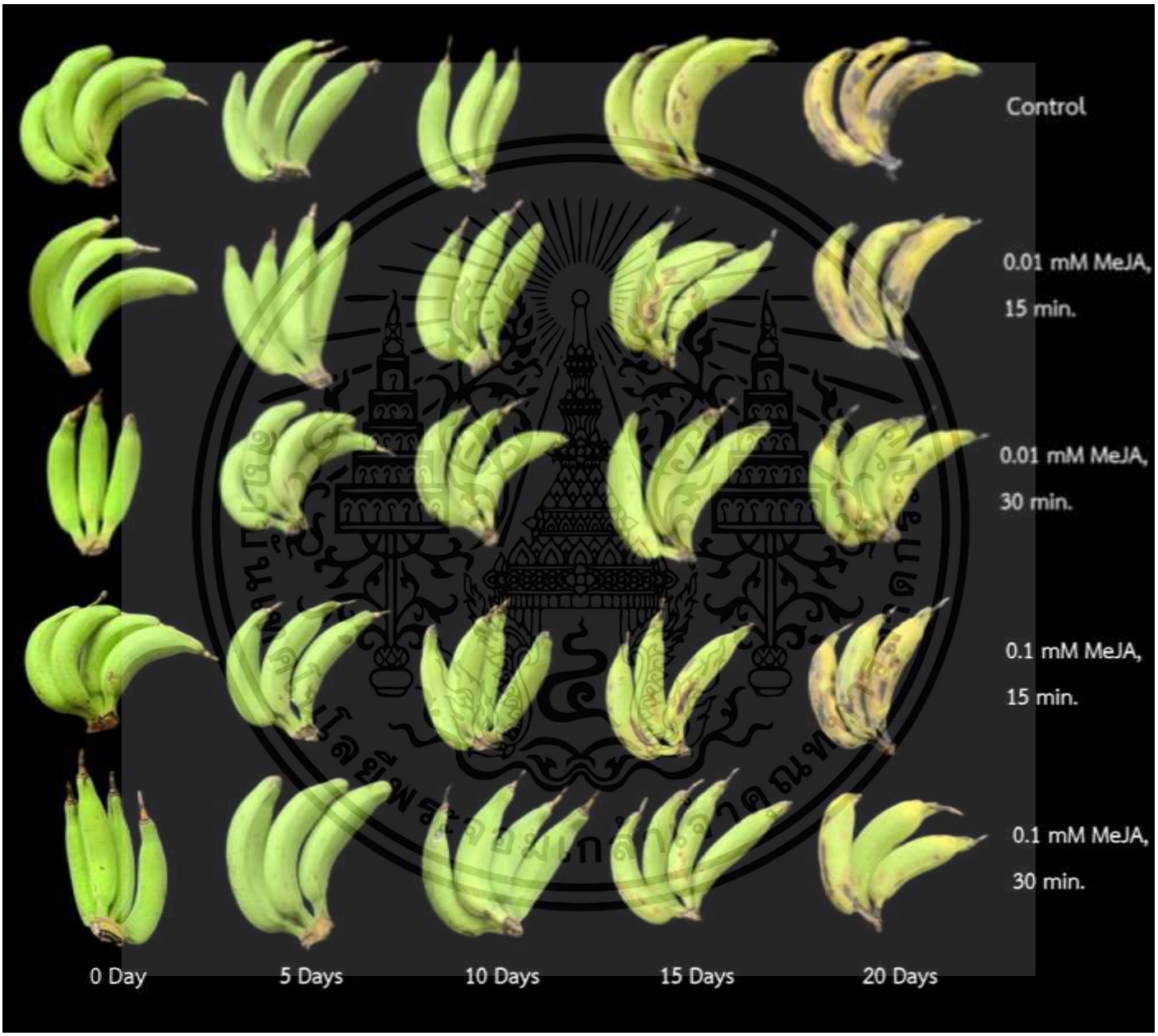

Figure 4.1 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 °C for 20 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

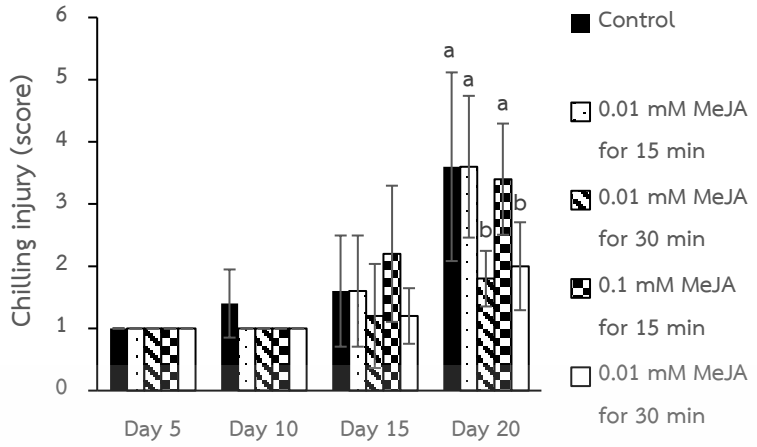

Figure 4.2 Chilling injury score of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 °C for 20 days.

4.1.2 ค่าสี

ค่าสี (Figure 4.3) เป็นลักษณะปรากฏที่บ่งบอกถึงคุณภาพของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่ง Figure 4.3 (A) แสดงค่าความสว่าง (*L**) พบว่า มีค่า *L** เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน ชุดควบคุมมีค่า *L** ลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมเกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุดทำให้สีของเปลือกมีสีที่คล้ำขึ้นส่งผลให้มีค่า *L** ลดลง ส่วน Figure 4.3 (B) แสดงค่าความเป็นสีเขียว (*-a**) พบว่า กล้วยเล็บมือนางมีค่า *-a** ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และภายหลังเก็บรักษา 20 วัน ทุกวิธีการพบว่ามีค่า *–a** ลดลง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และ Figure 4.3 (C) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่า กล้วยเล็บมือนางมีค่า *b** เพิ่มขึ้นตลอดระเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กล้วยเป็นผลไม้ประเภท Climacteric fruit ซึ่งเมื่อผลบริบูรณ์จะมีการสร้างเอทิลีนและการหายใจสูงขึ้น (จริงแท้, 2549) การเปลี่ยนสีของผลไม้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ตามธรรมชาติที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด แต่ส่วนใหญ่การเปลี่ยนสีของผลไม้มักเกิดขึ้นเมื่อผลไม้เริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก (จริงแท้, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Youryon and Supapvanich, (2017) พบว่ากล้วยเล็บมือนางมีค่าความเป็นสีเขียวลดลงและมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนาง จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *a** ส่วนค่า *L** มีแนวโน้มในการชะลอการเพิ่มขึ้น และค่า *b** มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยว ช่วยชะลอชะลอการลดลงของค่า *L** ของผลมะม่วงพันธุ์ Kent (Gonzalez et al., 2001) และการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกของมะละกอ (Gonzalez et al., 2003) ผลฝรั่ง (Gonzalez et al., 2004) และผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ลได้ (พัฒนศักดิ์, 2558)

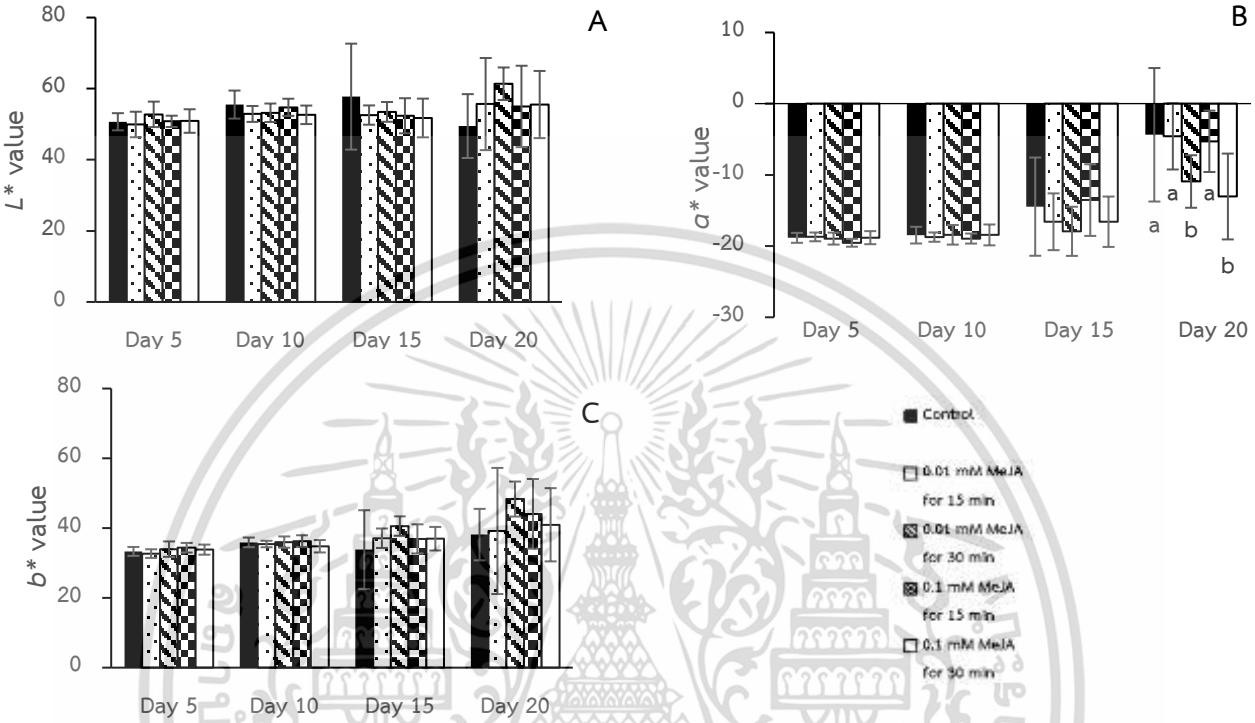

Figure 4.3 Changes of peel color values, *L** (A), *a** (B) and *b** (C), of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

4.1.3 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนัก (Figure 4.4) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการทดลองมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการสูญเสียน้ำหนัก ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (ไกรยศ และกัญญารัตน์, 2562) สอดคล้องกับรายงานของ Chaishome et al., (2019) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของสับปะรดได้ดีกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MeJA ยังสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักในผลมะเขือเทศ (Ding, 2001) ผลแอปเปิ้ล (Fan and Mattheis, 1999) และผลมะละกอ (Gonzalez et al., 2003) แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที มีแนวโน้มที่จะสามารถชะลออัตราการสูญเสียน้ำหนักของกล้วยเล็บมือนางที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้

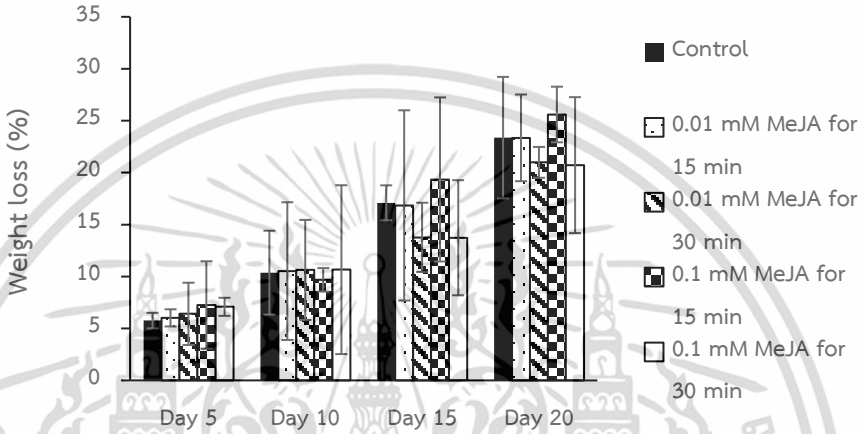

Figure 4.4 Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 °C for 20 days.

4.1.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 4.5 และ 4.6) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 4.5) ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 4.6) พบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ภายหลังเก็บรักษา 10 และ 15 วัน สามารถกระตุ้นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) และภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 15 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) อนุมูลอิสระไม่ใช่เพียงของเสียที่เป็นผลพลอยได้จากเมแทบอลิซึมและก่อให้เกิดการชรา แต่อาจถูกสร้างหรือผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ โดยเฉพาะในการเป็นสัญญาณอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (จริงแท้, 2550) ซึ่งการใช้สารละลาย MeJA ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น (Wang et al., 2019) สอดคล้องกับรายงานของ Cao et al., (2009) รายงานว่าสารละลาย MeJA มีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น และกล้วยเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (Bennett et al., 2010) จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA สามารถกระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้

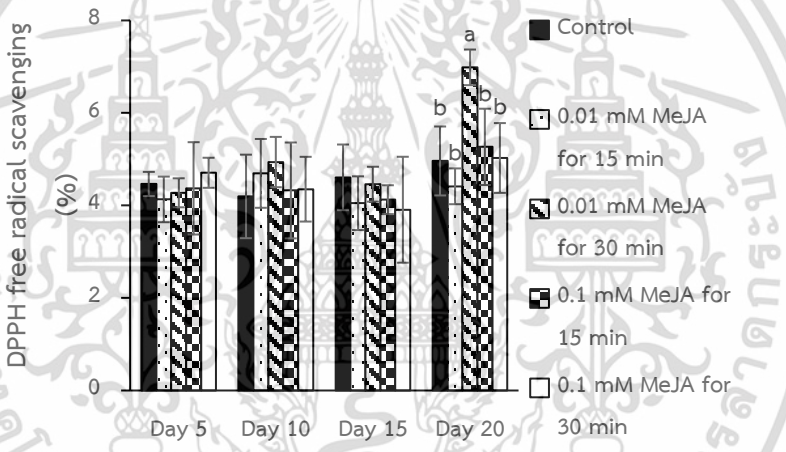

Figure 4.5 DPPH free radical scavenging of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

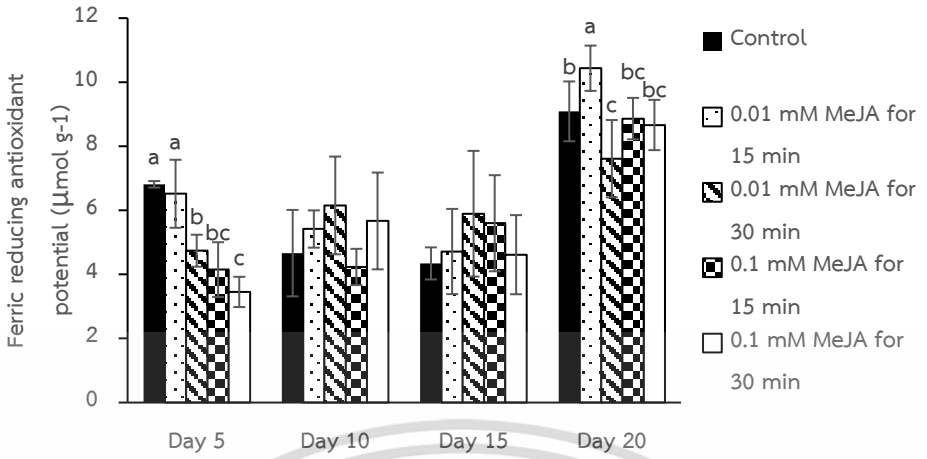

Figure 4.6 Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Figure 4.7) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 10 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีปริมาณฟินอลิกทั้งหมดสูงที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 15 นาที มีปริมาณสารประกอบฟินอลิกสูงที่สุด และกล้วยเล็บมือนางวิธีการอื่นมีปริมาณสารประกอบฟินอลิกสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สารประกอบฟีนอลิกมีพบแพร่หลายมากในพืชทั้งชนิดและปริมาณ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม (จริงแท้, 2550) ซึ่งมีรายงานของ Youryon and Supapvanich, (2016) รายงานว่ากล้วยไข่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้ Rudell et al., (2002) ยังพบว่าการใช้สารละลาย MeJA ในผลท้อสามารถชักนำให้เกิดการสะสมของปริมาณสารประกอบฟีนอลส่งผลให้เกิดการทนต่ออาการสะท้านหนาว และมีรายงานของ Zang et al., (2006) รายงานว่าการใช้ MeJA ในสตรอเบอรี่สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าชุดควบคุม และยังมีรายงานของ Sangprayoon et al., (2019) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA สามารถกระตุ้นให้เกิดการสะสมของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

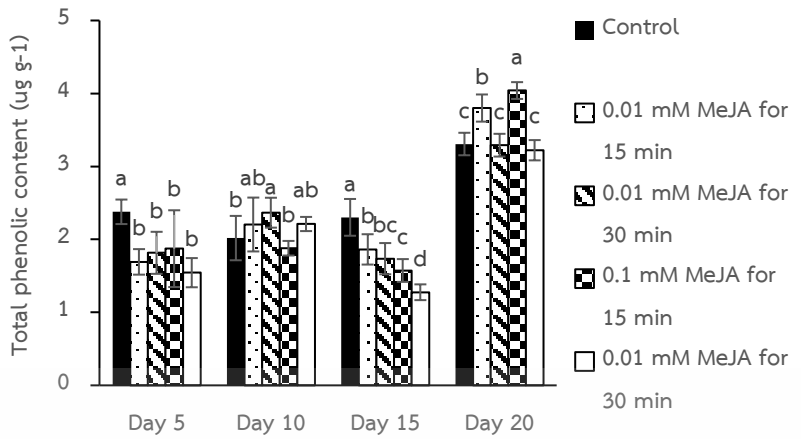

Figure 4.7 Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

4.1.5 อัตราการรั่วไหลของประจุ (El) และปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

อัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ Malondialdehyde (MDA) (Figure 4.8 และ 4.9) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งอัตราการรั่วไหลของประจุ (Figure 4.8) พบว่า ภายหลังเก็บรักษา 15 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่ MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีอัตราการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนปริมาณ MDA (Figure 4.9) พบว่าทุกวิธีการทดลองมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM นาน 30 นาที มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA ช้าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้อัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น (Youryon et al., 2018) และเมื่อเก็บรักษาพืชผักผลไม้ในอุณหภูมิต่ำนานเกินไป มักก่อให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งตัวบ่งชี้ (indicator) ถึงอาการสะท้านหนาวมีหลายชนิด เช่น ปริมาณ malondialdehyde (MDA) และอัตราการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage; EL) (จริงแท้, 2550 ; Shewfelf and del Rosario, 2000) และมีรายงานของ Sangprayoon et al., (2019) ศึกษาการใช้ MeJA ลดอาการการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี พบว่าการใช้ MeJA ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมล นาน 3 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณ MDA ได้ อาจเนื่องมาจากสารละลาย MeJA สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในผักและผลไม้ได้ โดยสารละลาย MeJA สามารถป้องกันเซลล์เมมเบรนโดยไปลดอัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ MDA (Gonzalez-Aguilar et al., 2000) จากการผลการทดลองและงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM นาน 30 นาที สามารถชะลออัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ MDA ได้

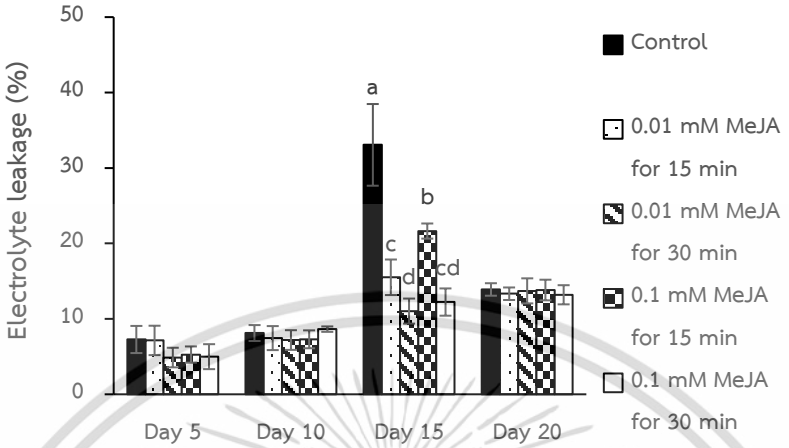

Figure 4.8 Electrolyte leakage of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

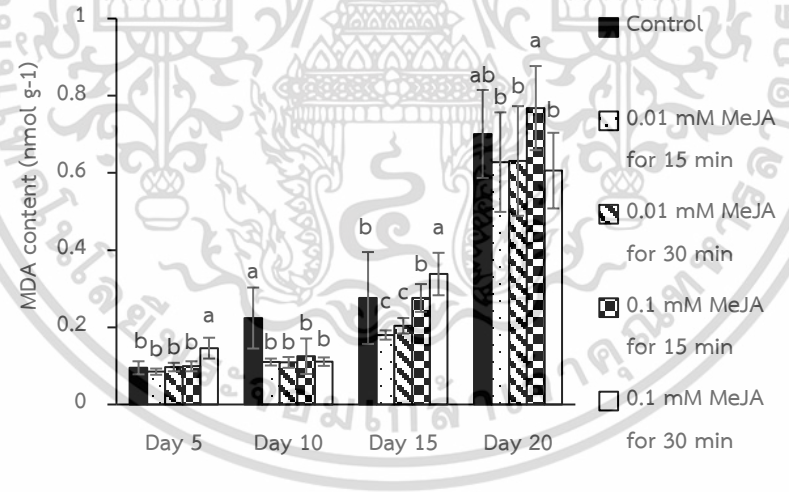

Figure 4.9 Malondialdehyde content (MDA) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 ℃ for 20 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

กิจกรรมเอนไซม์ LOX (Figure 4.10) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย MeJA) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่ด้วยสารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 15 และ 30 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่าภายหลังเก็บรักษา 15 และ 20 วัน กล้วยเล็บมือนางชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ LOX สูงที่สุด ในขณะที่กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีกิจกรรมเอนไซม์ LOX ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ซึ่งเมทิลจัสโมเนทเป็นสัญญาณโมเลกุลขนาดเล็กในพืชที่สามารถป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Fallik, 2004) โดยเมื่อได้รับสารละลายเมทิลจัสโมเนทเซลล์พืชจะกระตุ้นกลไกการป้องกันซึ่งถูกผลิตมาจากเมทาบอลิซึมขั้นที่สอง (Pauwels et al., 2008) และส่งสัญญาณการแสดงออกการสะสมของยีนที่จะเกี่ยวข้องกับการลดลงของอาการสะท้านหนาว เช่น ในผลมะเขือเทศ และพริกหวาน (Meir et al., 1996 ; Ding et al., 2001, 2001 ; Fung et al., 2004) และมีการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานของ Glowacz et al., (2017) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถลดกิจกรรม lipoxygenase ได้ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวจากกรดไขมันไม่อิ่มตัว และยังมีรายงานของ Lin et al., (2022) รายงานว่ากิจกรรมเอนไซม์ LOX จะสูงขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิต่ำ แต่การใช้ MeJA ส่งผลให้การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ LOX ช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gonzaalez-Aguilar et al., (2004) รายงานว่าสารละลาย MeJA ช่วยลดกิจกรรมเอนไซม์ LOX ในผลฝรั่งได้ จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที สามารถลดการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ lipoxygenase ได้ และกิจกรรมเอนไซม์ LOX เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว หากกิจกรรม LOX ลดลง แสดงให้เห็นว่าอาการสะท้านหนาวก็ลดลงเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองที่ 2 และ 3 จึงเลือกใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มาทำการศึกษา เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยนำมาศึกษาร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (แสดงในข้อที่ 4.2) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (แสดงในข้อที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

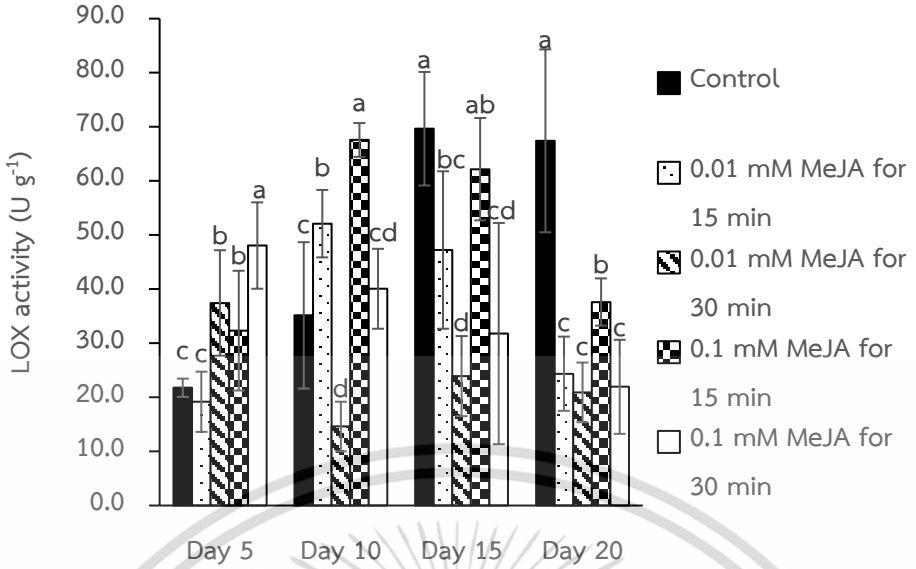

Figure 4.10 Lipoxygenase (LOX) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 minute at 13 °C for 20 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

4.2.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก

ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนางและคะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก (Figure 4.11 และ 4.12) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง (Figure 4.11) พบว่ากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการทดลองมีการสุกที่สม่ำเสมอกัน และเริ่มสุกงอมภายหลังเก็บรักษา 6 วัน ส่วนคะแนนการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือก (Figure 4.12) พบว่ากล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) เริ่มมีลักษณะรอยคล้ำบริเวณเปลือกภายหลังเก็บรักษา 2 วัน ในขณะที่กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน เริ่มมีรอยคล้ำบริเวณเปลือกภายหลังเก็บรักษา 6 วัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากสารละลาย MeJA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีผลช่วยรักษาลักษณะปรากฏที่ดี (González-Aguilar et al., 2004) และสารละลาย MeJA เป็นฮอร์โมนพืชที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสุกของผลไม้ (จริงแท้, 2550) และมีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ทำการศึกษาโดยการใช้สารละลาย MeJA ต่อการสุกของผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล (Li et al., 2006) บลูเบอร์รี่ (Wang et al., 2018) แบล็คเบอรี่ (Blanch et al., 2011) องุ่น (Modesti et al., 2018) ลูกพีช (Yu et al., 2016) มะเขือเทศ (Min et al., 2018) อะโวคาโด (Glowacz et al., 2017) และมะละกอ (Gonzalez-Aguilar et al., 2003) ซึ่งรายงานว่า MeJA มีส่วนช่วยในเรื่องการสุกของผลไม้ได้ จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีแนวโน้นที่จะสามารถช่วยลดการเกิดรอยคล้ำบริเวณเปลือกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

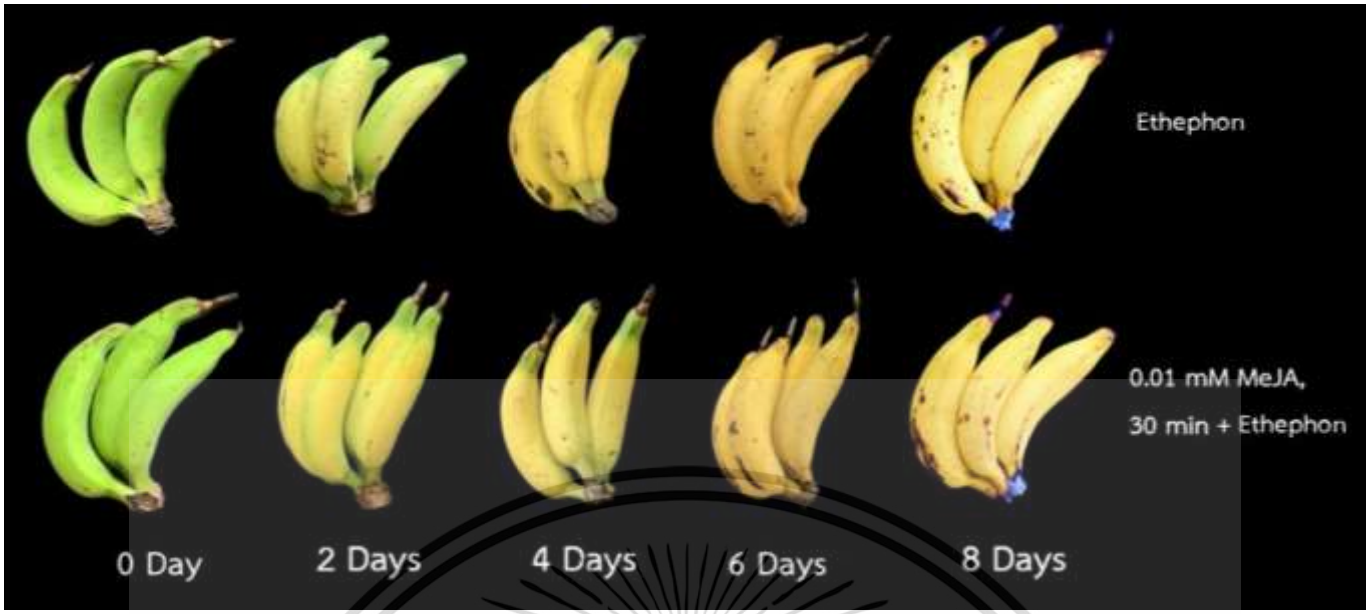

Figure 4.11 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

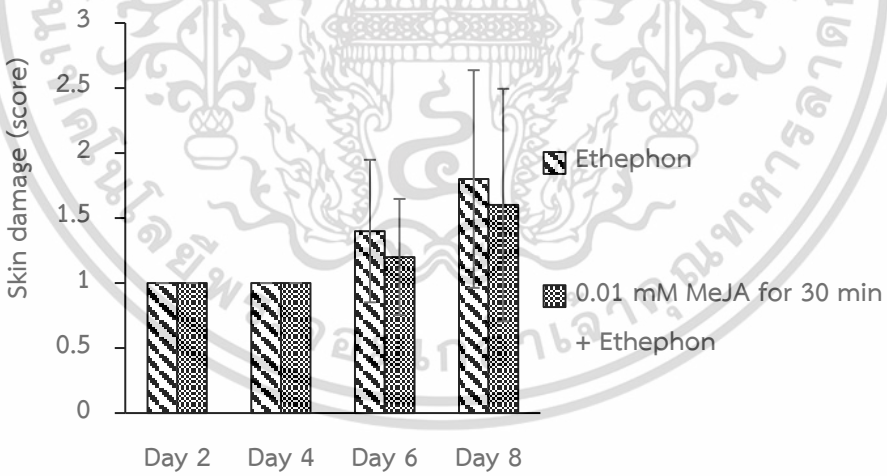

Figure 4.12 Skin damage score of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก และความแน่นเนื้อ

การสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อ (Figure 4.13 และ 4.14) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งการสูญเสียน้ำหนัก (Figure 4.13) พบว่าทุกวิธีการมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนความแน่นเนื้อ (Figure 4.14) พบว่าทุกวิธีการมีการลดลงของความแน่นเนื้อตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (ไกรยศ และกัญญารัตน์, 2562) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อยังเป็นผลมาจากการคายน้ำและการสุกของผลไม้ (ดนัย, 2535) ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลง ผลิตผลมีความอ่อนนิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นนำไปสู่การเสื่อมสภาพ (senescence) เป็นช่วงที่เซลล์ของผลิตผลเกิดการตาย เนื้อเยื่อเหล่านี้จะนิ่ม เละ หรืองอมตามธรรมชาติ (Siripanich, 2006) และมีรายงานของ Li et al., (2006) รายงานว่ากล้วย ‘Baxi’ (กลุ่ม Musa spp. AAA) มีความแน่นเนื้อที่ลดลงระหว่างการสุก นอกจากนี้ยังมีรายงานของ ศลิษา และมยุรี, (2562) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ และมีงานวิจัยก่อนหน้านี้มากมายที่รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อได้ เช่น ลูกแพร์ (Chen et al., 2019 ; Qin et al., 2017) สตรอเบอร์รี่ (De la pena et al., 2010) ราสเบอร์รี่ (Flores et al., 2013) และสับปะรด (Boonyaritthongchai and Supapvanich, 2017) จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีแนวโน้มที่จะสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อของกล้วยเล็บมือนาง

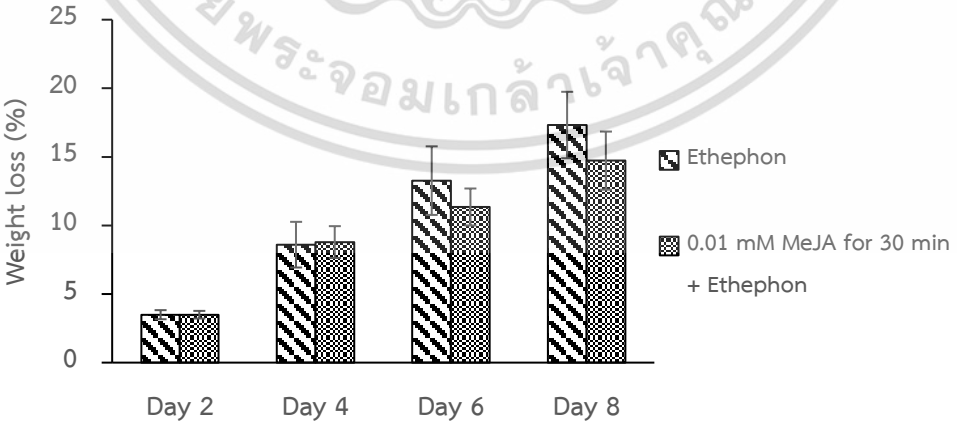

Figure 4.13 Weight loss of ‘Kluai Leb Mu Nang’ bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

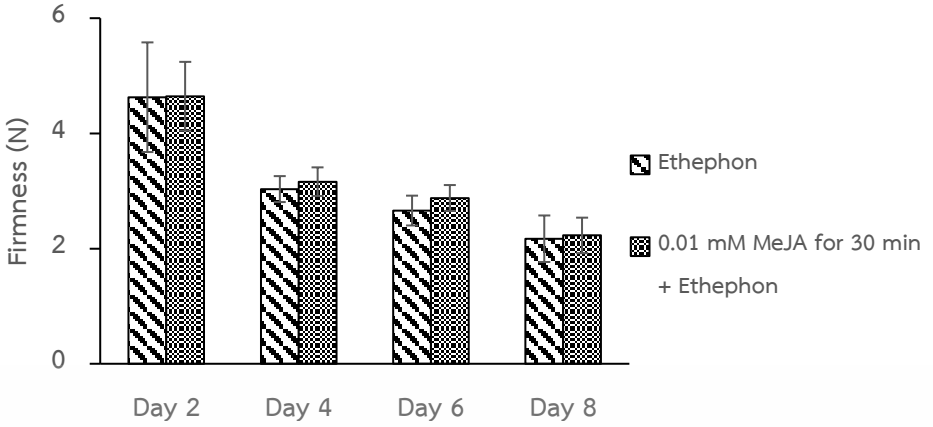

Figure 4.14 Firmness of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

4.2.3 ค่าสี

ค่าสี (Figure 4.15) สีของผลิตผลเป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งบอกถึงคุณภาพด้านลักษณะปรากฏและระดับความสุกแก่ของผลิตผล (สายชล, 2528) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน ซึ่ง Figure 4.15 (A) แสดงค่าความสว่าง (*L**) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 4 วัน กล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) มีค่า *L** สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วน Figure 4.15 (B) แสดงค่าความเป็นสีแดง (*a**) พบว่ากล้วยเล็บมือนางภายหลังเก็บรักษา 2 วัน ยังคงมีความเป็นสีเขียว (*-a**) แต่ภายหลังเก็บรักษา 4 วัน กล้วยเล็บมือนางเริ่มมีค่าความเป็นสีเขียวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) Figure 4.15 (C) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่ากล้วยเล็บมือนางภายหลังเก็บรักษา 4 และ 6 วัน มีค่า *b** เพิ่มขึ้น ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าสีมีความเกี่ยวพันกับกระบวนการต่าง ๆ ในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวและในระยะการวาย เช่น การสุกของผลไม้ (จริงแท้, 2550) มีความสอดคล้องกับรายงานของ Youryon and Supapvanich, 2017 รายงานว่าค่าความสว่างของกล้วยมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในกล้วยระยะผลแก่ถึงผลสุกและมีค่าความเป็นสีเหลืองมีการเพิ่มขึ้นเมื่อกล้วยเล็บมือนางสุก และยังมีรายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA มีส่วนช่วยให้สีผลของแอปเปิ้ลสวยงามและสม่ำเสมอ (Gonzalez-Aguilar et al., 2001; 2003) จากผลการทดลองนี้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ไม่ส่งผลต่อการสุกของกล้วย เนื่องจากกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีค่าความเป็นสีเหลืองที่ใกล้เคียงกับชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน)

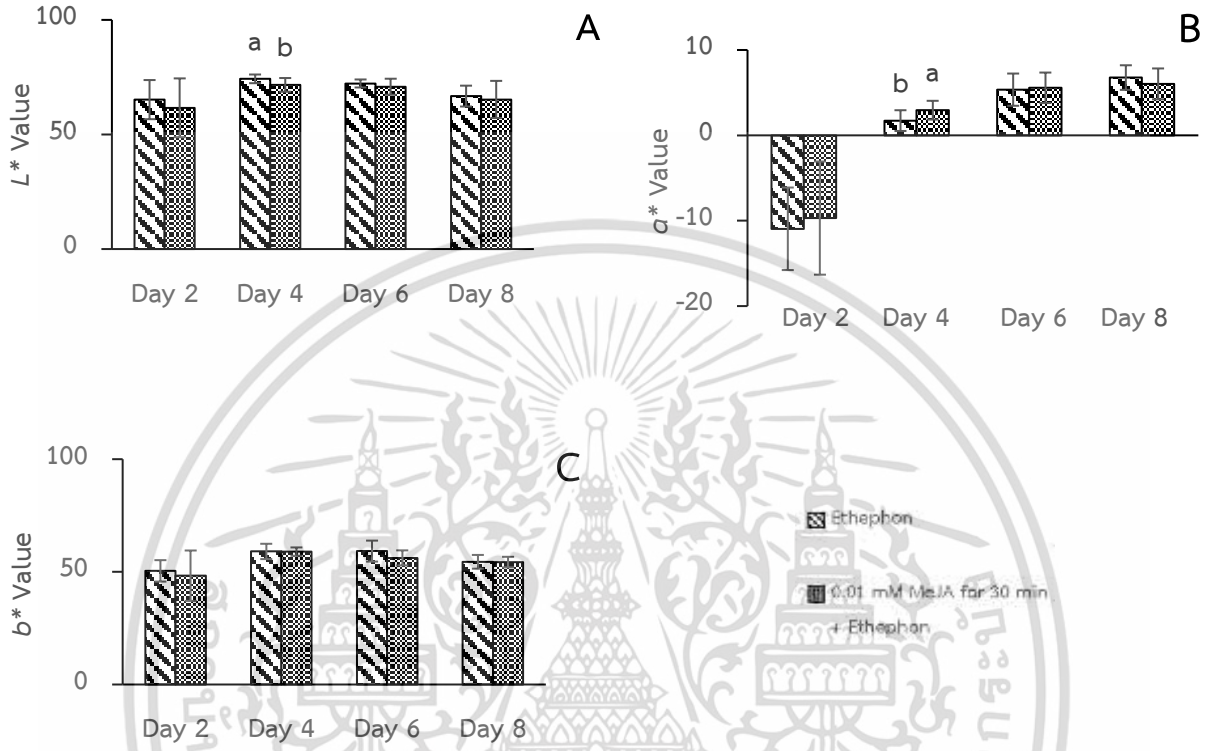

Figure 4.15 Changes of peel color values, *L** (A), *a** (B) and *b** (C), of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

4.2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Figure 4.16 และ 4.17) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Figure 4.16) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 4 วัน กล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Figure 4.17) พบว่าทุกวิธีการทดลองมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ผลไม้มักสะสมอาหารอยู่ในรูปของแป้งหรือน้ำตาล ซึ่งกล้วยเป็นผลไม้ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก มักพบว่าเมื่อผลสุกจะมีแป้งลดลงพร้อม ๆ กับมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2550) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่ได้ประกอบด้วยน้ำตาลเท่านั้นแต่ยังประกอบไปด้วยสารประกอบของแข็งที่ละลายน้ำได้อื่น ๆ (Li et al., 2014) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด นั้นเป็นปัจจัยที่ช่วยบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงรสชาติในผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา โดยรสชาติของผลไม้เกิดจากการผสมผสานขององค์ประกอบทางเคมีภายใน อันได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรดอินทรีย์ เป็นต้น (สังคม, 2547) ซึ่งเมทิลจัสโมเนทมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน (สุทธิวัลย์ และมัชฌิมา, 2552) การเปลี่ยนแปลงด้านส่วนประกอบทางเคมี เช่น ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins และผลแอปเปิล (Fan et al., 1998) และยังมีรายงานของ ภูมิพงษ์ และคณะ., (2563) ; Siriboon and Banlusilp, (2004) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

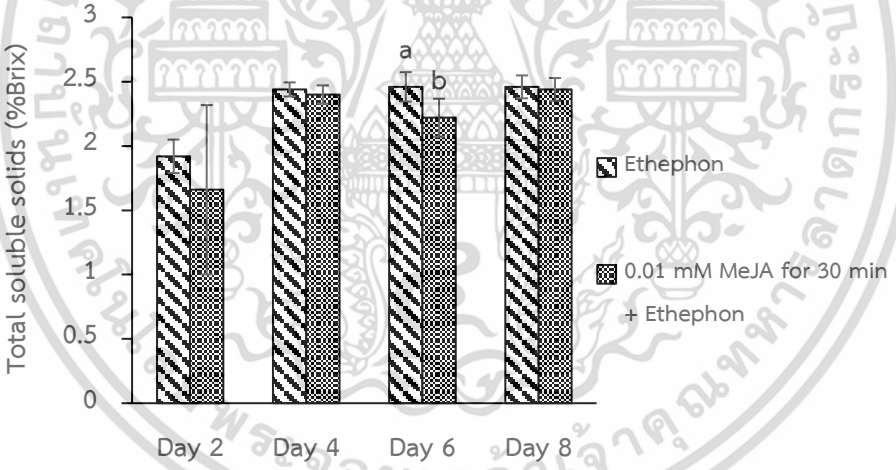

Figure 4.16 Total soluble solids of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

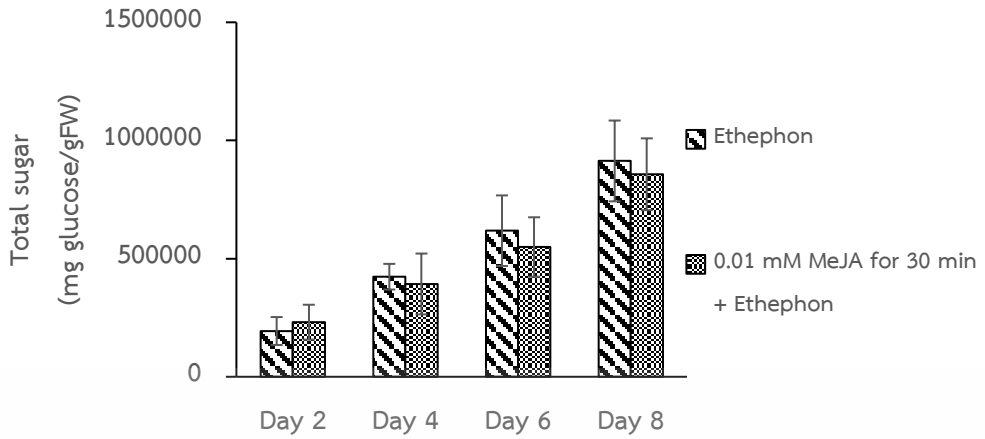

Figure 4.17 Total sugar of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

4.2.5 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 4.18 และ 4.19) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน พบว่าความสามารถในต้านอนุมูลอิสระของกล้วยเล็บมือนาง (Figure 4.18) ภายหลังเก็บรักษา 4 วัน กล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากล้วยเล็บมือนาง ที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของกล้วยเล็บมือนาง (Figure 4.19) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 4 และ 8 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและวิตามินสามารถทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันในเซลล์รวมถึงป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระก่อตัวขึ้น ซึ่งพบได้ทั่วไปในธรรมชาติและบางอย่างพบได้ในผัก และผลไม้ เช่น สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ รวมไปถึงกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากวิตามินต่าง ๆ (Halliwell, 2009) อนุมูลอิสระไม่ใช่เพียงของเสียที่เป็นผลพลอยได้จากเมแทบอลิซึมและก่อให้เกิดการชรา แต่อาจถูกสร้างหรือผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ โดยเฉพาะในการเป็นสัญญาณอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (จริงแท้, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Youryon and Supapvanich, (2017) รายงานว่ากล้วยเล็บมือนางมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงในกล้วยเล็บมือนางระยะสุก และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานของ Wang et al., (2009) รายงานว่าสารละลาย MeJA สามารถลดการสลายตัวของผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปรับปรุงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลเบอร์รี่จีน ซึ่งยังมีการยืนยันว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสามารถเกิดจากสารประกอบฟินอลิก (Someya et al., 2002) นอกจากนี้ MeJA ยังทำหน้าที่เป็นตัวสื่อสัญญาณโมเลกุล กระตุ้นกลไกการป้องกันการทำงานของอนุมูลอิสระและกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ในการลดสารอนุมูลอิสระ (Pauwels et al., 2008) และมีรายงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการใช้สารละลาย MeJA ที่ส่งผลต่อการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ผลมะม่วง (Gonzalez et al., 2001) ผลมะละกอ (Gonzalez et al., 2003) และผลแอปเปิ้ล (Fan et al., 1998)

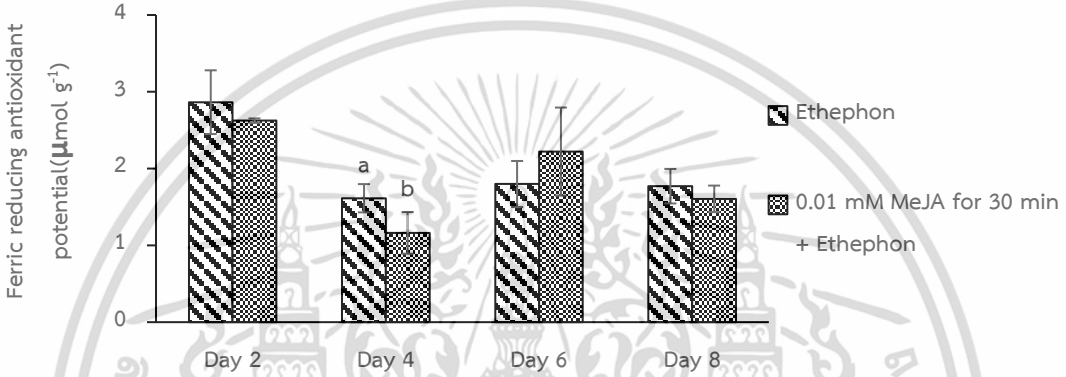

Figure 4.18 Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

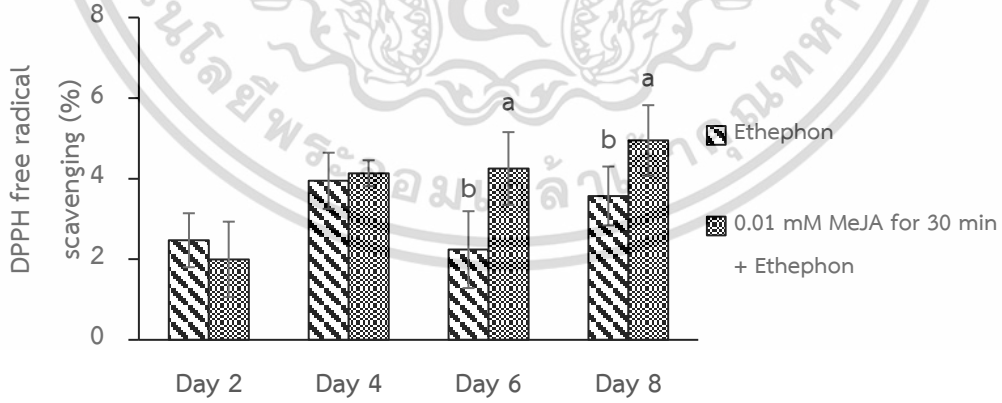

Figure 4.19 DPPH free radical scavenging of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Figure 4.20 และ 4.21) ของกล้วยเล็บมือนางชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Figure 4.20) พบว่ากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Figure 4.21) พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยเล็บมือนางมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ใกล้เคียงกัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและแทนนินมีปริมาณมากในผลไม้สุกและจะเริ่มลดลงเมื่อผลไม้นั้นสุกงอม (Macheix et al., 1990) สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบ คือ สารประกอบพวก ฟลาโวนอยด์ (เนตรนภา และเฉลิม, 2557) และจัดเป็นสารในกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ และกระตุ้นกิจกรรม ROS ซึ่งมีส่วนช่วยในการต้านทานโรค ดังนั้นผลไม้ที่มีสารประกอบฟีนอลและสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงจึงเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ (Hassanpour et al., 2011) และยังมีรายงานว่ากล้วยเป็นแหล่งฟีนอลที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี (Bennett et al., 2010) ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของเนื้อผลกล้วยในช่วงระยะสุกจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของกล้วย และมีรายงานของ Youryon and Supapvanich, (2017) รายงานว่ากล้วยเล็บมือนางระยะสุกมีปริมาณฟีนอลิกสูงที่สุด

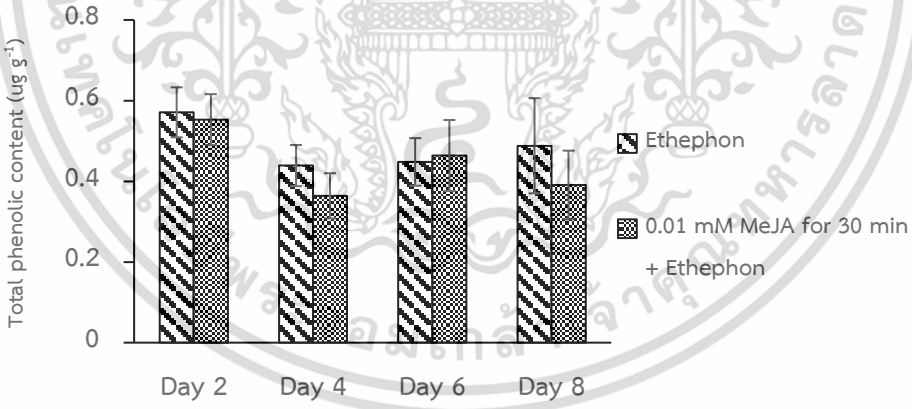

Figure 4.20 Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

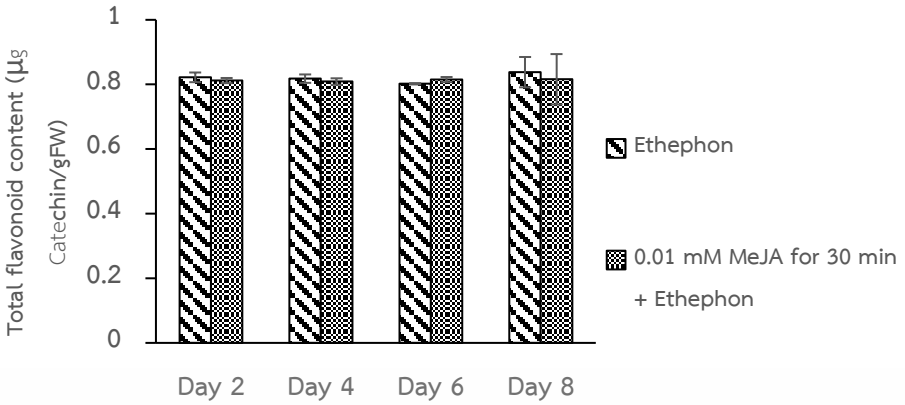

Figure 4.21 Total flavonoid content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Figure 4.22) พบว่า กล้วยเล็บมือนางมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และภายหลังเก็บรักษา 8 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณวิตามินซีมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นค่อนข้างมากกว่าวิตามินชนิดอื่น ๆ แต่ในผลไม้ไม่ค่อยมีการสูญเสียวิตามินซีเกิดขึ้นมากนัก วิตามินซีอาจสูญเสียไปได้ทั้งจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด แต่สภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลมีอิทธิพลอย่างมากต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก (จริงแท้, 2550) อีกทั้งกรดแอสคอร์บิกก็มีฤทธิ์เป็นสารกำจัดอนุมูลอิสระเช่นกัน และยังช่วยกระตุ้นการทำงานของวิตามินอี ซึ่งโดยทั่วไปวิตามินอีจะอยู่ในเซลล์เมมเบรน ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระในปฏิกิริยา lipid peroxidation จึงส่งผลให้ช่วยลดอาการผิดปกติที่เซลล์เมมเบรนได้และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Machlin and Bendich, 1987) ซึ่งกรดแอสคอร์บิกที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการเคลื่อนที่ของ Ca^{2+} ที่ทำหน้าที่กระตุ้น Ascorbate-Glutathione-cycle ทำให้เกิดการสะสมของ Glutathione ส่งผลทำให้กรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น (Smirnoff and Wheeler, 2000) และมีรายงานของ โชคชัย และราตรี (2560) รายงานว่ากล้วยที่ผ่านการบ่มจะส่งผลให้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีผลในการกระตุ้นให้กล้วยเล็บมือนางมีการสะสมปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

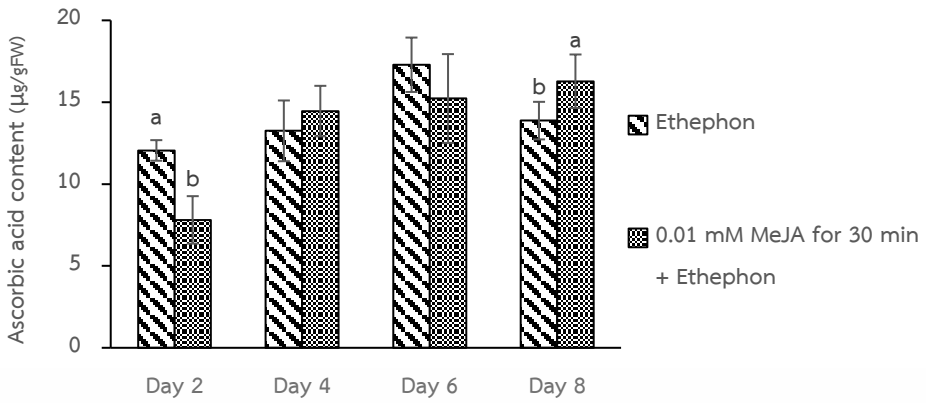

Figure 4.22 Ascorbic acid content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

4.3.1 ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง และคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว

ลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนางและคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (Figure 4.23 และ 4.24) ของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งลักษณะปรากฏของกล้วยเล็บมือนาง (Figure 4.23) พบว่ากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการสุกสม่ำเสมอกันภายหลังจากการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm 2 วัน แต่กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียว มีการแสดงอาการสะท้านหนาวให้เห็นตั้งแต่ภายหลังเก็บรักษา 5 วัน และมีอาการรุนแรงขึ้นภายหลังเก็บรักษา 20 วัน โดยมีสีเปลือกเป็นสีน้ำตาล ขั้วผลเหี่ยว และผิวผลเกิดการยุบตัว ในขณะที่กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีการเกิดอาการสะท้านหนาวช้าและน้อยกว่ากล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียว ส่วนคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (Figure 4.24) พบว่ามีผลไปในทิศทางเดียวกันกับลักษณะปรากฏ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไปส่งผลให้เกิดอาการสะท้านหนาว การลดอาการสะท้านหนาวสามารถทำได้โดยการใช้สารละลาย MeJA (อินทิรา และคณะ., 2554) สารละลาย MeJA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และมีรายงานว่ากล้วยที่ผ่านการแช่สารละลาย MeJA มีผลช่วยรักษาลักษณะปรากฏที่ดี (González-Aguilar et al., 2004) และมีการศึกษาก่อนหน้านี้ตั้งแต่ปี 2009 – 2020 รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA หลังการเก็บเกี่ยวมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณภาพ ยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มความต้านทานโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ได้ (Wang et al., 2021) เช่น การใช้ในแอปเปิ้ล (Li et al., 2006) แอปริคอท (Ezzat et al., 2017) และกีวี่ (Li et al., 2017 ; Wu et al., 2020) และมีรายงานของ Ding et al., (2001) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA หลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศพบว่าสามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ และชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลสับปะรด (Martinez and Harper, 2005) นอกจากนั้น Yang et al., (2011) ได้รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA ด้วยวิธีการจุ่มสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลบนผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาได้เช่นเดียวกัน จากการทดลองและผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที มีแนวโน้มที่จะสามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาว และสามารถรักษาลักษณะปรากฏที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยเล็บมือนางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.23 Visual appearance of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

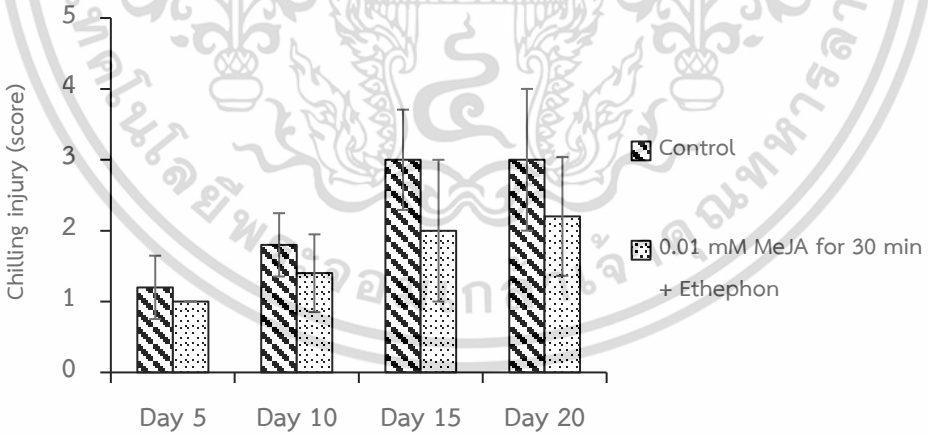

Figure 4.24 Chilling injury score of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ค่าสี

ค่าสี (Figure 4.25) เป็นลักษณะปรากฏที่บ่งบอกถึงคุณภาพของของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่ง Figure 4.25 (A) แสดงค่าความสว่าง (*L**) พบว่ากล้วยเล็บมือนางมีค่า *L** ภายหลังเก็บรักษา 5 ถึง 15 วัน มีค่า *L** คงที่ แต่ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีค่า *L** ลดลง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางที่ทำการบ่มอย่างเดียวมีการเกิดรอยคล้ำที่เปลือก หรือมีการเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน จึงทำให้มีค่าความสว่างลดลง Figure 4.25 (B) แสดงค่าความเป็นสีแดง (*a**) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีค่า *a** สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) Figure 4.25 (C) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่า ภายหลังเก็บรักษา 5 ถึง 15 วัน มีค่า *b** คงที่ แต่ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีค่า *b** สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียว มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กล้วยเป็นผลไม้ประเภท Climacteric fruit ซึ่งเมื่อผลบริบูรณ์จะมีการสร้างเอทิลีนและการหายใจสูงขึ้น (จริงแท้, 2541) การเปลี่ยนสีของผลไม้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ตามธรรมชาติที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด แต่ส่วนใหญ่การเปลี่ยนสีของผลไม้มักเกิดขึ้นเมื่อผลไม้เริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก (จริงแท้, 2550) การเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างมีความสอดคล้องกับการลดลงของค่าความเป็นสีเขียวและการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลือง (Abdullah et al., 1985 ; Abdullah and Pantastico, 1990 ; Mustaffa et al., 1998) โดยกระบวนการเปลี่ยนสีเขียวเป็นสีเหลือง อันเนื่องมาจากปริมาณ Chlorophyll ลดลงอาจเนื่องมาจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ต่าง ๆ เพื่อทำการปรับสภาพของผลิตผล ซึ่งโดยทั่วไปการสูญเสียสีเขียวของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของผลิตผล (Siripanich, 1999) และมีรายงานของ Ding et al., (2001) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถคงสภาพสีได้ โดยสารละลาย MeJA จะไปกระตุ้นการสะสมของ heat shock protein (HSPs) ทำให้สามารถลดอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ จากการผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที สามารถรักษาค่า *L** ค่า *b** และมีแนวโน้มในการชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า *a** ได้ เนื่องจากสารละลาย MeJA มีคุณสมบัติช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้ (Wang and Buta, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าการใช้ MeJA หลังการเก็บเกี่ยว ช่วยชะลอชะลอการลดลงของค่า *L** ของผลมะม่วงพันธุ์ Kent (Gonzalez et al., 2001)

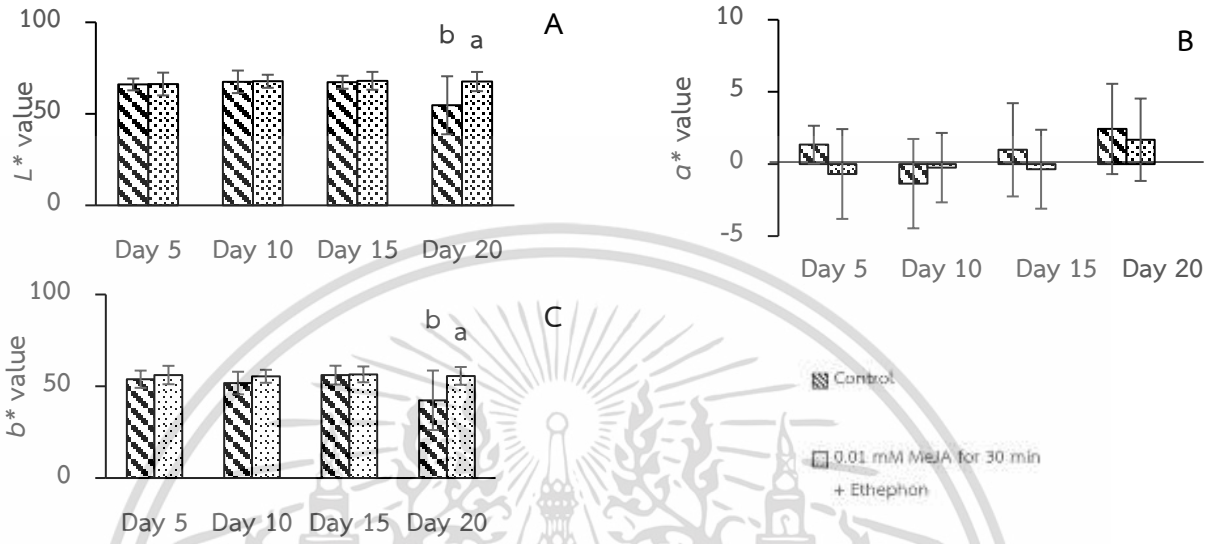

Figure 4.25 Changes of peel color values, *L** (A), *a** (B) and *b** (C), of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

4.3.3 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนัก (Figure 4.26) ของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่ากล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (ไกรยศ และกัญญารัตน์, 2559) ซึ่งจากการศึกษาของ Siripanich, (1999) ได้รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดอัตราการหายใจของผลิตผล ทำให้การทำงานของกระบวนการเมตาบอลิซึมช้าลง รวมทั้งส่งผลต่อการคายน้ำของผลิตผลลดลงด้วย จึงทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งมีรายงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gonzalez et al., (2001; 2000) ที่รายงานว่าการใช้ MeJA ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักในมะม่วงพันธุ์ Kent และ Tommy Atkins ได้ นอกจากนี้ MeJA ยังช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักในผลมะเขือเทศ (Ding, 2001) จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีแนวโน้มที่จะสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้

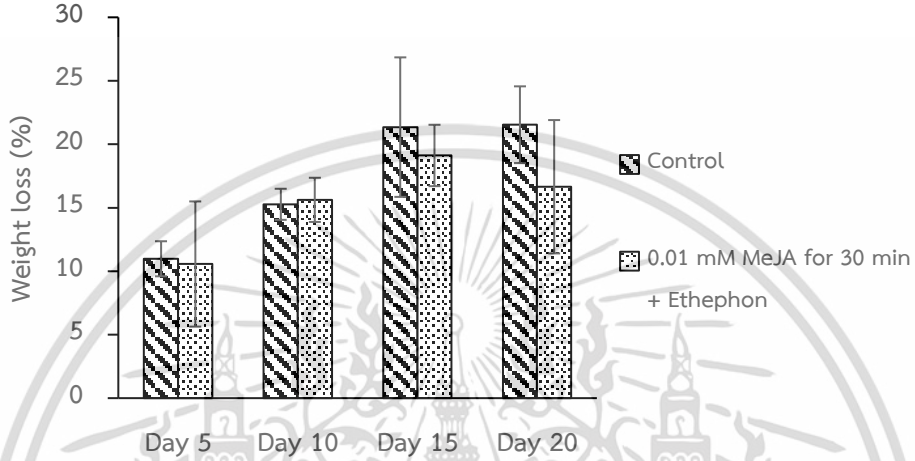

Figure 4.26 Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

4.3.4 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

แสดงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 4.27 และ 4.28) ของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 4.27) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 10 วัน กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Figure 4.28) พบว่าทุกวิธีการทดลองมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) อนุมูลอิสระไม่ใช่เพียงของเสียที่เป็นผลพลอยได้จากเมแทบอลิซึมและก่อให้เกิดการชรา แต่อาจถูกสร้างหรือผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ โดยเฉพาะในการเป็นสัญญาณอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (จริงแท้, 2550) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามี ความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระ โดยช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในผลิตผล ทำให้สามารถลดความผิดปกติที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับผลิตผล อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของผลิตผลอีกด้วย (บุหรัน, 2556) และเป็นที่ทราบกันโดยทั่วว่ากล้วยเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (Bennett et al., 2010) จากผลการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้สารละลาย MeJA ซึ่งมีความตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Cao et al, (2006) รายงานว่าการใช้สารละลาย MeJA สามารถลดอาการสะท้านหนาวในผลโลควอท โดยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความแต่งต่างที่พบอาจเนื่องมาจาก ชนิด พันธุ์ ลักษณะของพืช และพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน

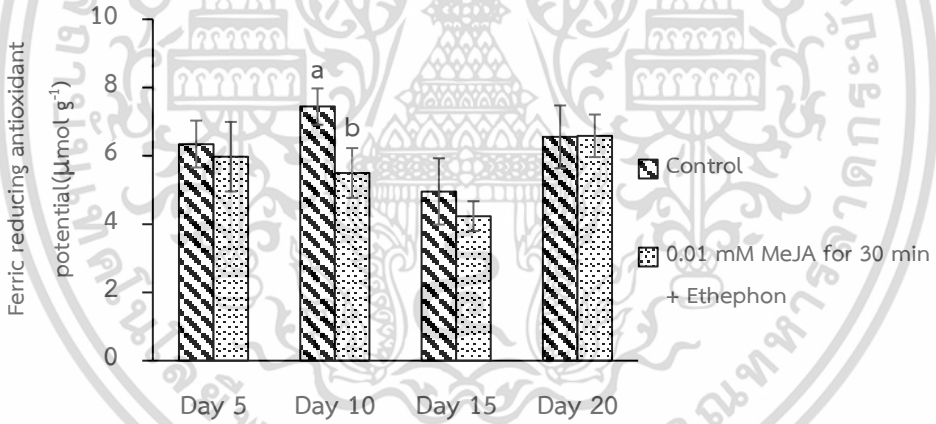

Figure 4.27 Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 ℃ for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

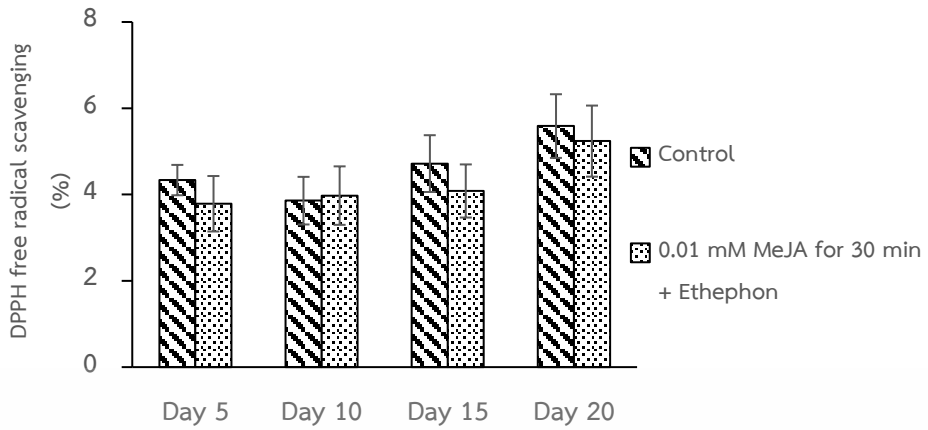

Figure 4.28 DPPH free radical scavenging of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Figure 4.29) พบว่าภายหลังเก็บรักษา 15 วัน กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและแทนนินมีปริมาณมากในผลไม้สุกและจะเริ่มลดลงเมื่อผลไม้นั้นสุกงอม (Macheix et al., 1990) ซึ่งการสังเคราะห์ทางชีวภาพของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในแวคิวโอล ความผิดปกติของเมมเบรนซึ่งเกิดจากความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ความเครียดจากความเย็น ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากแวคิวโอลไปยังไซโตพลาสซึม (Sevillano et al., 2009) ดังนั้นการแยกส่วนเมมเบรนและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นจากความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและอาการสะท้านหนาวเพิ่มขึ้น ซึ่ง Brader et al. (2001) ได้มีการรายงานว่าสารละลาย MeJA โดยทั่วไปเป็นสัญญาณรวมหรือตัวแปลงสัญญาณตัวกระตุ้นให้เกิดการเหนี่ยวนำสารทุติยภูมิจากพืชหลายชนิด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมมีปริมาณฟินอลิกสูงกว่าการใช้สารละลาย MeJA อาจเป็นผลมาจากกล้วยเล็บมือนางมีการสุกงอมเร็วกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ซึ่งมีความตรงกันข้ามกับรายงานของ Sangprayoon et al., (2019) การใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในสับปะรดช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และรายงานของ Zang et al., (2006) รายงานว่าการใช้ MeJA ในสตรอเบอรี่สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งความแต่งต่างที่พบอาจเนื่องมาจาก ชนิด พันธุ์ และลักษณะของพืช หรืออุณหภูมิและพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

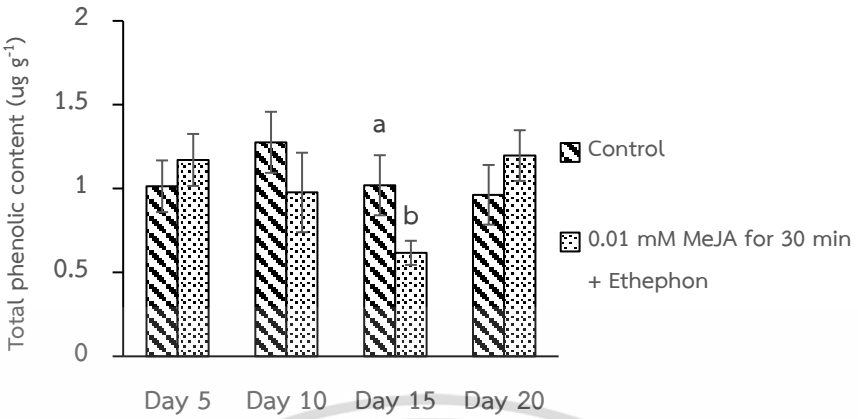

Figure 4.29 Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

4.3.5 อัตราการรั่วไหลของประจุ (El) และปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

อัตราการรั่วไหลของประจุ (El) และปริมาณ Malondialdehyde (MDA) (Figure 4.30 และ 4.31) ของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งพบว่า อัตราการรั่วไหลของประจุ (Figure 4.30) ภายหลังเก็บรักษา 20 วัน กล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีอัตราการรั่วไหลของประจุสูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณ MDA (Figure 4.31) พบว่ากล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีปริมาณ MDA สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) การเก็บรักษาพืชผักผลไม้ในอุณหภูมิต่ำนานเกินไป มักก่อให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งตัวบ่งชี้ (indicator) ถึงอาการสะท้านหนาวมีหลายชนิด เช่น ปริมาณ malondialdehyde (MDA) และอัตราการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage; EL) (จริงแท้, 2550 ; Shewfelf and del Rosario, 2000) ซึ่งในระหว่างการพัฒนาของอาการสะท้านหนาวจะพบอัตราการรั่วไหลของประจุจากเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น (Sharom et

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

al., 1994) นอกจากนี้ความเข้มข้นของ MDA สารทุติยภูมิจากการเกิด lipid peroxidation ของเมมเบรนจะเพิ่มขึ้น (Wise and Naylor, 1987) โดยปกติความเข้มข้นของ EL และ MDA ได้รับการยอมรับว่าเป็นตัวบ่งชี้ทางสรีรวิทยาของการสูญเสียความสมบูรณ์ของเมมเบรนและการเกิด lipid membrane peroxidation ที่เกิดจากความเย็น (Marangoni et al., 1996) การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ EL และ MDA จึงสัมพันธ์เชิงบวกกับความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Youryon et al., 2018) และมีรายงานของ Gonzalez-Aguilar et al., (2000) รายงานว่าสารละลาย MeJA สามารถป้องกันเซลล์เมมเบรนโดยไปลดอัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ MDA ซึ่งการรั่วไหลของประจุเกิดขึ้นเนื่องจากเยื่อหุ้มได้รับความเสียหายจากอาการสะท้านหนาว (Marangoni et al, 1996) จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอน มีแนวโน้มที่จะสามารถชะลออัตราการรั่วไหลของประจุและปริมาณ MDA ในกล้วยเล็บมือนางได้

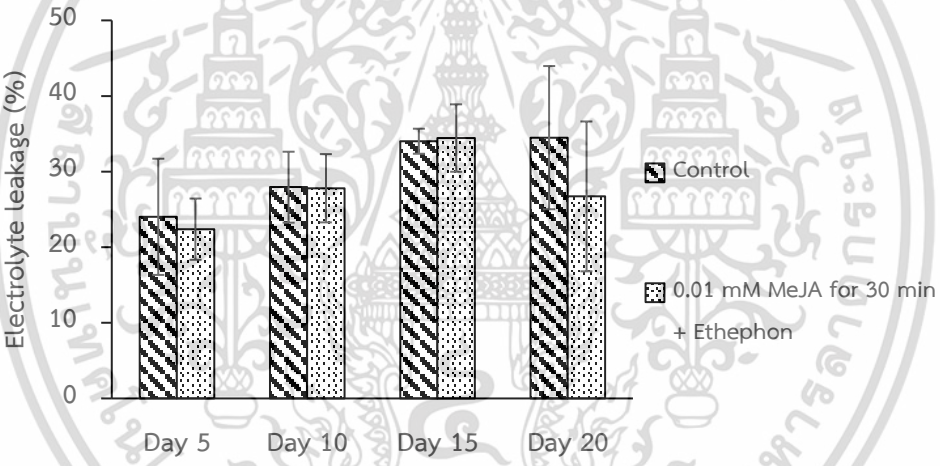

Figure 4.30 Electrolyte leakage of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

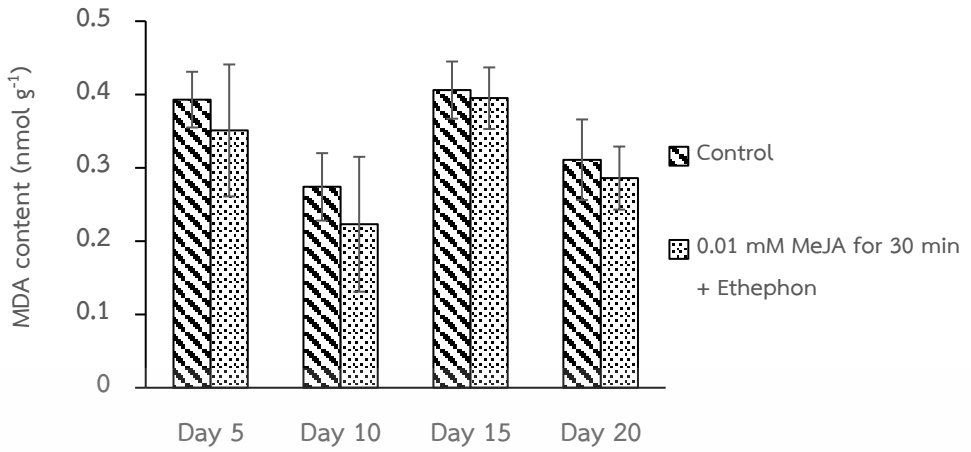

Figure 4.31 MDA content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

4.3.6 กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (Figure 4.32) ของกล้วยเล็บมือนางที่ไม่แช่สารละลาย MeJA (บ่มด้วยเอทิฟอน) และกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน 500 ppm หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ซึ่งพบว่ากล้วยเล็บมือนางที่บ่มด้วยเอทิฟอนอย่างเดียวมีกิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase สูงกว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเห็นได้ชัดเจนภายหลังเก็บรักษา 10 และ 15 วัน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) กิจกรรมเอนไซม์ LOX เกี่ยวข้องกับอาการสะท้านหนาว หากกิจกรรม LOX เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าอาการสะท้านหนาวก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Pongprasert et al., 2011) การใช้สารละลาย MeJA มีส่วนช่วยในการลดกิจกรรม LOX เนื่องจาก MeJA เป็นสัญญาณโมเลกุลขนาดเล็กในพืชที่สามารถป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (Fallik, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gonzaalez-Aguilar et al., (2004) รายงานว่าสารละลาย MeJA ช่วยลดกิจกรรมเอนไซม์ LOX ในผลฝรั่งได้ โดยไปกระตุ้นการทำงานของพืชเพื่อให้พืชเกิดการป้องกันการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ LOX จากการผลการทดลองและงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ LOX ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำของกล้วยเล็บมือนางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

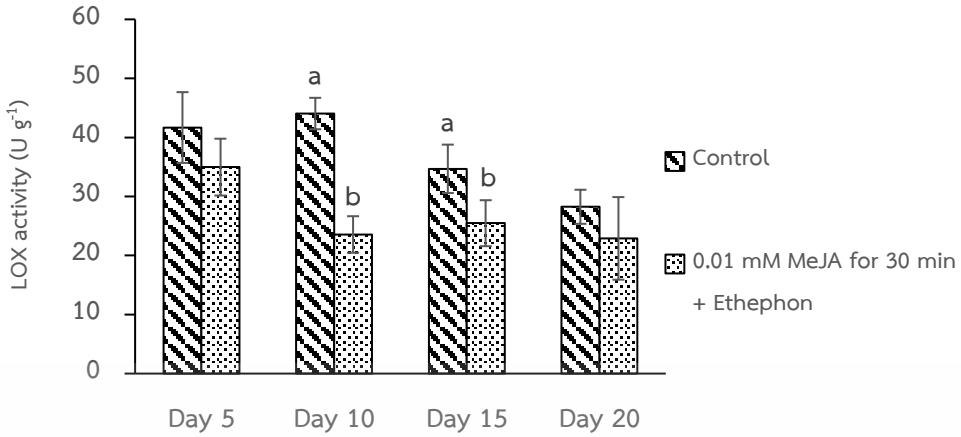

Figure 4.32 The lipoxygenase (LOX) activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

จากการศึกษาพบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก สามารถกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และพบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM แช่นาน 30 นาที สามารถรักษาคุณลักษณะปรากฏที่ดีของกล้วยเล็บมือนาง สามารถลดอัตราการรั่วไหลของประจุ ปริมาณ MDA และกิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าวิธีการอื่น

5.2 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากการศึกษาพบว่ากล้วยเล็บมือนางทั้งชุดควบคุมและกล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA มีการสุกที่สม่ำเสมอ และพบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน สามารถกระตุ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีกว่าชุดควบคุม (บ่มด้วยเอทิฟอน) และมีแนวโน้มที่จะสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการสูญเสียน้ำหนักของกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้

5.3 ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

จากการศึกษาพบว่ากล้วยเล็บมือนางทุกวิธีการทดลองเมื่อบ่มด้วยเอทิฟอนมีการสุกที่สม่ำเสมอกันหลังจากการบ่มวันที่ 2 และพบว่ากล้วยเล็บมือนางที่แช่สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 แช่นาน 30 นาที ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว กระตุ้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และยังสามารถลดอัตราการรั่วไหล ปริมาณ MDA กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM แช่นาน 30 นาที และการใช้ร่วมกับการบ่มด้วยเอทิฟอน เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพที่ดีหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยเล็บมือนาง ช่วยลดการเกิดอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อกล้วยเล็บมือนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกพล ทรัพย์มาก. 2550. “การบ่มกล้วยน้ำว้าก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ” **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 39 หน้า.

กนกวรรณ เสรีภาพ. 2555. **เอทิลีน.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กวีวัฒน์ เดชาอภินันท์. 2559. อัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนของผลไม้ประเภท Climacteric fruit. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.slideshare.net.

ไกรยศ แซ่ลิ้ม และกัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2559. “ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอ ไรด์ต่อคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อม บริโภคระหว่างการเก็บรักษา” **ว. พืชศาสตร์ สงขลานครินทร์** 3: (I): M07/66-73.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายพืช.** นครปฐม : โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จักรกฤษณ์ ชื่นใจเล็ก. 2535. “ทำการศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการบ่มกล้วยหอมพันธุ์ Grand Nain” **ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 57 หน้า.

จุรีย์ เจริญธีรบูรณ์, ธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพัฒน์, อมรรัตน์ ไชยเดชกำจร, พนิดา อัศวพิชยนต์, จงจันท์ มหาดเล็ก , ศรัณย์ ตันตะราวงศา. 2562. **ปริมาณฟีโนลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของกล้วยหอมทอง และปัจจัยการสกัดที่เกี่ยวข้อง.** Thai Bull Pharm Sci. 2019; 14(2): 47-60

ชัยรัตน์ บูรณะ และพิไลลักษณ์ พิชัยวัตต์. 2561. “ผลของวิธีการบ่มด้วยสารละลายเอทีฟอนและแก๊ส เอทิลีนต่อคุณภาพกล้วยหอมทอง” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 49(4):38-41

โชคชัย ดำทรัพย์ และราตรี บุมี, 2560. “การหาปริมาณวิตามินซีในกล้วยบางชนิดโดยเทคนิค HPLC และ UV-Visible” **สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.** 6 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดนัย กีรติวานิชย์. 2535. **การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเนยมะม่วงหิมพานต์ในระดับทดลอง.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. 185 หน้า.

ธาดา สืบหลินวงศ์ และนวลทิพย์ กมลวารินทร์. 2542. **ชีวเคมีทางการแพทย์.** กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

นิคม วงศ์นันตา. 2554. **กล้วยเล็บมือนาง.** ฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร, ฐานข้อมูลพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เนตรนภา เมยกลาง และ เฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2557. “การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ การต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มน้ำผลไม้.” **วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา),** 14(4), 69-79.

บุญร่วม คิดค้า. 2557. “อิทธิพลของเมทิลจัสโมเนตต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและคุณค่า ทางโภชนาการในผักกาดหอมเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์.” **แก่นเกษตร.** 42 ฉบับพิเศษ 1 : 6 หน้า.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. “อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ปีที่ 21. 3 : 279.

เบญจมาศ ศิลาย้อย และประวัติ สมเป็น. 2534. “จำนวนและรูปร่างของโครโมโซมกล้วยบางชนิดในประเทศไทย.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์).** 25 : 400-407.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2538. **กล้วย.** กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. **กล้วย.** กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด.

ประศาสตร์ เกื้อมณี, มาลี ณ นคร, กวิศร์ วานิชกุล และวีระชัย ณ นคร. 2538. “การศึกษาลักษณะทางสัณฐานและวิภาควิทยาของกล้วยบางชนิดในประเทศไทย.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์).** 29 : 1-7.

พรชัย ราชตนพันธุ์, พิชญาภรณ์ มูลพฤษ์ และภัทริน วงศ์โกศลจิต. 2551. “การประยุกต์ใช้สารดูดซับเอทิลีนจากไดอะทอไมต์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง.” **ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 39** (พิเศษ 3): 111-114

พัชร ปิริยะวินิตร และสายชล เกตุษา. 2551. “ผลของ 1-methylcyclopropene (1-MCP) ต่อการสุก ของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว”. **การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 7.** 26-30 พฤษภาคม. ณ โรงแรม อมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง, พิษณุโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนศักดิ์ ต้นบุญ. 2558. “การลดอาการสะท้านหนาวในพุทราพันธุ์บอมแอปเปิล.” กรุงเทพ : **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.**

เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล, สุภาภรณ์ สาชาติ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ, รักชัย คุรุบรรเจิดจิต. 2554. “การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วย.” **กรมวิชาการเกษตร.** 9 หน้า.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2539. “ความเห็นเรื่องการพัฒนากล้วย.” **วารสารกสิกร.** 65 : 541-544.

ภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ, เทพปัญญา เจริญรัตน์, สุเปญญา จิตตพันธ์ และนวลกมล อำนวยสิน. 2563. “การพยากรณ์ระยะสุกของกล้วยหอมทองโดยใช้การถดถอยของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน” Thai **Journal of Science and Technology**. Pp. 287-297.

มนตรี อิสรไกลศีล และสุรกิติ ศรีสกุล. 2537. “การคัดเลือกสายพันธุ์กล้วยเล็บมือนาง.” **วารสารวิชาการเกษตร.** 11(3).

มาลี โชคล้ำเลิศ. 2556. **กล้วยเล็บมือนางชุมพร.** กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 6 หน้า.

ยุรนันท์ เขินไพร และ สุริยัณห์ สุภาพวานิช. 2559. “ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อคุณภาพทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์กิมจูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ า.” **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่3** ฉบับพิเศษ : 126-131

วรางคณา จันทอน. 2551. “การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มเกล็ดหิมะในจังหวัดตราด และจังหวัดใกล้เคียง.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วรายุทธ ใจดี และอรดี สหวัชรินทร์. 2536. การชักนำให้กล้วยเล็บมือนางเพิ่มโครโมโซม. **วารสารวิชาการเกษตร.** 11 : 175-182.

วิทยา บัวเจริญ, ร่วมจิตร นกเขา, ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสุมลรัตน์ จินตนาสิรินุรักษ์. 2541. “การคัดเลือกสายพันธุ์กล้วยเล็บมือนางเพื่อการบริโภคสดและการแปรรูปกล้วยตาก.” **ชุมพร: วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศรมน สุทิน. 2559. “วิตามินกับอนุมูลอิสระ Vitamins and free radicals.” **สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.** 13 หน้า.

ศลิษา พรมเสน และมยุรี กระจายแสง. 2562. “ผลของ 1-Methylcyclopropene ร่วมกับ Methyl Jasmonate ต่ออาการไส้สีน้ำตาลและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น” **Agricultural Sci. J.** 50 : 1. Pp. 367-373.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศุภรัตน์ ศุภเฉลิมชัย, ปรีติยาทร แก้วมณี, ธวิช อินทรพันธุ์ และมยุรี กระจายกลาง. 2562. ผลของเอทีฟอนต่อการสุกของกล้วยหอมคาเวนดิช. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 50 (1, พิเศษ), 204-209 ;2(1):80-92.

สมโภชน์ วัลยะเสวี และขนิษฐา สุตพันธ์. 2534. “ห้องบ่มผลไม้.” **โครงการวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 66 หน้า.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2547. **สรีรวิทยาของพืชสวน.** ขอนแก่น : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สายชล เกตุษา. 2528. “สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.” นครปฐม : **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.**

สายชล เกตุษา. 2529. **การสุกของผลไม้.** ข่าวสารเกษตรศาสตร์, 31(1), 1-8.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 100 หน้า.

สุทธิวัลย์ สีทา และมัชฌิมา นราดิศร. 2552. บทบาทของ methyl jastmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 40(3): 369-372.

สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์. 2526. **สรีรวิทยาการพัฒนาของพืชสวน.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาพร คงอิสโร, ฐปนีย์ ทองบุญ, วิริยา ประจิมพันธุ์, สุธีรา ถาวรรัตน์, อุดมพร เสือมาก, สโรชา กรีธาพล. 2554. “วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเล็บมือนางในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน.” **ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร.** 17 หน้า.

อินทนนท์ ชันวิจิตร, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล, และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2553. “ผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 41 : 1(พิเศษ) : 91-94.

อินทิรา กระหม่อมทอง, ธิติมา ไตรพิพัฒน์, ไฉไล คูวัฒนานุกูล, สุเทพ เรืองวิเศษ และกิตติศักดิ์ อัจฉริยะขจร. 2554. “การเปรียบเทียบน้ำยาใหม่สำหรับทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนมกับวิธี Methylene blue reduction.” **วารสารสัตวแพทย์**, 21(2), 59-69

โอภา วัชราคุปต์, ปรีชา บุญจง, จัทนา บุญยะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บริษัทนิวไทยมิตรการพิมพ์ (1996) จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abdullah, H., Pantastico, E.B., 1990. "Banana-fruit Development, Postharvest Physiology, Handling and Marketing in ASEAN." **ASEAN Food Handling Bureau**, Kuala Lumpur, Malaysia.

Abdullah, H., Rohaya, M.A., Zaipun, M.Z., 1985. "Physio-chemical changes during maturation and after ripening of banana (*Musa* sapientum cv. Embun)." **MARDI Res. Bull**. 13, 341e347.

Aghdam, M.S. and Bodbodak, S. 2013. "Physiological and biochemical mechanism regulating chilling tolerance in fruit and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments." **Scientia Horticulturea**. 156 : 73-85.

Agricultural Research Development Agency. 2013. Fruit curing. Available Source: http://www.arda.or.th/easyknowledge/easy-articles-detail.php?id=299. May 10, 2018.

AOAC. 2000. **Offificial Methods of AOAC International.** 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

Bennett, E.P., Chen, Y.W., Schwientek, T., Mandel, U., Schjoldager, K.T., Cohen, S.M., Clausen, H. 2010. "Rescue of Drosophila Melanogaster l(2)35Aa lethality is only mediated by polypeptide GalNAc-transferase pgant35A, but not by the evolutionary conserved human ortholog GalNAc-transferase-T11." **Glycoconjugate J.** 27(4): 435--444.

Benzie, I.F.F and Strain, J.J. 1996. "The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant power: the FRAP assay." **Analytical Biochemistry.** 239: 70-76.

Blanch, G. P., Flores, G., & Ruiz del Castillo, M. L. (2011). "Influence of methyl jasmonate in conjunction with ethanol on the formation of volatile compounds in berries belonging to the Rosaceae." **Postharvest Biology and Technology**, 62(2), 168–178.

Boonyaritthongchai, P., & Supapvanich, S. (2017). "Effects of methyl jasmonate on physicochemical qualities and internal browning of 'Queen' pineapple fruit during cold storage." **Horticulture Environment and Biotechnology**, 58(5), 479–487.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brader, G., Tas, E. and Palva, E.T., 2001, Jasmonate-dependent induction of indole glucosinolates in Arabidopsis by culture Itrates of the nonspecic pathogen Erwinia carotovora", **Plant Physiology**, Vol. 126, pp.849-860.

Buta, J. G., and Moline, H. E. 1998. "Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers." **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 46(4), 1253-1256.

Cao, S. F., Wang, X. Q., Yang, Z. F., Ma, S. J., Li, N., Tang, S. S., and Zheng, Y. H. 2006. "Effects of methyl jasmonate treatment on quality and decay in cold-stored loquat fruit." **In II International Symposium on Loquat**, 750 (pp. 425-430).

Chaishome, J., Srimuk, S., Supapvanich, S. (2019). "Alleviation of internal browning in queen pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of methyl jasmonate during cold storage." **Lecture Notes in Engineering and Computer Science** 2239464-468.

Chaplin, G.R., Cole, S.R., Landrin, M., Nuevo, P.A., Lam, P.F. and Graham, G., 1991, "Chilling injury and storage of mango (*Mangifera indica* L.) held under low temperatures", **Acta Horticulturae**, Vol. 291, Pp. 461

Chen, M., Guo, H., Chen, S., Li, T., Li, M., Rashid, A., ... Wang, K. (2019). "Methyl jasmonate promotes phospholipid remodeling and jasmonic acid signaling to alleviate chilling injury in peach fruit." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 67 (35), 9958–9966.

Cheong, J. and Y. D. Choi. 2003. "Methyl jasmonate as a vital substance in plants." **Trend in Genetics.** 19: 409-413

Chini, A., Monte, I., Zamarreno, A.M., Hamberg, M., Lassueur, S., Reymond, P., Weiss, S., Stintzi, A., Schaller, A. and Porzel, A. 2018. "An OPR3-independent pathway uses 4,5-didehydrojasmonate for jasmonate synthesis." **Nature Chemical Biology,** Vol. 14, pp. 171-178.

Cornish, M. L. and Garbary, D. J. 2010. "Antioxidant from microalgae: potential application in human health nutrition". Free Radical Biology and Medicine. Vol.25, 155-171. Disease, **Marcel Dekker., New York**. pp. 1-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Creelman, R. A., and Mullet, J. E. 1997. “Biosynthesis and action of jasmonates in plants.” **Annual review of plant physiology and plant molecular biology,** Vol. 48, pp. 355-381.

de la Pe˜na Moreno, F., Blanch, G. P., Flores, G., & Ruiz del Castillo, M. L. (2010). “Impact of postharvest methyl jasmonate treatment on the volatile composition and flavonol content of strawberries.” **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 90(6), 989–994.

Ding, C. K., Wang, C. Y., Gross, K. C., and Smith, D. L. 2001. “Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate.” **Plant Science,** 161(6), 1153-1159.

Droby, S., Porat, R., Cohen, L., Weiss, B., Shapiro, B., Philosoph-Hadas, S. 1999. “Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application.” **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 124(2), 184-188.

Ezzat, A., Ammar, A., Szabo, Z., Nyeki, J., and Holb, I. J. 2017. “Postharvest treatments with methyl jasmonate and salicylic acid for maintaining physico-chemical characteristics and sensory quality properties of apricot fruit during cold storage and shelf-life.” **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, 67(2), 159–166.

F.S. Zhang, X.Q. Wang, S.J. Ma, S.F. Cao, N. Li, X.X. Wang, Y.H. Zheng. 2006. “Effects of methyl jasmonate on postharvest decay in strawberry fruit and the possible mechanisms involved.” **Acta Horticulturae** 712(712):693-698

Fallik E. 2004. “Prestorage hot water treatment (immersion rising and brushing).” **Postharvest Biol. Technol.** 32: 125–134.

Fan, X. and Mattheis J.P. 1999. “Impact of 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on apple volatile production.” **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 47(7), 2847-2853.

Fan, X., J.P. Mattheis and J.K. Fellman. 1998. “Response of apples to postharvest jasmonate treatments,” **Journal of American Society for Horticultural Science** 123: 421-425.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Farmer, E.E. and Ryan, C.A. 1990. “Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves.” **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,** Vol. 87, pp. 7713-7716.

Flores, G., Perez, C., Gil, C., Blanch, G. P., & Ruiz del Castillo, M. L. (2013). “Methyl jasmonate treatment of strawberry fruits enhances antioxidant activity and the inhibition of nitrite production in LPS-stimulated Raw 264.7 cells.” **Journal of Functional Foods**, 5(4), 1803–1809.

Fonseca, S., Chini, A., Hamberg, M., Adie, B., Porzel, A., Kramell, R., Miersch, O., Wasternack, C. and Solano, R., 2009. “(+)-7-iso-Jasmonoyl-L-isoleucine is the endogenous bioactive jasmonate.” **Nature Chemical Biology,** Vol. 5, 344-350.

Fung, R. W. M., Wang, C. Y., Smith, D. L., Gross, K. C., and Tian, M. 2004. “MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (Capsicum annuum L.).” **Plant Science.** 166: 711-719.

Glowacz, M., Bill, M., Tinyane, P. P., & Sivakumar, D. (2017). “Maintaining postharvest quality of cold stored ’Hass’ avocados by altering the fatty acids content and composition with the use of natural volatile compounds - methyl jasmonate and methyl salicylate.” **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97(15), 5186–5193.

Glowacz, M., Bill, M., Tinyane, P. P., & Sivakumar, D. (2017). “Maintaining postharvest quality of cold stored ’Hass’ avocados by altering the fatty acids content and composition with the use of natural volatile compounds - methyl jasmonate and methyl salicylate.” **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97(15), 5186–5193.

Gonzalez-Aguilar, G. A., Buta, J. G., & Wang, C. Y. (2003). “Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ’Sunrise’.” **Postharvest Biology and Technology**, 28(3), 361–370.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y. 2001. “Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of Kent mangoes.” **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 81: 1244- 1249.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Fortiz, J., Cruz, R. and Wang, C.Y. 2000. “Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintain postharvest quality of mango fruit.” **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 48: 515-519.

Gonzalez-Aguilar, G.A., J.G. Buta and C.Y. Wang. 2003. “Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya “Sunrise”. **Postharvest Biology and Technology** 28: 361-370.

González-Aguilar, G.A., Tiznado-Hernández. E., Zavaleta-Gatica, R. and Matínez-Téllez, M. A. 2004. “Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits.” **Biochemical and Biophysical Research Communication**. Vol. 313, pp. 694-701.

Gupta, S., Kumari, M., Kumar, H. and Varadwaj, P. K. 2017. “Genome-wide analysis of miRNA and Tasi-RNAs in Zea mays in response to phosphate deficiency.” **Functional & Integrative Genomics,** Vol. 17, pp. 1-17.

Halliwell, B. 2009. “The wanderings of a free radical.” **Free Radical Biology and Medicime.** 46 : 531-542.

Harnying, W. 2006. “Free radicals and Antioxidants in mechanism of cancer.” **KKU Science Journal**. 34 (3) : 199-208.

Hassanpour, H., Hamidoghli, Y., Hajilo, J., and Adlipour, M. 2011. “Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (Cornus mas L.) genotypes in Iran.” **Sci. Hortic.** 129 : 459-463

He, F., Zhao, L., Zheng, X., Abdelhai, M. H., Boateng, N. S., Zhang, X., & Zhang, H. 2020. “Investigating the effect of methyl jasmonate on the biocontrol activity of Meyerozyma guilliermondii against blue mold decay of apples and the possible mechanisms involved.” **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 109, Article 101454.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Huang and Hsieh, X. Huang, F.H. 2005. "Hsieh Physical properties, sensory attributes and consumer preference of pear fruit leather." **J. Food Eng.** 100 (2) (2005): 254-260.

IPGRI- INIBAP/CIRAD. 1996. **Descriptors for banana (Musa app.).** IPGRI, Rome, Italy /INIBAP, Monpellier, France/CIRAD, Monpellier, France.

Jiang, L., Jin, P., Wang, L., Yu, X., Wang, H., & Zheng, Y. 2015. "Methyl jasmonate primes defense responses against Botrytis cinerea and reduces disease development in harvested table grapes." **Scientia Horticulturae**, 192, 218–223.

Jin Kang, G., Dang, H., Chul Han, S., Jin Kang, N., Hwan Koo, D., Sang Koh, Y., n, J.W., Kyoung Kang, H., Jung, J.H. and Sook Yoo,E., 2013, "Methyl 5-4.5-didehydrojasmonate (J7) Inhibits Macrophage-Derived Chemokine Production via Down-Regulation of the Signal Transducers and Activators of Transcription 1 Pathway in HaCaT Human Keratinocytes", **Chemical & pharmaceutical bulletin**, Vol. 61, pp. 1002-1008.

Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H. and Wang, C.Y. 2009 "A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit" **Postharvest Biology and Technology**, Vol. 52, pp. 24-29.

Kernprai, Y. and Supapvanich, S. 2016. "Effects of Methyl Jasmonate on Physical Quality of Guava Fruit cv. 'Kimju' during Cold Storage." **Songklanakarin Journal of Plant Science**, Vol. 3, Suppl. (I): M07/126-131

Kondo, S., and Fukuda, K. 2001. "Changes of jasmonates in grape berries and their possible roles in fruit development." **Scientia Horticulturae**, 91(3), 275-288.

Kondo, S., Kittikorn, M. and Kanlayanarat, S. 2005. "Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates." **Postharvest Biology and Technology** 36: 309-318.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kondo, S., Yamada, H. and Setha, S., 2007. “Effect of jasmonates differe ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears”, **Journal American Society for Horticultural Science**, 132: 120-125.

LI Can-ying, CHENG Yuan, HOU Jia-bao, ZHU Jie, SUN Lei, GE Yong-hong. 2021. “Application of methyl jasmonate postharvest maintains the quality of Nanguo pears by regulating mitochondrial energy metabolism.” **Journal of Integrative Agriculture**. 1-9.

Li, D.-P., Xu, Y.-F., Sun, L.-P., Liu, L.-X., Hu, X.-L., Li, D.-Q., & Shu, H.-R. 2006. “Salicylic acid, ethephon, and methyl jasmonate enhance ester regeneration in 1-MCP-treated apple fruit after long-term cold storage.” **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54 (11), 3887–3895.

Li, H., Suo, J., Han, Y., Liang, C., Jin, M., Zhang, Z., & Rao, J. 2017. “The effect of 1-methylcyclopropene, methyl jasmonate and methyl salicylate on lignin accumulation and gene expression in postharvest ‘Xuxiang’ kiwifruit during cold storage.” **Postharvest Biology and Technology**, 124, 107–118.

Li, J., Zhang, K., Meng, Y., Hu, J., Ding, M., Bian, J., Yan, M., Han, J. and Zhou, M. 2018. “Jasmonic acid/ethylene signaling coordinates hydroxycinnamic acid amides biosynthesis through ORA59 transcription factor.” **The Plant Journal,** Vol. 95, pp. 444-457.

Li, T., Hu, Y., Du, X., Tang, H., Shen, C. and Wu, J. 2014. “Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress in Torreya grandis cv. Merrillii seedlings by activating photosynthesis and enhancing antioxidant systems.” **PLOS ONE,** Vol. 9, pp. 1-9.

Liaaen-Jensen Synnove, 2004. Basic carotenoid chemistry, Carotenoids in Health and Disease, **Marcel Dekker., New York.** pp. 1-31

Liang, X, Shen, N.F, and Theologis, A. 1996. Li (+)-regulated 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene expression in Arabidopsis thaliana." **Plant J.** 10 : 1027-1036.

Lihua Zhang, Shunfeng Li, Xinghua Liu, Chenlong Song, Xing Liu. 2012. “Effects of ethephon on physicochemical and quality properties of kiwifruit during Ripening.” **Postharvest Biology and Technology.** pp. 69-75.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lin, Z., Chen, T., Zhou, L., and Yang, H. 2022. “Effect of chlorine sanitizer on metabolic responses of Escherichia coli biofilms "big six" during cross-contamination from abiotic surface to sponge cake.” **Food Research International**, 157, Article 111361.

Luo H, He W W, Li D J, Bao Y H, Riaz A, Xiao Y D, Song J F, Liu C Q. 2020. “Effect of methyl jasmonate on carotenoids biosynthesis in germinated maize kernels.” **Food Chemistry**. 307, 125525.

Lyons, J.M., 1973, "Chilling injury in plants", **Annual Review of Plant Biology**, Vol. 24, pp. 445-466.

Macheix, J.J., Fleuriet, A. and Billot, J., 1990. **Fruits Phenolics. CRC Press**, Florida.

Machlin,L.J, and Bendich, A. 1987. “Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. ” **The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology.** : ,441-445.

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

Marjorie Reyes-Díaz, Tomas Lobos, Liliana Cardemil, Adriano Nunes-Nesi, Jorge Retamales, Laura Jaakola, Miren Alberdi and Alejandra Ribera-Fonseca. 2016. “Methyl Jasmonate: An Alternative for Improving the Quality and Health Properties of Fresh Fruits.” **Molecules**. 2016,21, 567.

Martínez-Espla, A.; García-Pastor, M. E.; Zapata, P. J.; Guille´ n,´ F.; Serrano, M.; Valero, D.; Girones-Vilaplana. 2017. “A. Preharvest´ application of oxalic acid improves quality and phytochemical content of artichoke (Cynara scolymus L.) at harvest and during storage.” **Food Chem.** 230, 343−349.

Martínez-Espla, A.; Zapata, P. J.; Castillo, S.; Guille´ n, F.;´ Martínez-Romero, D.; Valero, D.; Serrano, M. 2014. “Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 1. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest.” **Postharvest Biology and Technology.** 98, 98−105.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Martinez-Ferrer, M. A. G. A. L. Y., and Harper, C. 2005. “Reduction in microbial growth and improvement of storage quality in fresh-cut pineapple after methyl jasmonate treatment.” **Journal of Food Quality,** 28(1), 3-12.

Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., and Fuchs, Y. 1996. “Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate.” **Canadian journal of botany**,74(6), pp. 870-874.

Min, D., Li, F., Zhang, X., Cui, X., Shu, P., Dong, L., & Ren, C. (2018). “SIMYC2 involved in methyl jasmonate-induced tomato fruit chilling tolerance.” **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 66(12), 3110–3117.

Modesti, M., Petriccione, M., Forniti, R., Zampella, L., Scortichini, M., & Mencarelli, F. (2018). “Methyl jasmonate and ozone affect the antioxidant system and the quality of wine grape during postharvest partial dehydration.” **Food Research International**, 112, 369–377.

Mohammed, M. and Barthwaite, R.A.I., 2000, "Ripening effects on the chilling sensitivity of processing and non-pocessing tomato cultivars.” **Journal of Applied Horticulture**, Vol. 2, pp. 76-78.

Moline, M. A., E. K. Heine, J. F. Case, C. M. Herren, and O. Schofield, 2000. “Spatial and temporal variability of bioluminescence potential in coastal regions.” **Proceedings of the 11th International Symposium on Bioluminescence and Chemiluminescence**, J. F. Case et al., Eds., World Scientific, 123–126.

Mustafa, M. A., Ali, A., Seymour, G., & Tucker, G. 2018. “Delayed pericarp hardening of cold stored mangosteen (Garcinia mangostana L.) upon pre-treatment with the stress hormones methyl jasmonate and salicylic acid.” **Scientia Horticulturae**, 230, 107–116.

Narikawa, Shinoyama & Fujii. 2000. “A β-rutinosidase from Penicillium ruglosum IFO 7242 that is a Peculiar Flavonoid Glycosidase.” **Biosci Biotechnol Biochem.** 64, 1317-1319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nascimento, R.C., Freire, O.O., Ribeiro, L.S., Araujo, M.B., Finger, F.L., Soares, M.A., Wilcken, C.F., Zanuncio, J.C. & Ribeiro, W.S. 2019. “Ripening of bananas using Bowdichia virgilioides Kunthleaves.” **Scientific Reports is the 5th most cited journal in the world.** 9, 1-6.

Nilpraprucк, P.,, Pradisthakarn, N., Authanithee, F., and Keebjan, P. 2008. “Effect of exo-genous methyl jasmonate on chilling injury and quality of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia.” **Silpakorn U Sci Tech J**, 2(2), 33-42.

Nuchadomrong, S. 2006. “Value and harmful of Free radical for human.” **KKU Science Journal**. 34 (2), 97-102.

Pan, L., Zhao, X., Chen, M., Fu, Y., Xiang, M., & Chen, J. 2020. “Effect of exogenous methyl jasmonate treatment on disease resistance of postharvest kiwifruit.” **Food Chemistry,** 305, Article 125483.

Papus, M. A. 1998. **Antioxidants Status, Diet, Nutrition and Health**. U.S.A: CRC Press 4489.

Paull, R.E. and Rohrbach, K.G. 1985. “Symptom development of chilling injury in pineapple fruit (*Ananas comosus*).” **Journal of the American Society for Horticultural Science** 110(1): 100–105.

Paull, R.E., 1990. “Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. In: C.Y. Wang (ed) Chilling Injury of Horticultural Crops.” **CRC Press, Boca Raton FL,** pp. 17-36.

Pauwel, L., Morreel, K., De Witte, E., Lammertyn, F., Van Montagu, M., Boerjan, W. and Goossens, A. 2008. “Mapping methyl jasmonate-mediated transcriptional reprogramming of metabolism and cell cycle progression in cultured Arabidopsis cells.” **Proceedings of the National Academy of Sciences.** 105(4), 1380-1385.

Pauwels, L., Morreel, K, De Witte, E., Lammertyn, F., Van Montagu, M., Boerjan, W. and Goossens, A. 2008. “Mapping methyl jasmonate-mediated transcriptional reprogramming of metabolism and cell cycle progression in cultured Arabidopsis cells.” **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 105(4), 1380-1385.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Promyou, S., S. Ketsa, and W.G. van Doorn. 2012. "Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers." **Postharvest Biol. Technol.** 64:104–110.

Purvis, A.C., 2004, "Regulation of oxidative stress in horticultural crops", **HortScience,** Vol. 39, pp. 930-932.

Qin, G. H., Wei, S. W., Tao, S. T., Zhang, H. P., Huang, W. J., Yao, G. F., ... Zhang, S. L. (2017). "Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on aromatic volatile biosynthesis by 'Nanguoli' fruit at different harvest maturity stages." New Zealand **Journal of Crop and Horticultural Science**, 45(3), 191–201.

Raison, J. K. and Orr. 1990. "Proposal for a better understanding of the molecular basis of chilling injury." **Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press**, Boca Raton. pp. 146-164.

Rehman, M., Singh, Z., & Khurshid, T. (2018). "Methyl jasmonate alleviates chilling injury and regulates fruit quality in 'Midknight' Valencia orange." **Postharvest Biology and Technology**, 141, 58–62.

Roe, J.H., Mary, B.M., Oesterling, M.J. and Charlotle, M.D. 1948. "The determination of diketo-gulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2,4-dinitrophenyl hydrazine method." **The Journal of Biological Chemistry,** Vol. 174, pp. 201-208.

Ruan, J., Zhou, Y., Zhou, M., Yan, J., Khurshid, M., Weng, W., Cheng, J. and Zhang, K., 2019, "Jasmonic Acid Signaling Pathway in Plants", **International Journal of Molecular Sciences,** Vol. 20, pp. 1-15.

Rudell DR, Fellmann JK, Mattheis JP. 2005. "Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence," **HortScience.** vol. 40 (pg. 1760-1762)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rudell DR, Mattheis JP, Fan X, Fellman JK. 2002. “Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in ‘Fuji’ apples” **Journal of the American Society for Horticultural Science.** vol. 127 (pg. 435-444)

Rui, H., Cao, S., Shang, H., Jin, P., Wang, K. and Zheng, Y., 2010, "Effects of heat treatment on internal browning and membrane fatty acid in loquat fruit in response to chilling stress”, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Vol. 90, pp. 1557-1561.

Saltveit, M.E. and Morris, L.L. 1990. “Overview of chilling injury of horticultural crops. In Chilling Injury of Horticultural Crops (C.Y. Wang, ed.)” **C.R.C. Press, Boca Raton,** Fla. 302 pp.

Sangprayoon, P., Supapvanich, S., Youryon, P., Wongs-Aree, C. and Boonyaritthongchai, P. 2019. “Efficiency of salicylic acid or methyl jasmonate immersions on internal browning alleviation and physicochemical quality of Queen pineapple cv. “Sawi” fruit during cold storage.” **Journal of Food Biochemistry**, doi.10.1111/jfbc.13059.

Sangprayoon, P., Supapvanich, S., Youryon, P., Wongs-Aree, C., & Boonyaritthongchai, P. (2019). “Efficiency of salicylic acid or methyl jasmonate immersions on internal browning alleviation and physicochemical quality of Queen pineapple cv. “Sawi” fruit during cold storage.” **Journal of Food Biochemistry**, 43(12), Article e13059.

Saniewsky, M., Urbanek, H. and Czapsky, J., 1997, “Effect of methyl jasmonate on ethylene production, chlorophyll degradation and polygalacturonase activity in tomatoes” **Journal of Plant Physiology.** 127: 177-181.

Sevillano, L, Sanchez-Ballesta, M., Romojaro, F. and Flores, F., 2009, "Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact, **Journal of the Science of Food and Agriculture,** Vol. 89, pp. 555-573.

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

Shewfelt, R.L. and del Rosario, B.A. 2000. “The role of lipid peroxidation in storage disorders of fresh fruits and vetgetables.” **HortScience** 35:575-579.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shinichi Someyaa, Yumiko Yoshikib, Kazuyoshi Okubo. 2002. “Antioxidant compounds from bananas (Musa Cavendish).” **Food Chemistry**. 79 (2002) 351–354.

Siboza, X. I., Bertling, I., & Odindo, A. O. 2017. “Enzymatic antioxidants in response to methyl jasmonate and salicylic acid and their effect on chilling tolerance in lemon fruit Citrus limon (L.) Burm. F.” **Scientia Horticulturae**, 225, 659–667.

Silayoi, B. 2002. **Banana.** 3rd ed. Kasetsart University Publ., Bangkok. 357 pp.

Simmonds N.N., 1966. **Banana.** 2nd Edition, Longman Publishers London.

Simpson, K. L., Tsou, I. S. T. C. & Chichester, C. O. 1989. **Biochemical methodology for the assessment of carotene.** The International Vitamin A Consultative Group (IVACG).

Siriboon., N. and Banlusilp., P. 2004. “A Study on the Ripening Process of ‘Namwa’ Banana.” **Faculty of Biotechnology**, Assumption University Bangkok, Thailand. pp. 159-164.

Siripanich, J. 1999. Physiology and Post-harvest Fruits and Vegetables. 4th edition. Kasetsart University, Thailand. 396 pp.

Siripanich, J. 2006. Postharvest Biology and Plant Senescence. 1st edition. Kasetsart University, Thailand. 453pp.

Siti Hajar Othman, Nur Athirah Abdullah, Norhazirah Nordin, Nor Nadiah Abdul Karim Shah, Mohd Zuhair Mohd Nor and Khairul Faezah Md Yunos. 2021. “Shelf life extension of Saba banana: Effect of preparation, vacuum packaging, and storage temperature.” **Food Packaging and Shelf Life**. 7 pp.

Slinkard, K., and Singleton, V.L., 1977. “Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods.” **American journal of Enology and Viticulture.** 28:49-55.

Smirnoff, N. and Wheeler, G. L. 2000. “Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function.” **Critical reviews in biochemistry and molecular biology,** 37: 49-55.

Someya, S., Yoshiki, Y. and Okudo, K. 2002. “Antioxidant compounds from banana (*Musa* Cavendish).” **Food Chemistry**. 79(3). pp. 351-354.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Supapvanich, S. and Promyou, S. 2013. “Efficiency of salicylic acid application on postharvest perishable crops. Salicylic Acid; Plant Growth and Development, XVIII, Hayat, Shamsul; Ahmad, Aqil; Alyemeni, Mohammed Nasser (Eds.).” **New York: Springer Publication.** 339-355 pp.

Supapvanich, S., Arkajak, R., and Yalai, K., 2012. “Maintenance of postharvest quality and bioactive compounds of fresh-cut sweet leaf bush (Sauropus androgynus L. Merr.) through hot $CaCl_2$ dips.” **Food science and Technology.** 47:2262-2670.

Su-Yan Wang, Xin-Chi Shi, Feng-Quan Liu, Pedro Laborda. 2021. “Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review.” **Food Chemistry**. Volume 353, 129482.

Su-Yan Wang, Xin-Chi Shi, Feng-Quan Liu and Pedro Laborda. 2021. “Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review.” **Food Chemistry.** Vol. 353, pp. 12

Tang, W., Zhu, S., Li, L., Liu, D., & Irving, D. E. 2010. “Differential expressions of PR1 and chitinase genes in harvested bananas during ripening, and in response to ethephon, benzothiadizole and methyl jasmonate.” **Postharvest Biology and Technology**, 57(2), 86–91.

Ueda, J., Miyamoto, K. and Kato, J. 1991. “Identification of jasmonic acid from Euglena gracilis Z as a plant growth regulator.” **Agricultural and Biological Chemistry,** 55: 275-276.

Valmayor, R.V. Valmayor, S.H. Jamaluddin, B. Silayoi, S. Kusumo, L.D. Danh, O.C. Pascua, R.R.C. 1999. Espino Banana cultivar names and synonyms in Southeast Asia, advancing banana and plantain R&D A.B. Molina, V.N. Roa (Eds.), **Proceeding of the 9th INIBAP-ASPNET Regional Advisory Committee Meeting, Guanzhou,** China (1999), pp. 55-65

Vijayakumar S., Presannakumar G., Vijayalakshm,N.R., 2008, “Antioxidant activity of banana flavonoids” **Journal of Fitoterapia.** Vol.79, pp.279-282.

Vu H.T. Vu, C.J. Scarlett, Q.V. Vuong. 2018. “Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review” **J. Funct. Foods**. 40 (2018), pp. 238-248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wang Y.,Lu W.,Jiang Y.,Luol Y.,Jiang W.,Joyce D., 2006, "Expression of ethylene-related expanisin genes in cool-stored ripening banana fruit (Musa sp.cv. Williams, Cavendish sub-group AAA)" **Journal of Plant science** Vol.170, pp.962-9677.

Wang, C. Y., and Buta, J.G. 1999. "Methyl jasmonate improves quality of stored zucchini squash." **Journal of Food Quality,** 22(6), 663-670.

Wang, C.Y. 1998. "Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes." **Postharvest Biology and Technology**, 14: 179-183.

Wang, H., Kou, X., Wu, C., Fan, G., & Li, T. 2020. "Methyl jasmonate induces the resistance of postharvest blueberry to gray mold caused by Botrytis cinerea." **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 100(11), 4272–4281.

Wang, K., Jin, P., Cao, S., Shang, H., Yang, Z., & Zheng, Y. 2009. "Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in Chinese bayberries." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 57(13), 5809–5815.

Wang, Y., Gao, L., Wang, Q., & Zuo, J. 2019. "Low temperature conditioning combined with methyl jasmonate can reduce chilling injury in bell pepper." **Scientia Horticulturae**, 243, 434–439.

Wang, Y.-W., Malladi, A., Doyle, J. W., Scherm, H., & Nambeesan, S. U. 2018. "The effect of ethephon, abscisic acid, and methyl jasmonate on fruit ripening in Rabbiteye blueberry (Vaccinium virgatum)." **Horticulturae**, 4(3), 24.

Wasternack, C. and Hause, B. 2013. "Jasmonates: Biosynthesis, perception, signal transduction and action in plant strees response, growth and development." **Annals of Botany,** Vol. 68, pp. 1303-1321.

Wasternack, C. and Song, S., 2017, "Jasmonates: Biosynthesis, metabolism, and signaling by proteins activating and repressing transcription", **Journal of Experimental Botany,** Vol. 68, pp. 1303-1321.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wise, R.R. and Naylor, A.W., 1987, "Chilling-enhanced photophylls, chilling enhanced photooxidation the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure", **Plant Physiology**. Vol. 83, pp. 272-277.

Wu, Y.-Y., Liu, X.-F., Fu, B.-L., Zhang, Q.-Y., Tong, Y., Wang, J., ... Yin, X.-R. 2020. "Methyl jasmonate enhances ethylene synthesis in kiwifruit by inducing NAC genes that activate ACS1." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 68(10), 3267–3276.

Yang, S., Chen, Y., Yang, E. N., Su, X., and Jiang, Y. 2011. "Effect of methyl jasmonate on pericarp browning of posthavest lychees." **Journal of Food Processing and Preservation,** 35(4), 417-422.

Yang, Z,. Cao, S. Zheng, Y. and Jiang, Y. 2012. "Combined salicylic acid and ultrasound treatment for reducing the chilling injury on peach fruit." **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. 60: 1209-1212.

Yao, H,, and Tian, S. 2005. "Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage." **Postharvest Biology and Technology**, 35(3), 253-262.

Youryon, P. and Supapvanich, S. 2016. "Quality and bioactive compounds of ripe 'Kluai Nam Wa' and 'Kluai Khai' bananas during storage." **International Food Research Journal**. 23(3): 1027-1032.

Youryon, P. and Supapvanich, S. 2017. "Physicochemical quality and antioxidant changes in 'Leb Mue Nang' banana fruit during ripening." **Agriculture and Natural Resources**. Vol. 51. Pp. 47-52.

Youryon, P., Supapvanich, S., Kongtrakool, P. and Wongs-Aree, C., 2018, "Calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations alleviate the internal browning of Queen pineapple in refrigerated storage", **Horticulture, Environment and Biotechnology**, Vol. 59, pp. 205-213.

Yu, L., Liu, H., Shao, X., Yu, F., Wei, Y., Ni, Z., Xu, F., & Wang, H. 2016. "Effects of hot air and methyl jasmonate treatment on the metabolism of soluble sugars in peach fruit during cold storage." **Postharvest Biology and Technology**, 113, 8–16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhang, R. H. ; Mustafa, A. F. ; Zhao, X., 2006. “Blood metabolites and fatty acid composition of milk and cheese from ewes fed oilseeds.” **Can. J. Anim. Sci.**, 86 (4): 547-556

Zhao, M. L., WANG, J. N., Shan, W., FAN, J. G., KUANG, J. F., WU, K. Q,, and LU, W. J. 2013. “Induction of jasmonate signalling regulators MaMYC2s and their physical interactions with MaICE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit.” **Plant, cell and environment**, 36(1), 30-51.

Zhu, S., & Ma, B. 2007. “Benzothiadiazole- or methyl jasmonate-induced resistance to Colletotrichum musae in harvested banana fruit is related to elevated defense enzyme activities.” **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 82(4), 500–506.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารสำหรับการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี Antioxidant Activity (DPPH)

การเตรียมสาร DPPH 2,2-Diphenyl-1-picnylhycrazyl ความเข้มข้น 10 mM ชั่ง 0.039432 ละลายใน Methanol ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

การเตรียมสาร DPPH 2,2-Diphenyl-1-picnylhycrazyl ให้ได้ความเข้มข้น 1 mM ใช้ความเข้มข้น 10 mM นำมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร

เตรียมสารสำหรับการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี antioxidant capacity (FRAP)

การเตรียม Acetate buffer 300 mM pH 3.6 ละลาย Sodium Acetate hydrate 1.55 กรัม ใน Acetic acid 8 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร

การเตรียม 10 mM 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) ละลาย TPTZ 3.1233 กรัม ใน 1,000 มิลลิลิตร ของสารละลาย HCL 40 mM

การเตรียม $FeCl_3$ 20 mM ละลาย FeCl3 5.406 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

เตรียมสารสำหรับการสกัด Total phenolic content (TPC)

การเตรียม Folin 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้ Folin 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

การเตรียม Na_2CO_3 7.5 เปอร์เซ็นต์ ชั่ง Na2CO3 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

เตรียมสารสำหรับ Total flavonoid content

การเตรียม 5% $NaNO_2$ เตรียมโดยชั่ง NaNO2 5 กรัม แล้วทำการละลายในน้ำกลั่น ปรับ ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

การเตรียม 10% $AlCl_3$ เตรียมโดยการชั่ง AlCl3 10 กรัม แล้วละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตร เป็น 100 มิลลิลิตร

การเตรียม 1M NaOH เตรียมโดยการชั่ง NaOH 4 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตร เป็น 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดลอง

ศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Table A1. Chilling injury (score) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Chilling injury (score)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	0.8	1.4	1.6	3.6[a]
MeJA 0.01 mM, 15 min	0.6	0.6	1.6	3.6[a]
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.6	0.6	1.2	1.8[b]
MeJA 0.1 mM, 15 min	0.6	0.8	2.2	3.4[a]
MeJA 0.1 mM, 30 min	0.6	0.8	1.2	2[b]
F-test	ns	ns	ns	*

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A2. Changes of peel color values *L** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Changes of peel color values *L**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	50.686	55.521	57.759	49.475
MeJA 0.01 mM, 15 min	49.922	52.885	52.571	55.662
MeJA 0.01 mM, 30 min	52.769	53.22	53.461	61.385
MeJA 0.1 mM, 15 min	50.804	54.753	52.377	54.986
MeJA 0.1 mM, 30 min	50.894	52.642	51.752	55.53
F-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A3. Changes of peel color values *a** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Changes of peel color values *a**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	-18.844	-18.464	-14.462	-4.37[a]
MeJA 0.01 mM, 15 min	-18.707	-18.738	-16.587	-4.578[a]
MeJA 0.01 mM, 30 min	-18.948	-18.414	-17.926	-10.929[b]
MeJA 0.1 mM, 15 min	-19.535	-18.943	-13.54	-5.284[a]
MeJA 0.1 mM, 30 min	-18.818	-18.434	-16.579	-13.036[b]
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	****

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A4. Changes of peel color values *b** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Changes of peel color values *b**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	33.312	35.907	33.814	38.135
MeJA 0.01 mM, 15 min	32.691	35.436	37.09	39.17
MeJA 0.01 mM, 30 min	33.964	35.993	40.576	48.323
MeJA 0.1 mM, 15 min	34.363	36.254	36.899	44.076
MeJA 0.1 mM, 30 min	33.821	34.788	36.958	40.951
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A5. Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 ℃ for 20 days.

Treatment	Weight loss (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	5.758	10.372	17.096	23.368
MeJA 0.01 mM, 15 min	6.019	10.521	16.844	23.352
MeJA 0.01 mM, 30 min	6.405	10.633	13.77	20.993
MeJA 0.1 mM, 15 min	7.26	9.681	19.345	25.599
MeJA 0.1 mM, 30 min	7.084	10.659	13.732	20.721
F-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A6. DPPH free radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 ℃ for 20 days.

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	4.465	4.196	4.608	4.962^{b}
MeJA 0.01 mM, 15 min	4.131	4.694	4.049	4.414^{b}
MeJA 0.01 mM, 30 min	4.274	4.939	4.46	6.986^{a}
MeJA 0.1 mM, 15 min	4.37	4.325	4.125	5.267^{b}
MeJA 0.1 mM, 30 min	4.707	4.352	3.908	5.027^{b}
F-test	ns	ns	ns	**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A7. Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Ferric reducing antioxidant potential (μmol g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	6.812[a]	4.664	4.343	9.09[b]
MeJA 0.01 mM, 15 min	6.517[a]	5.417	4.715	10.436[a]
MeJA 0.01 mM, 30 min	4.74[b]	6.153	5.894	7.612[c]
MeJA 0.1 mM, 15 min	4.149[bc]	4.232	5.597	8.864[bc]
MeJA 0.1 mM, 30 min	3.453[c]	5.669	4.616	8.664[bc]
F-test	**	ns	ns	**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A8. Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Total phenolic content (ug g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	2.378[a]	2.018[b]	2.302[a]	3.307[c]
MeJA 0.01 mM, 15 min	1.692[b]	2.204[ab]	1.863[b]	3.8[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	1.816[b]	2.366[a]	1.736[bc]	3.219[c]
MeJA 0.1 mM, 15 min	1.873[b]	1.879[b]	1.574[c]	4.04[a]
MeJA 0.1 mM, 30 min	1.544[b]	2.211[ab]	1.276[d]	3.222[c]
F-test	**	*	**	**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A9. Electrolyte leakage of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Electrolyte leakage (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	7.266	8.122	33.067[a]	13.898
MeJA 0.01 mM, 15 min	7.145	7.453	15.513[c]	13.334
MeJA 0.01 mM, 30 min	4.876	7.194	11.033[d]	13.713
MeJA 0.1 mM, 15 min	5.269	7.292	21.642[b]	13.827
MeJA 0.1 mM, 30 min	4.992	8.639	12.23[d]	13.196
F-test	ns	ns	**	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A10. Malondialdehyde content (MDA) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Malondialdehyde content (nmol g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	0.095[b]	0.224[a]	0.276[b]	0.701[ab]
MeJA 0.01 mM, 15 min	0.085[b]	0.11[b]	0.18[c]	0.628[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.097[b]	0.109[b]	0.204[c]	0.631[b]
MeJA 0.1 mM, 15 min	0.099[b]	0.125[b]	0.276[b]	0.768[a]
MeJA 0.1 mM, 30 min	0.146[a]	0.111[b]	0.606[a]	0.606[b]
F-test	**	**	**	*

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A11. Lipoxygenase (LOX) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with 0, 0.01 and 0.1 mM MeJA solution soaked for 15 and 30 min at 13 °C for 20 days.

Treatment	Lipoxygenase (U g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	21.768^{c}	35.149^{c}	69.651^{a}	67.415^{a}
MeJA 0.01 mM, 15 min	19.181^{c}	52.100^{b}	47.226^{bc}	24.364^{c}
MeJA 0.01 mM, 30 min	37.439^{b}	14.603^{d}	23.919^{d}	20.912^{c}
MeJA 0.1 mM, 15 min	32.329^{b}	67.574^{a}	65.17^{ab}	37.618^{b}
MeJA 0.1 mM, 30 min	48.057^{a}	40.062^{c}	31.788^{cd}	21.942^{c}
F-test	**	**	**	**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มต่อการสุกของผลกล้วยเล็บมือนางหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Table A12. Skin damage (score) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Skin damage (score)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	0.6	0.8	1.4	1.8
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.6	0.6	1	1.6
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A13. Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Weight loss (%)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	3.494	8.598	13.267	17.322
MeJA 0.01 mM, 30 min	3.493	8.786	11.347	14.726
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A14. Firmness of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Firmness (N)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	4.628	3.033	2.66	2.171
MeJA 0.01 mM, 30 min	4.645	3.161	2.878	2.229
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A15. Changes of peel color values *L** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Changes of peel color values *L**			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	65.207	74.268[a]	72.258	66.748
MeJA 0.01 mM, 30 min	61.642	71.642[b]	70.833	65.28
T-test	ns	*	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A16. Changes of peel color values *a** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Changes of peel color values *a**			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	-10.948	1.727[b]	5.353	6.767
MeJA 0.01 mM, 30 min	-9.694	2.95[a]	5.57	6.028
T-test	**ns**	*	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A17. Changes of peel color values *b** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Changes of peel color values *b**			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	50.427	59.053	59.203	54.449
MeJA 0.01 mM, 30 min	48.285	58.985	56.194	54.324
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A18. Total soluble solids of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Total soluble solids (%Brix)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	1.92	2.44	2.46[a]	2.46
MeJA 0.01 mM, 30 min	1.66	2.4	2.22[b]	2.44
T-test	ns	ns	*	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A19. Total sugar of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Total sugar (mg glucose/gFW)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	193639.1	423560.6	618106.1	913360.4
MeJA 0.01 mM, 30 min	231028.1	392759.7	549080.1	857018.4
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A20. Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Ferric reducing antioxidant potential (μmol g^{-1})			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	2.865	1.614[a]	1.799	1.771
MeJA 0.01 mM, 30 min	2.624	1.163[b]	2.222	1.606
T-test	ns	*	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A21. DPPH free radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	2.472	3.948	2.239[b]	3.57[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	1.998	4.135	4.253[a]	4.95[a]
T-test	ns	ns	**	*

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A22. Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Total phenolic content (ug g^{-1})			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	0.571	0.439	0.448	0.488
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.553	0.364	0.464	0.391
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A23. Total flavonoid content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Total flavonoid content (µg Catechin/gFW)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	0.822	0.818	0.802	0.838
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.812	0.809	0.812	0.816
T-test	ns	ns	ns	ns

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A24. Ascorbic acid content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas treated with artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and 0.01 mM MeJA solution soaked for 30 minute after that they were immersed in 500 ppm ethephon and then stored at room temperature for 8 days.

Treatment	Ascorbic acid content (µg/gFW)			
	Day 2	Day 4	Day 6	Day 8
Control	12.054[a]	13.251	17.288	13.876[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	7.812[b]	14.458	15.226	16.279[a]
T-test	**	ns	ns	*

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการแช่เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการบ่มด้วยเอทีฟอนหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Table A25. Chilling injury (score) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Chilling injury (score)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	1	1.8	3	3
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.8	1.4	2	2.2
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A26. Changes of peel color values *L** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Changes of peel color values *L**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	66.049	67.482	67.256	54.679[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	66.288	67.78	68.038	67.64[a]
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	*****

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A27. Changes of peel color values *a** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Changes of peel color values *a**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	1.346	-1.361	0.983	2.43
MeJA 0.01 mM, 30 min	-0.693	-0.253	-0.363	1.681
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A28. Changes of peel color values *b** of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Changes of peel color values *b**			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	53.843	51.766	56.073	42.358[b]
MeJA 0.01 mM, 30 min	56.118	55.435	56.489	55.663[a]
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	*****

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A29. Weight loss of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Weight loss (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	10.979	15.271	21.35	21.539
MeJA 0.01 mM, 30 min	10.566	15.621	19.118	16.654
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A30. Ferric reducing antioxidant potential of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Ferric reducing antioxidant potential (μmol g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	6.345	7.443[a]	4.957	6.556
MeJA 0.01 mM, 30 min	5.975	5.498[b]	4.233	6.586
T-test	**ns**	******	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A31. DPPH free radical scavenging activity of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	DPPH free radical scavenging activity (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	4.336	3.859	4.718	5.588
MeJA 0.01 mM, 30 min	3.787	3.976	4.083	5.239
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A32. Total phenolic content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Total phenolic content (ug g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	1.014	1.276	1.02[a]	0.963
MeJA 0.01 mM, 30 min	1.171	0.977	0.617[b]	1.197
T-test	**ns**	**ns**	**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A33. Electrolyte leakage of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Electrolyte leakage (%)			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	24.024	27.944	34.018	34.494
MeJA 0.01 mM, 30 min	22.39	27.8	34.44	26.721
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

Table A34. MDA content of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	MDA content (nmol g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	0.393	0.274	0.406	0.311
MeJA 0.01 mM, 30 min	0.351	0.223	0.395	0.286
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table A35. The lipoxygenase (LOX) of 'Kluai Leb Mu Nang' bananas untreated with MeJA (control) and the bananas treated with 0.01 mM MeJA solution for 30 minutes during storage at 13 °C for 20 days followed by artificial ripening (using 500 ppm ethephon) and then storage at room temperature for 2 days.

Treatment	Lipoxygenase (U g^{-1})			
	Day 5	Day 10	Day 15	Day 20
Control	41.678	44.049[a]	34.683[a]	28.252
MeJA 0.01 mM, 30 min	34.973	23.56[b]	25.474[b]	22.899
T-test	**ns**	**	*	**ns**

Mean with different lower case letters whithin the same column are significantly different (P≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวจีรวรรณ แก้วสกุล

วัน/เดือน/ปี เกิด 10 สิงหาคม 2542

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 298 หมู่ 7 ตำบลสลุย อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร 86140

ประวัติการศึกษา อนุบาล 1-2 โรงเรียนบ้านคันธทรัพย์ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

ประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนบ้านคันธทรัพย์ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

มัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนบ้านคันธทรัพย์ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

มัธยมศึกษาปีที่ 4-6 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนท่าแซะรัชดาภิเษก อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปัจจุบันศึกษาปริญญาโท หลักสูตรพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานการตีพิมพ์งานวิจัย 1. ผลของอุณหภูมิต่ำต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวในกล้วยเล็บมือนาง การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 7 และการประชุมระดับนานาชาติ ครั้งที่ 3

2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกล้วยเล็บมือนาง

การประชุมวิชาการระดับปริญญาบัณฑิตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้