# ประสิทธิภาพของไซยาโนโคบาลามินและเมทิลจัสโมเนทกักเก็บในลิโปโซม ต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี

# EFFECTS OF CYANOCOBALAMIN AND METHYL JASMONATE ENCAPSULATED IN LIPOSOME ON CHILLING INJURY ALLEVIATION OF 'QUEEN' PINEAPPLE CV. SAWI


**จุฑาวรรณ คงชนะ**

JUTAWAN KONGCHANA


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาพืชสวน**

**วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พ.ศ. 2565**

KMITL PRINCE OF CHUMPHON-2022-M-02-005


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# EFFECTS OF CYANOCOBALAMIN AND METHYL JASMONATE ENCAPSULATED IN LIPOSOME ON CHILLING INJURY ALLEVIATION OF 'QUEEN' PINEAPPLE CV. SAWI

JUTAWAN KONGCHANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS GRADUATE SCHOOL

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

2022

KMITL PRINCE OF CHUMPHON-2022-M-02-005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ประสิทธิภาพของไซยาโนโคบาลามินและเมทิลจัสโมเนทกักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาวจุฑาวรรณ คงชนะ |
| **รหัสประจำตัว** | 64620006 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | พืชสวน |
| **พ.ศ.** | 2565 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร.พรรณิภา ยั่วยล |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | รศ.ดร.สุริยัณห์ สุภาพวานิช |

# บทคัดย่อ

สับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี มีความไวต่ออาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท (MeJA) สารละลายไซยาโนโคบาลามิน (Cyn) และการใช้ MeJA ร่วมกับ Cyn กักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง 1) ศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทหรือ/และไซยาโนโคบาลามินต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี 2) ศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทผสมกับไซยาโนโคบาลามินที่กักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี โดยนำสับปะรดแช่ก้านในสารละลาย MeJA ผสมกับสารละลาย Cyn กักเก็บในลิโปโซม นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 13 ºC เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน จากนั้นย้ายไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ทำการประเมินความรุนแรงของการเกิดไส้สีน้ำตาล ค่าสีดัชนีความเป็นสีน้ำตาล การรั่วไหลของประจุ ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและกิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX) Polyphenol Oxidase (PPO) และ Catalase (CAT) เปรียบเทียบกับสับปะรดชุดควบคุม ผลการทดลองที่ 1 การแช่ก้านด้วย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM ร่วมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นพบอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้น การใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ร่วมกับ Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยพบว่าลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาล การรั่วไหลของประจุ กิจกรรมของเอนไซม์ LOX และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO อย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน และเพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน เพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงกว่าวิธีการอื่นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน ผลการทดลองที่ 2 การแช่ก้านด้วยน้ำและ MeJA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ร่วมกับ Cyn ความเข้มข้น 2 µM โดยทำการกักเก็บในลิโปโซม เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้แช่สารละลาย (ชุดควบคุม) พบว่าการใช้ MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ร่วมกับ Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM โดยทำการกักเก็บในลิโปโซมมีระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาล ปริมาณ MDA ลดลงภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ LOX และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการใช้สารละลาย MeJA และ Cyn สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วันได้ และการใช้สารละลาย MeJA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 mM ร่วมกับการใช้สารละลาย Cyn ที่ระดับความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีนพันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C ได้ดีกว่าสับปะรดชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ :** สับปะรด, เมทิลจัสโมเนท, ไซยาโนโคบาลามิน, ลิโปโซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Title** | Effects of cyanocobalamin and methyl jasmonate encapsulated in liposome on chilling injury alleviation of 'Queen' pineapple cv. Sawi |
| **Student** | Miss Jutawan Kongchana |
| **Student ID** | 64620006 |
| **Degree** | Master of Science |
| **Program** | Horticulture |
| **Year** | 2022 |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Pannipa Youryon |
| **Thesis Co-Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Suriyan Supapvanich |


## Abstract

Queen pineapple cv. Sawi is very sensitive to chilling injury (CI) during refrigeration. The objective of this research was to study the effects of methyl jasmonate (MeJA), cyanocobalamin (Cyn) or simultaneous MeJA and Cyn encapsulated in liposome on chilling injury alleviation of the Queen pineapples. This work consisted of two experiments; firstly, the effects of MeJA, Cyn and MeJA combined with Cyn by using peduncle infiltration on CI alleviation of the fruits during refrigerated at 13 ºC were observed and secondly, the effects of simultaneous MeJA and Cyn encapsulated in liposome on the CI alleviation were investigated. It was found that 0.01 or 0.1 mM MeJA, 2 µM Cyn or simultaneous 0.01 or 0.1 mM MeJA and 2 µM Cyn alleviated CI of the fruits during refrigeration. The simultaneous 0.1 mM MeJA and 2 µM Cyn treatment alleviated internal browning, electrolyte leakage, lipoxygenase (LOX) and polyphenol oxidase (PPO) and induced antioxidant activity (DPPH free radical scavenging activity) and catalase (CAT) of tissue adjacent to the core rather than other treatments. In the second experiment, the pineapples peduncle-infiltrated with simultaneous 0.1 mM MeJA and 2 µM Cyn encapsulated in liposome evidently alleviated CI and MDA content after refrigeration for 14 days. The activities of LOX and PPO of the treated fruits were lower than those of untreated fruits. The treatment enhanced antioxidant activity in tissue adjacent to the core of the fruit after cold storage for 7 days. These indicated that MeJA or Cyn peduncle infiltration could alleviate CI of Queen pineapples during refrigeration at 13 ºC for 14


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

days. The simultaneous 0.1 mM MeJA and 2 μM Cyn encapsulated in liposome effectively alleviated CI of Queen pineapples when compared to untreated fruits after refrigeration at 13ºC for 14 days.

**Keywords**: Pineapple, Methyl jasmonate, Cyanocobalamin, Liposome



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พรรณิภา ยั่วยล ได้รับการอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.สุริยัณห์ สุภาพวานิช ที่สละเวลา แรงกายในการให้คำแนะนำและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้และต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รชา เทพษร ที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขข้องบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากครอบครัว เพื่อน พี่ น้องและคณาจารย์ในหลักสูตรพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร จึงขอกราบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านได้ไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฑาวรรณ คงชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

**หน้า**


บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 สับปะรด.....4

2.2 ลักษณะทางคุณภาพของสับปะรด.....9

2.3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....9

2.4 อาการไส้สีน้ำตาล.....10

2.5 เมทิลจัสโมเนท.....13

2.6 ไซยาโนโคบาลามิน.....16

2.7 ลิโปโซม.....19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....22

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....22

3.2 วิธีการทดลอง.....24

3.3 การบันทึกผล.....26

3.4 การเตรียมลิโปโซม.....30

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....32

3.6 สถานที่ทำการทดลอง.....32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....33
4.1 ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี.....33
4.2 ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับไซยาโนโคบาลามินกักเก็บในลิโปโซมต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี.....50

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....65
5.1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามิน ต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....65
5.1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามินกักเก็บในลิโปโซมต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.....65

บรรณานุกรม.....66
ประวัติผู้เขียน.....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

**ตารางผนวกที่**

A1. Internal browning severity score of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....83

A2. Colour lightness (L* value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....84

A3. Colour greenness (-a* value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.. .....84

A4. Colour yellowness (b* value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....85

A5. Browning Index of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....85

A6. MDA content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....86

A7. Electrolyte leakage of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....86

A8. LOX activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days..... 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

**ตารางผนวกที่**

A9. PPO activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....87

A10. Total phenol content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....88

A11. CAT activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....88

A12. Ascorbic acid content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....89

A13. DPPH free radical scavenging activity (%) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....89

A14. Antioxidant capactivity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....90

A15. Internal browning severity score of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

**ตารางผนวกที่**

A16. Colour Lightness (L* value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....91

A17. Colour greenness (-a* value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....92

A18. Colour yellowness (b* value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.. .....92

A19. Browning Index of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....93

A20. MDA content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.. .....93

A21. Electrolyte leakage of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

**ตารางผนวกที่**

A22. LOX activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....94

A23. PPO activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.. .....95

A24. Total phenol content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....95

A25. CAT activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....96

A26. Ascorbic acid content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....96

A27. DPPH free radical scavenging of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days. .....97

A28. Antioxidant capactivity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

หน้า

**ภาพที่**


2.1 Morphological structure of pineapple. ....4

2.2 Reaction for Enzymatic Browning. ....11

2.3 Methyl jasmonate structure. ....13

2.4 Main pathway of jasmonate biosynthesis. ....14

2.5 Cyanocobalamin structure. ....17

2.6 The structure of a phospholipid molecule, a lipid bilayer and a liposome. ....20

2.7 Schematic representation of the main lipid based nanovesicular systems. ....21

3.1 Preparation of liposomes by thin-film hydration method. ....30

4.1 Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), 0.01 mM MeJA (B), 0.1 mM MeJA (C), 2 µm Cyn (D), 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (E), 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (F) during storage at 13±1 ºC for 7 days and then leaved at room temperature for 2 days....33

4.2 Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), 0.01 mM MeJA (B), 0.1 mM MeJA (C), 2 µm Cyn (D), 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (E), 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (F) during storage at 13±1 ºC for 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.. ....34

4.3 Internal Browning severity score of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days....35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

**ภาพที่**

4.4 Changes colour of lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn,0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....37

4.5 Browning Index (BI) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....38

4.6 Malondialdehyde content (MDA) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....40

4.7 Electrolyte leakage (El) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....40

4.8 Lipoxygenase (LOX) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

**ภาพที่**

4.9 Polyphenol Oxidase (PPO) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....43

4.10 Total phenol content (TPC) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....44

4.11 Catalase (CAT) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....45

4.12 Ascorbic acid of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....46

4.13 DPPH free radical scavenging (DPPH) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

**ภาพที่**

4.14 Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....48

4.15 Micrographs of encapsulated in liposome the simultaneous 0.1 mM MeJA and 2 µM Cyn.....50

4.16 Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), water (B), Liposome (C) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 day.....52

4.17 Internal Browning severity score of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....53

4.18 Changes colour of lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days .....55

4.19 Browning Index (BI) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

**ภาพที่**

4.20 Malondialdehyde content (MDA) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....57

4.21 Electrolyte leakage (El) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....58

4.22 Lipoxygenase (LOX) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....59

4.23 Polyphenol Oxidase (PPO) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....60

4.24 Total phenolics content (TPC) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....60

4.25 Catalase (CAT) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

**ภาพที่**

4.26 Ascorbic acid of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....62

4.27 DPPH free radical scavenging activity (DPPH) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....63

4.28 Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สับปะรด (*Ananas comosus*) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีกลิ่นหอมและรสหวานเป็นเอกลักษณ์ มีสารระเหยหลายชนิดและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาล วิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีน (Gardner et al., 2000) ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จัดเป็นอันดับสามรองจากกล้วยและส้มซึ่งเป็นพืชผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญที่สุดในโลก (Mohd-Alia, 2020 ; Coppens et al., 2011) ทำรายได้ให้ประเทศไทยเป็นจำนวนมากในการส่งออกผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.78 ต่อปี มีการส่งออกสับปะรดกระป๋องมากที่สุด 42.16 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) การส่งออกของสับปะรดในรูปผลสดแช่เย็นมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดในการสะท้านหนาว (Chilling injury) ซึ่งสับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อน จึงอ่อนแอต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (Nukuntornprakit et al., 2020) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันที่ 6, 10 และ 25 องศาเซลเซียส (Hong et al., 2013) อาการสะท้านหนาวในสับปะรดเป็นลักษณะอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาหรืออาการไส้สีน้ำตาล (Internal Browning) ซึ่งเป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว (Hong et al., 2013) ผลสับปะรดที่มีอาการไส้ซึม ไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดและผู้บริโภค (เบญจมาศ และสนทรรศน์, 2554) ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ (Smith, 1983) อาการไส้สีน้ำตาลเกี่ยวข้องกับการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของเอมไซม์ Polyphenol oxidases (PPO) มีความสัมพันธ์กับระดับของการเกิดสีน้ำตาล (Zhang et al, 2015 ; Derardja et al., 2019) ซึ่งเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดเกิดบริเวณเนื้อใกล้แกนผล (Paull and Rohrbach, 1985)

ในปัจจุบัน ได้มีการศึกษาการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท ที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเครียดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไมมีชีวิต (Cheong and Choi, 2003) การเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในการป้องกันตัวเองของพืช (Supapvanich and Promyou, 2013 ; Aghdam and Bodbodak, 2013) รายงานการใช้เมทิลจัสโมเนทหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสามารถลดรอยปื้นสีน้ำตาล สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักในฝรั่งพันธุ์กิมจู ที่ความเข้มข้น 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิโมลาร์ นาน 10 นาที (ยุรนันท์ และสุริยัณห์, 2559) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (ฤทัยรัตน์ และคณะ, 2555 ; Boonyaritthongchai and Supapvanich, 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า เมทิลจัสโมเนทสามารถลดการเข้าทำลายของโรคและแมลง ยืดอายุและรักษาคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว (Reyes-Díaz et al., 2016) การใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีน (Cyn) ในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดอย่างแพร่หลายในปัจุบัน เช่น การศึกษาในผลองุ่น Lo'ay (2017) ใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 9 ไมโครโมลาร์ มีประสิทธิภาพในการสร้างเม็ดสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูง ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพของผลองุ่นในช่วงอายุการเก็บรักษา Lo'ay (2010) ได้ศึกษาในผลพลับพันธุ์ 'Costatas' นำไปแช่ในสารละลายไซยาโนโคบาลามีน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่ามีสารแทนนินลดลงในวันที่ 5 ตลอดจนช่วงอายุของการเก็บรักษา การใช้ความเข้มข้นที่ 0.444 ไมโครโมลาร์ มีการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นและส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีลิโปโซม ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเป็นเครื่องมือที่สำคัญและหลากหลายในด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และอุตสาหกรรม (Lipowsky, 1991) โดยใช้หลักการของระบบนำส่ง (Delivery system) (ขวัญจิต และคณะ, 2557) ซึ่งลิโปโซมมีโครงสร้างเป็นไขมันชนิดฟอสโฟลิปิด คุณสมบัติคล้ายคลึงกับเยื่อหุ้มเซลล์ มีกลุ่มหัวที่ชอบน้ำและมีหางยาวสองตัวที่ไม่ชอบน้ำ (Patil and Jadhav, 2014) จัดเรียงตัวกันเป็นผนังสองชั้นหรือเป็นแผ่น รวมตัวกันเป็น bilayers (Ibrahim et al., 2017) เพื่อสร้างถุงน้ำทรงกลมที่สามารถกักเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้ในปริมาณสูง (Marinkovic, 2016) ช่วยลดความเป็นพิษของสารที่ถูกกักเก็บ สามารถเข้ากันได้กับร่างกาย ไม่ถูกทำลายระหว่างทางและทำให้ร่างกายดูดซึมเพื่อนำไปใช้ได้มากยิ่งขึ้น (Dua et al., 2012)

ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบนำส่งสารลิโปโซมที่กักเก็บสารละลายเมทิลจัสโมเนทและ/หรือสารละลายไซยาโนโคบาลามิน เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวีในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท และ/หรือสารละลายไซยาโนโคบาลามิน ต่อการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนสผสมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามินที่กักเก็บในลิโปโซม ต่อการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทและ/หรือสารละลายไซยาโนโคบาลามินต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีนพันธุ์สวีหลังการเก็บเกี่ยว และศึกษาประสิทธิภาพของการกักเก็บในลิโปโซมต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด โดยทำการตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพของผลสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการนำสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายไซยาโนโคบาลามินต่อการรักษาคุณภาพสับปะรด และศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บในลิโปโซมต่อการลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพหลังการเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 สับปะรด

สับปะรดจัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีเนื้ออ่อน ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ananas comosus* L. จัดอยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนทำให้ทนต่อช่วงแห้งแล้งได้ดี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมีระดับอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่แปรปรวนมากนัก (Barthomew and Kadzimin, 1977) มีอายุการเจริญนานหลายปีและสามารถปลูกได้ง่ายโดยใช้ หน่อ ตะเกียงและจุกในการขยายพันธุ์ (จิราพรรณ, 2548)

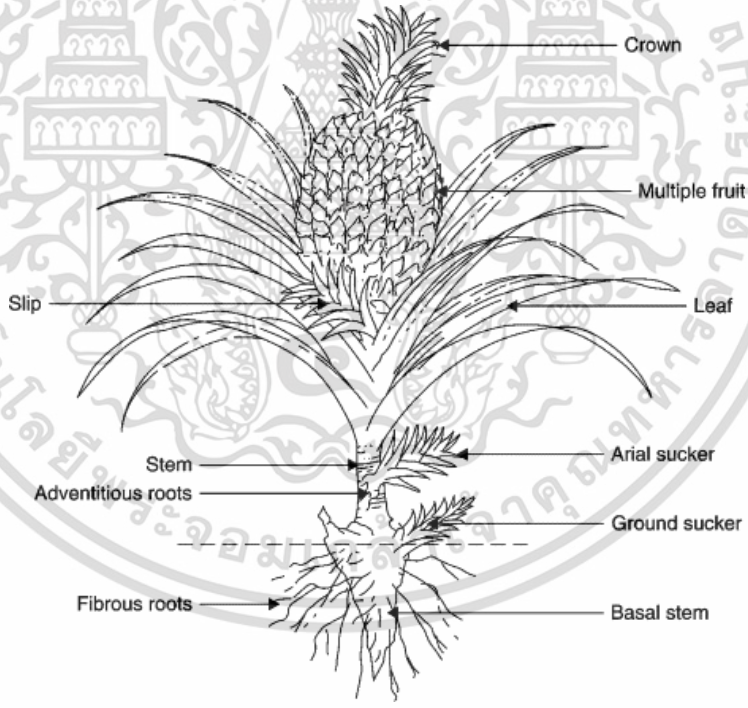


**Figure 2.1** Morphological structure of pineapple. (Hassan et al., 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1 ราก** สับปะรดมีระบบรากฝอย (fibrous root system) รากจะเกิดจากจุดกำเนิดรากที่อยู่ตามมุมใบของลำต้น ทั้งส่วนที่อยู่บนดินและใต้ดิน รากที่เกิดตามมุมบริเวณรอบลำต้น เรียกว่า รากมุมใบ (Axillary root) อาจช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับต้นสับปะรด ส่วนรากที่เจริญจากลำต้นใต้ดิน เรียกว่า รากดิน (soil root) จะกระจายอยู่ในบริเวณผิวดินตื้น ๆ ภายในพุ่มใบ (จิราพรรณ, 2548) หากดินมีสภาพร่วนซุยดีอาจแผ่กระจายออกไปด้านข้าง 1-2 เมตร และลึกประมาณ 0.85 เมตร (Coppens et al., 2011)

**2.1.2 ลำต้น** ลำสับปะรดมีลักษณะต้นสั้นและหนา มีรูปร่างคล้ายกระบองยาว สูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 – 3.5 เซนติเมตร ส่วนที่กว้างที่สุดจะกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร ลำต้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักจะตั้งตรง ส่วนที่อยู่ใต้ดินมักจะมีลักษณะโค้งงอ (จิราพรรณ, 2548) ลักษณะของลำต้นเป็นข้อปล้องสั้นตามรอยต่อของใบที่หลุดออกมา สามารถมองเห็นได้หลังจากที่ใบลอกออกจากลำต้น (Coppens et al., 2011) หน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดิน เรียกว่า หน่อข้างหรือหน่ออากาศ (shoot หรือ air sucker) หน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่ระดับผิวดินหรือใต้ดิน เรียกว่าหน่อดิน (ground sucker) (จินดารัฐ, 2541)

**2.1.3 ใบ** ใบของสับปะรดมีลักษณะการเรียงตัวของใบจะเป็นแบบเวียนรอบลำต้น เรียวแข็งและเป็นร่องโค้งคล้ายรางน้ำ มีความสำคัญในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย อาจมีละอองฝนหรือน้ำค้างตกลงมาและถูกรวบรวมไว้ยังซึ่งจะช่วยให้พืชเก็บน้ำและดูดซึมโดยใช้รากอากาศที่อยู่บริเวณลำต้น (Coppens et al., 2011) หรือบริเวณโคนใบทำให้รากมุมใบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (จินดารัฐ, 2541)

**2.1.4 ดอก** ดอกของสับปะรดจะเกิดบริเวณก้านช่อดอกซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญส่วนยอดของลำต้น มีช่อดอกอัดแน่นเป็นกระจุก มีช่อดอกแบบ raceme มีดอกย่อย 100-200 ดอก (จินดารัฐ, 2541) แต่ละดอกออกรอบแกนเวียนเป็นรูปก้นหอย สีของดอกจะมีสีม่วงปนแดง (ธงชัย, 2530)

**2.1.5 ผล** สับปะรดจัดเป็นผลแบบผลรวม (Multiple fruit) ที่เกิดจากผลแต่ละผลเชื่อมกับแกนของผลรวม ฐานของผลจะเชื่อมติดกันทุกผล (จินดารัฐ, 2541 ; Dull, 1971) ลักษณะรูปทรงคล้ายทรงกระบอก (จิราพรรณ, 2548) เมื่อผลแก่แป้งที่เก็บไว้ที่แกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลและจะค่อย ๆ ขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาติที่หวานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.6 พันธุ์สับปะรด**

สับปะรดมีการจำแนกพันธุ์ออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ Smooth Cayenne, Spanish, Queen, Pernambuco และ Mordilona โดยกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญทางการค้าแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม (Popluechai et al., 2007; จารุพันธุ์, 2526; จินดารัฐ, 2541)

**2.1.6.1 กลุ่ม Smooth Cayenne**

เป็นกลุ่มพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด เพื่อใช้บริโภคผลสดและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง มีลักษณะเฉพาะคือมีหนามเฉพาะบริเวณปลายใบ ผลเป็นรูปวงรีและมีขนาดปานกลาง เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากบริเวณฐานโดยไล่ขึ้น ส่วนบนของผลเนื้อมีสีเหลืองซีดนิ่มและฉ่ำน้ำ (อรอง, 2558) มีกรดอ่อน ไฟเบอร์ต่ำและมีผลผลิตสูง (Joy and Anjana, 2016) มีขนาดผลประมาณ 1.0 - 2.5 กิโลกรัม สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์ศรีราชา พันธุ์ MD-2 และพันธุ์นางแล (อรอง, 2558)

1) พันธุ์ปัตตาเวีย หรือพันธุ์ศรีราชา

สับปะรดพันธุ์นี้เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา มีลักษณะทั่วไป คือมีใบสีเขียวเข้มและเป็นร่องตรงกลาง ผิวใบเป็นมันเงา ใต้ใบมีสีเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อย กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลเป็นวงรีมีขนาดใหญ่โดยทั่วไปมีน้ำหนักเฉลี่ย 2 – 6 กิโลกรัมต่อผล (ธงชัย, 2530) ก้านผลสั้น มีไส้ใหญ่ เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อน (อรอง, 2558) เนื้อแน่นละเอียด กลิ่นหอม แกนผลค่อนข้างใหญ่ (ประธาน, 2544) มีรสชาติเปรี้ยวสำหรับผู้บริโภคและทำให้ภาพลักษณ์ของสับปะรดเป็นผลไม้ที่รสเปรี้ยว น้ำสับปะรดมีสีซีด ขุ่นและมีปริมาณน้ำตาลสูง (Chan et al., 2001)

2) พันธุ์นางแลหรือพันธุ์น้ำผึ้ง

พันธุ์นางแล เป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศมาปลูกที่ ตำบลนางแล อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพันธุ์ปัตตาเวีย ทั้งลักษณะของลำต้น ใบ ดอกและผล โดยมีขอบใบเรียบไม่มีหนามหรือมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ ผลมีขนาดเล็ก รูปทรงของผลกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตานูน เปลือกบาง ผลแก่เนื้อมีสีเหลืองเข้ม รสชาติหวานมากกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย มีกลิ่นหอมและเส้นใยน้อย เหมาะสำหรับบริโภคผลสด (จิราพรรณ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) พันธุ์ MD-2

พันธุ์ MD-2 หรือพันธุ์เหลืองสามร้อยยอดและพันธุ์หอมสุวรรณ มีการปลูกในระบบอุตสาหกรรมส่งออกในแถบจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (สันติ และคณะ, 2562) เป็นสับปะรดที่พัฒนาขึ้นที่ฮาวาย สหรัฐอเมริกา ลักษณะของใบมีสีเขียวตลอดใบ ผลแก่จะเปลี่ยนจากผิวสีเขียวเป็นสีเหลืองทองทั้งผล (ทวีศักดิ์, 2560) รสชาติที่หวาน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เนื้อมีสีเหลืองเข้ม เนื้อตัน แน่นและไม่เป็นโพรง เหมาะสำหรับบริโภคสด (Bartholomew, 2009)

**2.1.6.2 กลุ่ม Queen**

สับปะรดในกลุ่ม Queen เป็นกลุ่มที่นิยมบริโภคสด (อภิชาติ, 2554) มีลักษณะเฉพาะคือมีขนาดผลและใบเล็ก มีหนามรอบใบ ผลย่อยมีขนาดเล็ก เมื่อผลเริ่มสุกสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล มีเนื้อสีเหลืองทองปนส้ม รสชาติหวาน มีเนื้อกรอบ (อรอง, 2558) มีกรดน้อยกว่ากลุ่ม Smooth Cayenne มีเส้นใยต่ำ (Joy and Anjana, 2016) ขนาดผลประมาณ 0.5 - 1.0 กิโลกรัม สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์ตราดสีทอง พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์สวี เพชรบุรี 1 (พันธุ์ฉีกตา) และพันธุ์ภูแล (อรอง, 2558)

1) พันธุ์ภูเก็ตหรือพันธุ์สวี

เป็นสับปะรดที่มีลักษณะใบสีเขียวอ่อน มีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบ ขอบใบมีหนามเรียงติดกัน ผลมีขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม รูปร่างทรงกระบอก ตาค่อนข้างนูนและเปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกผลจะเป็นสีเหลือง (จินดารัฐ, 2541) เป็นกลุ่มที่นิยมบริโภคสด เพราะมีนี้เนื้อสีเหลืองเข้ม รสหวานกรอบมีเยื่อใยน้อยและมีกลิ่นหอม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 16.09 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (วราพันธุ์และคณะ, 2547) ซึ่งปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดชุมพร โดยปลูกระหว่างแถวของยางพาราที่อายุยังน้อย (เปรมระพี และคณะ, 2562)

2) พันธุ์ตราดสีทอง

พันธุ์ตราดสีทอง เป็นพันธุ์ที่ปลูกง่ายและปลูกได้ตลอดทั้งปี ผลมีขนาดใหญ่ กรอบ หวาน ใบมีสีเขียวอ่อนมีแถบหรือเส้นสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบมีหนามสีแดงรูปโค้ง ใบแคบและยาว จุกมีหนามคล้ายใบ ลักษณะของผลเป็นรูปทรงกระบอกสม่ำเสมอ เปลือกบาง สีเขียวอมส้ม ผลแก่มีสีเหลืองทั้งผล ตานูนและร่องลึก เนื้อละเอียด มีสีเหลืองเข้ม เนื้อและแกนกรอบ ไม่ฉ่ำน้ำ เยื่อใยน้อย รสหวานมาก มีกลิ่นหอม (เอมอร, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) พันธุ์ภูแล

พันธุ์ภูแล เป็นสับปะรดกลุ่ม Queen เพาะปลูกในตำบลนางแล พื้นที่จังหวัดเชียงราย มีลักษณะของใบที่เรียวเล็ก มีสีเขียวอ่อนและมีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบ ขอบใบมีหนามเรียงชิดติดกันตลอดความยาวของใบ ผลมีขนาดเล็ก ตั้งแต่ 1 – 1.5 กิโลกรัม รูปร่างทรงกลม จุกใหญ่ ตาเต่งตึงโปนออกมานอกผลอย่างเห็นได้ชัด เปลือกค่อนข้างหนา เหมาะสำหรับการขนส่งระยะไกล เมื่อผลสุกเปลือกผลจะมีสีเหลืองหรือเหลืองปนเขียว เนื้อสีเหลืองกรอบ มีกลิ่นหอม มีรสชาติหวาน (14-16 °Brix) มีปริมาณกรดโดยรวมเฉลี่ย 0.45 เปอร์เซ็นต์ (อรอง, 2558)

4) พันธุ์เพชรบุรี 1 หรือพันธุ์ฉีกตา

พันธุ์เพชรบุรี 1 เป็นสับปะรดที่มีการปรับปรุงสายพันธุ์จากประเทศไต้หวัน โดยกลุ่มวิชาการเกษตรที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเพชรบุรี เป็นผลสับปะรดขนาดใหญ่ น้ำหนัก 1.5 – 2 กิโลกรัม ตาโต ร่องตาลึก ลักษณะคล้ายพันธุ์ตราดสีทอง เนื้อสีเหลืองเข้มตลอดผล เยื่อใยน้อย รสชาติหวานและมีกลิ่นหอม ขอบใบมีหนามแหลมคม (สันติ และคณะ, 2562)

**2.1.6.3 กลุ่ม Spanish**

สับปะรดในกลุ่มนี้ เนื้อผลด้านในมีสีเหลืองจาง มีปริมาณเยื่อใยสูง (จินดารัฐ, 2541) มีลักษณะเฉพาะคือใบมีหนามหลากหลายรูปแบบขึ้นกับสายพันธุ์ ผลมีขนาดเล็กรีจนถึงทรงกระบอก ผลดิบมีเปลือกสีม่วงคล้ำและเปลี่ยนเป็นสีส้มทองแดงเมื่อผลสุก เนื้อสีเหลืองทอง มีปริมาณน้ำตาลและกรดต่ำ มีรสชาติอ่อน สับปะรดในกลุ่มนี้ ได้แก่ พันธุ์อินทรชิตแดงและพันธุ์อินทรชิตขาว (อรอง, 2558 ; Popluechai et al., 2007)

1) พันธุ์อินทรชิตแดง

สับปะรดพันธุ์อินทรชิตแดง เป็นพันธุ์สับปะรดที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย ใบมีสีเขียวอมน้ำตาลหรือสีเขียวคล้ำ ที่ขอบใบมีหนามที่งอโค้งแหลมคมมีสีน้ำตาลอมแดง และมักจะพบสีม่วงอมแดงพาดเป็นแถบตามขอบใบทั้งสองด้าน ขณะที่ทรงพุ่มใหญ่และแข็งแรงมาก ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเฉลี่ยจะมีน้ำหนัก 1 – 1.5 กิโลกรัมต่อผล ผลสับปะรดรูปทรงกระบอกตาลึกและมีขนาดเล็ก ไม่เหมาะที่จะใช้บรรจุเป็นสับปะรดกระป๋อง (ธงชัย, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) พันธุ์อินทรชิตขาวหรืออินทรชิตเขียว

สับปะรดพันธุ์อินทรชิตขาว ลักษณะของสับปะรดพันธุ์นี้จะมีใบสีเขียวอมเหลือง ทรงพุ่มใหญ่และแข็งแรงมาก แต่จะเล็กกว่าพันธุ์อินทรชิตแดง มีใบแคบและสั้นกว่า ขอบใบจะมีหนามแหลมงอโค้งไปทางปลายใบ มีน้ำหนักประมาณ 1 – 1.5 กิโลกรัมต่อผล มีผลรูปเป็นทรงกระบอก ตาลึก เนื้อมีสีเหลืองทอง รสชาติหวาน (ธงชัย, 2530)

## 2.2 ลักษณะทางคุณภาพของสับปะรด

สับปะรด จัดเป็นผลไม้ non-climacteric ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะไม่มีการพัฒนาของผลเพิ่มมากขึ้นหรือไม่สามารถบ่มให้สุกได้ มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนค่อนข้างต่ำในระยะเก็บเกี่ยว (Dull et al., 1967) จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลบริบูรณ์หรือพร้อมบริโภค หากเก็บเกี่ยวสับปะรดที่แก่เกินไป จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (ทวีศักดิ์, 2560) เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองทองกรอบและมีรสหวาน (14 - 18 %Brix) (อรอง, 2558) มีกลิ่นหอมหวานและมีอายุการเก็บนานผล อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา 13-15 องศาเซลเซียส (เบญจมาศ และสนทรรศน์, 2554) เป็นแหล่งของเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส ที่สามารถย่อยโปรตีนให้เปลี่ยนเป็นเปปไทด์สายสั้นและกรดอะมิโน ช่วยให้ร่างกายย่อยอาหารได้ดีขึ้น (อรอง, 2558) สับปะรดควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จึงจะมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Kader, 1996) โดยสับปะรดใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่การบังคับผลจนถึงระยะการเก็บเกี่ยวประมาณ 150-165 วัน (จินดารัฐ, 2541)

## 2.3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาและยืดอายุการวางจำหน่ายของผลผลิต เพราะอุณหภูมิต่ำลดกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ ช่วยให้ผลผลิตยังคงคุณภาพอยู่ได้ แต่การได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอาจทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้ผลผลิตแสดงอาการผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (Paull, 1990) การสะท้านหนาวมักเกิดขึ้นได้กับพืชทุกชนิดในเขตร้อน หลายชนิดในเขตอบอุ่นและบางชนิดในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทั้งภายในและภายนอกต้นพืชมีผลต่อการเกิดการสะท้านหนาว เนื้อเยื่อต่างชนิดกันในพืชต้นเดียวกันเกิดอาการได้ไม่เท่ากัน พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันเกิดอาการได้ต่างกัน เนื้อเยื่อชนิดเดียวกันแต่อายุไม่เท่ากันก็เกิดอาการไม่เท่ากัน พันธุ์ แหล่งปลูกและฤดูกาลในการปลูกต่างกันทำให้องค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลต่างกัน (จักรพงษ์ และจริงแท้, 2536) ความชื้นในบรรยากาศและแสงแดดก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่ออาการสะท้านหนาว โดยทั่วไปในสภาพความชื้นต่ำหรือเกิดการสูญเสียน้ำมากและสภาพแสงแดดแรงจะทำให้เกิดอาการนี้มากขึ้น (จริงแท้, 2549) อาการสะท้านหนาวสามารถพัฒนาและแสดงให้เห็นได้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะแสดงอาการชัดเจนเมื่อย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาการที่ปรากฏจะมีบริเวณและชนิดที่แตกต่างกันของพืช (Saltveit and Morris, 1990) สับปะรดในกลุ่ม Queen เกิดไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 8, 10, 13 และ 20 องศาเซลเซียส เมื่ออายุการเก็บรักษา 7 วัน (Youryon, 2008) และมีความเสี่ยงต่ออาการสะท้านหนาวมากกว่าสับปะรดกลุ่ม Smoot Cayenne (Nukuntornprakit et al., 2020) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของสับปะรด สำหรับสับปะรดที่ค่อนข้างสุกจะอยู่ที่ 10-13 องศาเซลเซียส และสำหรับสับปะรดสุกจะอยู่ที่ 8-10 องศาเซลเซียส (เบญจมาศ และสนทรรศน์, 2554)

## 2.4 อาการไส้สีน้ำตาล

### 2.4.1 การเกิดไส้สีน้ำตาล

อาการไส้สีน้ำตาล (Internal Browning) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่สำคัญของสับปะรด เป็นความเสียหายลักษณะหนึ่งของผลผลิตที่เกิดจากการรักษาในอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling Injury) หรือเรียกว่าอาการสะท้านหนาว ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับพืชเขตร้อนเมื่อรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12- 15 องศาเซลเซียส เช่น มะม่วง กล้วย มะละกอ (จริงแท้, 2542) สับปะรด (Paull and Rohrbach, 1985) ซึ่งในกลุ่ม Queen จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าและรุนแรงสับปะรดในกลุ่ม Smooth Cayenne (จักรพงษ์, 2536 ; อ้อมอรุณ, 2547) เกิดในพืชเมืองหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0-2 องศาเซลเซียส (Youryon et al., 2013) ลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมีหลายลักษณะ เช่น ผิวหรือเนื้อของผลิตผลเกิดรอยแผลเป็นสีน้ำตาลหรือดำ อาจพบรอยบุ๋มเนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป อาการไส้สีน้ำตาล สามารถพบได้ในสับปะรดและผลไม้หลายชนิด ในสับปะรดจะแสดงอาการโดยลักษณะภายนอกของสับปะรดจะเป็นปกติ ด้านในจะเห็นเป็นจุดสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้แกนผลจากนั้นค่อย ๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (Kader, 1996 ; Youryon et al., 2018 ; Dull, 1971) เมื่อผลผลิตสัมผัสอุณหภูมิต่ำหรือผลผลิตได้รับความเสียหายจะมีผลทำให้เซลเมมเบรนของเนื้อเยื่อเสื่อมสภาพเป็นเหตุทำให้สารต่าง ๆ สามารถผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้ง่าย (จักรพงษ์ และจริงแท้, 2536) และยังมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารฟีนอลมากขึ้นให้เปลี่ยนไปเป็นควิโนน (quinone) โดยเกิดจากเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) (ฤทัยรัตน์ และคณะ, 2555) กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชัน แล้วเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกรวม ๆ ว่า melanin (จริงแท้, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอล เป็นสารประกอบธรรมชาติ พบได้ในพืชหลายชนิดและปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชพันธุ์และสภาพแวดล้อม พืชสังเคราะห์ขึ้นใช้ในการป้องกันจากสิ่งมีชีวิตและความเครียดจากสิ่งแวดล้อม (Shetty, 1997) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ ตัวอย่างของสารประกอบฟีนอลิก เช่น แทนนิน ลิกนิน ไอโซฟลาโวนอยด์ ฟลาโวโนน และแอนโทไซนานิน เป็นต้น แม้ว่าจะพบสารประกอบฟีนอลมากในพืช แต่สารประกอบบางอย่างเท่านั้นที่ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นให้กับเอนไซม์ PPO ในพืชหลายชนิด ได้แก่ catechol แต่บางอย่างเป็นสารตั้งต้นในบางพืชเท่านั้น เช่น tyrosine นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์ PPO มีความเฉพาะเจาะจงกับชนิดของสารตั้งต้นในพืชแต่ละชนิด (จริงแท้, 2549)

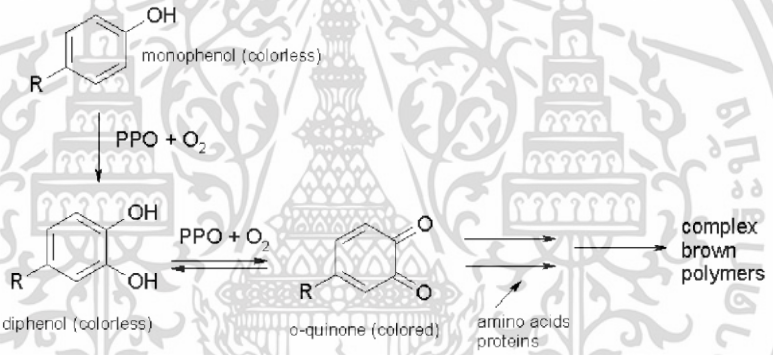


**Figure 2.2** Reaction for Enzymatic Browning. (Walker, 1977)

**2.4.2 การแก้ปัญหาอาการสีน้ำตาลในสับปะรด**

2.4.2.1 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled atmosphere) โดยการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซ $CO_2$ ให้สูงกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ และ $O_2$ ต่ำกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ คงสภาพความเข้มข้นของก๊าซไปตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมนั้น ทำให้ผลผลิตมีเมตาบอลิซึมลดลง จึงลดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (จริงแท้, 2538) การเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซ $CO_2$ มีส่วนในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล ท้อ เงาะ และหน่อไม้ฝรั่ง นอกจากนี้การให้ก๊าซ $CO_2$ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลอะโวคาโด (Lange and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kader, 1997) การเพิ่มความเข้มข้นของ $O_2$ มีการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของผลผลิตที่นำไปสู่การเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2538)

2.4.2.2 การใช้น้ำร้อน

การใช้น้ำร้อน (Hot water) เป็นวิธีที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา (สมทบ และคณะ, 2557) สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่พื้นผิว และควบคุมการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ (Yuan et al., 2013) ผลทับทิมที่ใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเลา 4 นาที จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 2 °C เป็นเวลา 90 วัน พบว่าสามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาวและลดสีผิวเปลือกที่คล้ำลงได้ (Zhang et al., 2021) Acedo et al. (2004) รายงานการใช้น้ำร้อนแช่สับปะรดที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ Minh et al. (2017) ได้รายงานการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 56 °C เป็นเวลา 30 วินาที ในผลสับปะรด พบว่าการใช้น้ำร้อนมีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทรเทรตได้และปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าวิธีการอื่น

2.4.2.3 การใช้สารเคมี

ในปัจจุบันได้มีการใช้สารเคมีในการลดอาการไส้สีน้ำตาล Youryon et al. (2018) ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์และแคลเซียมกลูคาร์เนต 2 เปอร์เซ็นต์ แช่ก้านผลสับปะรดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูคาร์เนต สามารถลดอาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม หยกทิพย์ และคณะ (2558) ใช้สารเคมี 8 ชนิด ในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง พบว่าการใช้สารละลาย $CaCl_2$ และ $SrCl_2$ มีระดับการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดชุดควบคุม การใช้สาร SrCl2 มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุด Lu (2011) นำกรดซาลิกไซลิกมารักษาคุณภาพของสับปะรด พบว่าการใช้กรดซาลิกไซลิกทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวช่วยบรรเทาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดได้ มีการควบคุมกิจกรรม PPO ที่ต่ำกว่าชุดควบคุม

2.4.2.4 การใช้สารเคลือบผิว (Coating)

การใช้สารเคลือบผิว (Coating) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและสามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวสามารถจำกัดปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่ภายในผลทำให้ PPO ทำงานได้น้อยลงลดการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลเกิดได้ (Paull and Rohrbach, 1985) Pitadeniya et al. (2005) รายงานว่าการใช้ wax 5 เปอร์เซ็นต์ และ Benlate 1 กรัม/ลิตร เคลือบผลสับปะรด ช่วยลดการเกิดไส้สีน้ำตาล โดยมีเปอร์เซนต์การเกิดอาการ 87.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมมีการเกิดอาการ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ 20 วัน หลังการเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ฐิติรัตน์ (2547) พบว่า Sta-fresh 7055 (paraffin-polyethylene wax) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว ลดการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิกและรักษาคุณภาพผลิตผลได้ดีในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

## 2.5 เมทิลจัสโมเนท (Methyl jasmonate)

เมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate; MeJA) หรือกรดจัสโมนิก จัดเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่พืชสร้างขึ้น มีบทบาทสำคัญในกลไกการป้องกันเพื่อป้องกันความเครียดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิต การเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งกระตุ้นให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ในการป้องกันตัวเองของพืช (Supapvanich and Promyou, 2013 ; Aghdam and Bodbodak, 2013) เป็นตัวควบคุมเซลล์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาการที่หลากหลายเช่น การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของราก การสุกและการชราของพืช (Cheong and Choi, 2003) เมทิลจัสโมเนท เป็นสารประกอบไซโคลเพนเทน (Cyclopentanone) ซึ่งมีการกระจายตัวกว้างในอาณาจักรพืช แยกได้เป็นครั้งแรกจากสารสกัดจากกลีบดอกมะลิ (*Jasminum grandiflorum*) ซึ่งเป็นสารระเหยที่มีกลิ่นหอม โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยวงแหวนไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่คือกลุ่มคาร์บอนิล (คีโตน) และกลุ่มเมทิลเอสเตอร์ (กรดคาร์บอกซิลิก) มีคาร์บอนไครัลสองตัว (Martínez-Esplá et al., 2017) ปัจจุบันได้มีการนำเมทิลจัสโมเนทมาใช้ในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันและส่งเสริมความต้านทานต่อผลกระทบที่เป็นอันตราย รวมถึงอาการสะท้านหนาวระหว่างการเก็บรักษาผลไม้ (Meheriuk et al., 1995)

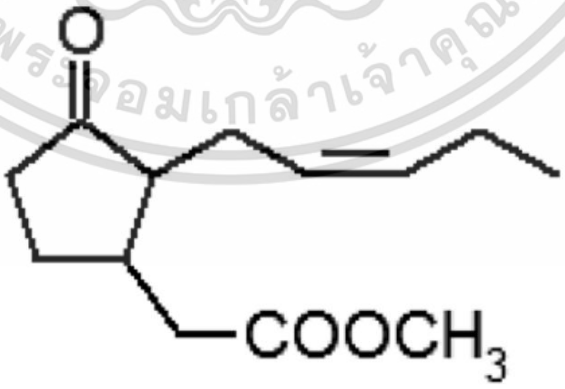


**Figure 2.3** Methyl jasmonate structure. (Kang et al., 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัสโมเนทฟอสโฟลิเปส A1 ปล่อยกรดอะลิโนเลนิกจากไขมันในเมมเบรน กรด a-linolenic ถูกเติมออกซิเจนโดย lipoxygenase (LOX) เป็น 13 (S) -hydroxy linolenic acid (13-HPOT) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกรด 12-oxo-phytodienoic (OPDA) โดย allene oxide synthase (AOS) และอัลลีนออกไซด์ไซเคส (AOC) กรดจัสโมนิก (JA) ถูกสังเคราะห์จาก OPDA ผ่านการรีดิวซ์และการออกซิเดชั่นสามขั้นตอน และถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลจัสโมเนท (MeJA) โดย JA carboxyl methyltransferase (JMT) (Cheong and Choi, 2003)

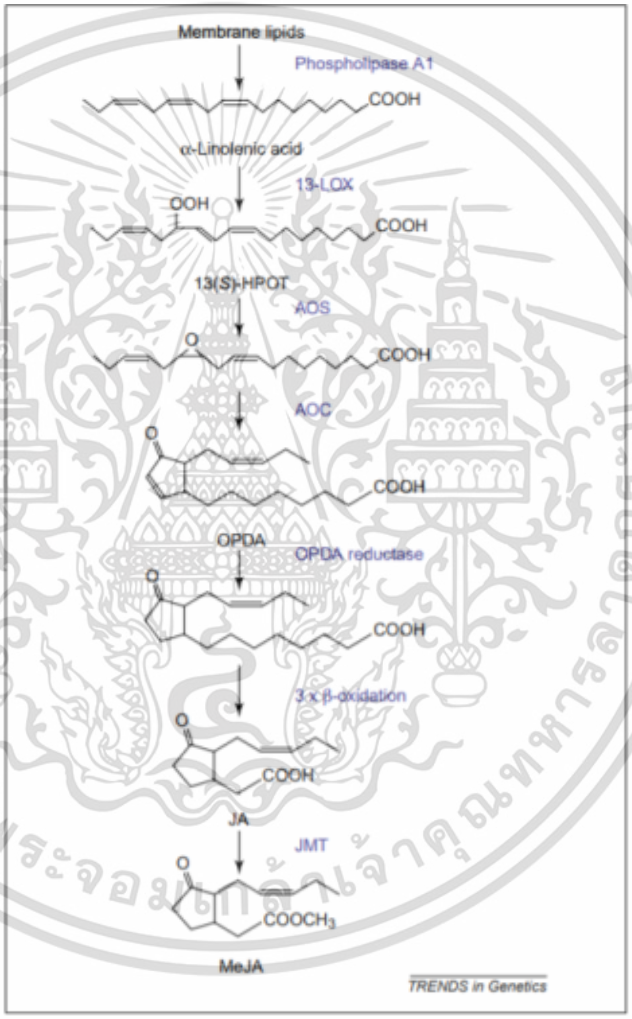


**Figure 2.4** Main pathway of jasmonate biosynthesis. (Cheong and Choi, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 การใช้เมทิลจัสโมเนทหลังการเก็บเกี่ยว

#### 2.5.1.1 ลักษณะปรากฏ

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏและสีที่เกิดจากอาการสะท้านหนาว ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพและทางเศรษฐกิจ อินทิรา และคณะ (2554) ศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวของมะเฟืองหลังการเก็บเกี่ยว โดยนำไปแช่ที่ความเข้มข้น 0, 1, 5 และ 10 ไมโครโมลาร์ นาน 12 ชั่วโมง พบว่าผลมะเฟืองที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ยุรนันท์ และสุริยัณห์ (2559) ได้ศึกษาการใช้เมทิลจัสโมเนทในผลฝรั่ง พันธุ์กิมจู โดยนำผลฝรั่งแช่ที่ความเข้มข้น 0, 0.01 และ 0.1 มิลลิโมลาร์ นาน 10 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่าการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท สามารถควบคุมการสูญเสียน้ำหนัก สามารถรักาค่าความสว่าง (*L**) และค่าความเป็นสีเขียว (*-a**) ได้ดีกว่าชุดควบคุม ปรียานุช และคณะ (2562) ศึกษาการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทในการป้องกันอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันสวี โดยนำไปจุ่มที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ นาน 1, 2 และ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 และ 10 วัน จากนั้นนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าการจุ่มสับปะรดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง สามารชะลอการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์สวีได้ Pérez et al. (1993) ใช้สารละลาย MeJA รมผลแอปเปิ้ลพันธุ์ ‘Golden Delicious’ ความเข้มข้น 8 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ภายหลังการรักษาเป็นเวลา 10 วัน พบว่าเปลือกผลแอปเปิ้ลมีเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผลแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รมด้วยสารละลาย 3 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าเมทิลจัสโมเนทมีความสำคัญในลดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่ายในพืชหลายชนิด เช่น โรคราสีเทา (*Botrytis cinerea* Pers.) ในผลสตรอเบอรี (Moline et al., 1997) ยับยั้งเชื้อ *Penicillium digitatum* ในผลเลมอน (Droby et al., 1999) ลดการปนเปื้อนในผักขึ้นฉ่ายและพริกหยวกในผักตัดแต่งพร้อมบริโภค (Buta and Moline, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.5.1.2 เนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเลือกซื้อของผู้บริโภค (สุทธิวัลย์ และมัชฌิมา , 2552) มีรายงานการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท สามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อ ฤทัยรัตน์ และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษานำก้านสับปะรดจุ่มเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 0, $10^{-2}$ และ $10^{-3}$ โมลาร์ เป็นเวลา 5 นาที พบว่าความเข้มข้น $10^{-2}$ โมลาร์ มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุม González-Aguilar et al. (2000) รมมะม่วงพันธุ์ 'Tommy Atkins' ด้วย MeJA ความเข้มข้น $10^{-4}$ โมลาร์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่ามะม่วงมีความแน่นเนื้อน้อยกว่าชุดควบคุมและเมื่อผลสุกพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่ามะม่วงชุดควบคุม

## 2.6 ไซยาโนโคบาลามิน (Cyanocobalamin)

ไซยาโนโคบาลามิน (Cyanocobalamin; Cyn) หรือวิตามินบี 12 (Vitamin $B_{12}$) เป็นวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้ (Asensi-Fabado and Munne-Bosch, 2010) พบในอวัยวะเซลล์พืชชั้นสูง เช่น cytosol, plastids และ mitochondria (Roje, 2007) ทำหน้าที่เป็นโค – เอนไซม์และมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันตามปกติ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดงการทำงานปกติของระบบประสาทและในการเคลื่อนย้ายของกลุ่มเมธิลในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (Baker and Miller-Ihli, 2000 ; Szterk et al., 2012) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเมทไธโอนีน (Smith et al., 2007) เมทไธโอนีน ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการเมทาบอลิซึม มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ในพืช เช่น การสังเคราะห์โปรตีน มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการออกซิเดชันของกรดไขมัน โดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไนโตรเจน ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและมีบทบาทในการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Brich et al., 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

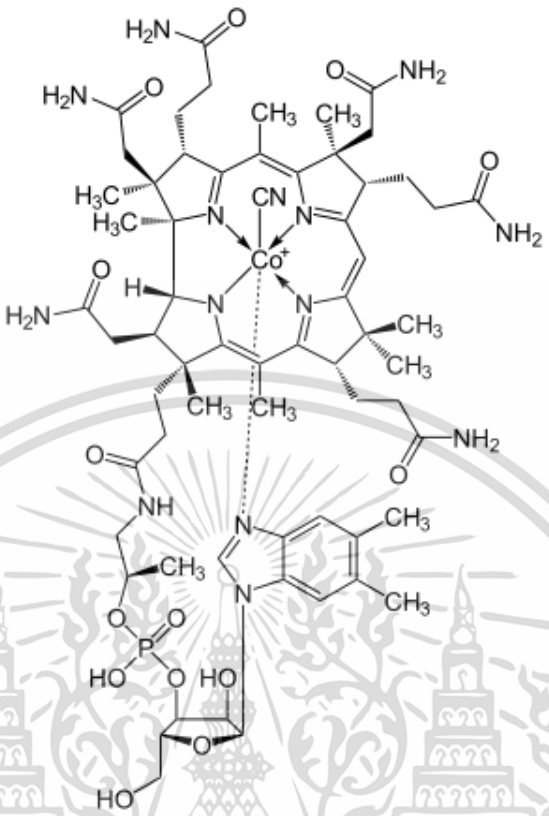

**Figure 2.5** Cyanocobalamin structure. (Lo'ay, 2017)

Cobalamin สามารถแยกออกได้เป็น 4 รูปแบบ Cyanocobalamin, Hy-droxocobalamin, Adenosylcobalamin และ Methylcobalamin (Suriyan et al., 2020) ในปัจจุบันได้มีการนำ Cyanocobalamin มาใช้ในการรักษาคุณภาพผลิตผลทางการเกษตร เพื่อรักษาคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (Samaan et al., 2011 ; El-Bary et al., 2017) และหลังการเก็บเกี่ยว (Lo'ay, 2010 ; El-Baz et al., 2011) ให้มีคุณภาพที่ดีและเพื่อลดความเสียหายในการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ จากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งหรือเรียกว่าอาการสะท้านหนาว (Chilling injury)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.1 การใช้วิตามินบี 12 หลังการเก็บเกี่ยว

#### 2.6.1.1 ลักษณะปรากฏและสี

ลักษณะปรากฏและสีของผลไม้เป็นลักษณะที่สำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลไม้ อาการผิดปกติที่ทำให้เกิดความเสียหายมีหลายลักษณะ เช่น เกิดรอยแผล ฉ่ำน้ำ เปลือกหรือเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำ Lo'ay (2017) ได้ศึกษาผลการใช้วิตามินบี 12 ในผลองุ่นพันธุ์ 'Crimson seedless' โดยนำไปแช่ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 9 มิลลิโมลาร์ พบว่าการศึกษามีประสิทธิผลสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลที่ผลและช่อก้าน ความเข้มข้น 9 มิลลิโมลาร์ และยังมีค่าสี (h°) สูงที่สุดหลังจากการเก็บรักษา 4 วัน เช่นเดียวกับการทดลองของ Samaan et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้วิตามินซีและวิตามินบี 12 ฉีดพ่นในมะม่วงสองสายพันธุ์ คือพันธุ์ 'Hindi' และ 'Zibda' โดยทำการฉีดพ่นเป็นเวลา 10 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน พบว่าวิตามินบี 12 สามารถลดอาการสะท้านหนาวในมะม่วงได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมะม่วงพันธุ์ ' Zibda' ลดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ได้ดีกว่ามะม่วงพันธุ์ 'Hindi'

#### 2.6.1.2 เนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อ (Firmness) เป็นการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกผลไม้ของผู้บริโภค การใช้วิตามินบี 12 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความแน่นเนื้อ Lo'ay (2017) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วิตามินบี 12 ในผลองุ่นพันธุ์ 'Crimson seedless' โดยนำไปแช่ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 9 มิลลิโมลาร์ พบว่าความเป็นกากลดลงน้อย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและความแน่นเนื้อสูงที่สุด ที่ความเข้มข้น 9 มิลลิโมลาร์ ตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ El-Baz et al. (2011) โดยการนำ Ascorbic acid (AA) และ Cyanocobalamin ($B_{12}$) มาฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวบนต้นพลับพันธุ์ 'Costatas' 4 ครั้ง 1) เมื่อเริ่มมีใบใหม่เกิดขึ้น 2) เมื่อเริ่มติดผล 3) เส้นผ่านศูนย์กลางผล 2.5-3.5 เซนติเมตร 4) เส้นผ่าศูนย์กลางผล 4.5-6 เซนติเมตร โดยนำวิตามินซีและวิตามินบี 12 ที่ความเข้มข้นต่างกัน เมื่อได้ผลผลิตแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 5 วัน พบว่า ลูกพลับที่ฉีดพ่นด้วย $B_{12}$ มีความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม แต่ต่ำกว่าลูกพลับที่ฉีดพ่นด้วยวิตามินซี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลพลับทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่าการใช้วิตามินซีทั้ง 2 ความเข้มข้น ร่วมกับวิตามินบี 12 ที่ความเข้มข้น 0.74 µM มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด สอดคล้องกับ El-Bary (2017) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ $GA_3$ ร่วมกับ $B_{12}$ บนต้นแพร์พันธุ์ 'Le-Conte' โดยวิธีการฉีดพ่นทางใบ การใช้ $GA_3$ 30 ppm ร่วมกับ $B_{12}$ 4 mg L-1 ช่วยคงความแน่นเนื้อของผลเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการสะสมของคาร์โบไฮเดรตโดยผลของ $B_{12}$ (El-Baz et al, 2011) ช่วยปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น Lo'ay (2010) ใช้วิตามินบี 12 ในลูกพลับพันธุ์ 'Costatas' นำไปแช่ในสารละลายวิตามินบี 12 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าการใช้วิตามินบี 12 มีสารแทนนินลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา การใช้ความเข้มข้นที่ 0.444 μM มีการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม อาจเป็นได้ว่าวิตามินบี 12 ช่วยกระตุ้นการทำงานของคาร์โบไฮเดรต การสังเคราะห์เอนไซม์และเก็บไว้ในพืชในภาวะสมดุล การทำงานของวัฏจักรคัลวินและไกลโคไลซิส อาจถูกกระตุ้นโดยการใช้วิตามินบี 12 กระบวนการเผาผลาญอาหารได้รับกระตุ้นไปสู่การสร้างวิตามินส่งผลให้เบต้าแคโรทีนมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมในผลพลับและอ่อน (Krook et al., 2000)

## 2.7 ลิโปโซม

### 2.7.1 ข้อมูลทั่วไปของลิโปโซม

**ลิโปโซม** (Liposome) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กระดับไมครอน (submicron) มีลักษณะเป็นถุงกลมของสารไขมัน มีโครงสร้างของ phospholipid bilayer ประกอบด้วยไขมันแอมฟิฟิลิก (amphiphilic) ที่มีส่วนหัวที่ชอบน้ำและสองหางที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งจะแยกลิโปโซมออกจากสภาพแวดล้อมของน้ำโดยรอบ (Deshpande et al., 2016) phospholipid bilayers มีโซ่กรดไขมัน 2 สายซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 10 – 24 อะตอมและมีพันธะคู่ 0 – 6 คู่ในแต่ละโซ่และส่วนหัวที่ชอบน้ำ คือกรดฟอสฟอริกที่จับกับโมเลกุลที่ละลายน้ำได้ (Lasic, 1995) วัสดุผนังหลักของลิโปโซมได้แก่ phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylserine (PS) และ phosphatidylglycerol (PG) ฟอสโฟลิปิดตามธรรมชาติ เช่น พีซี (หรือที่เรียกว่าเลซิติน) เป็นสารที่นิยมใช้ในการสร้างลิโปโซมมากกว่าฟอสโฟลิปิดสังเคราะห์ (Pierre and Costa, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

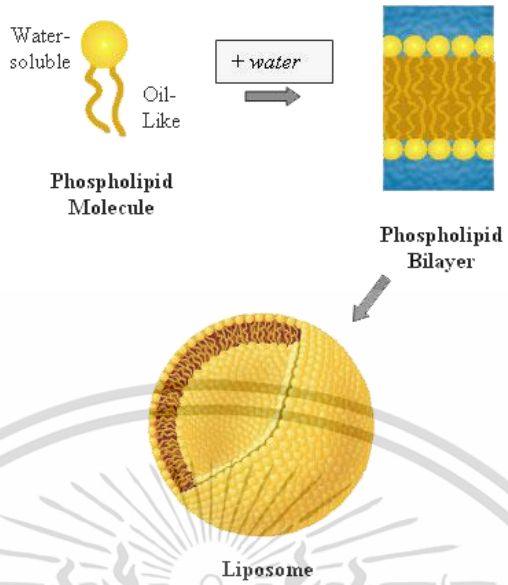


**Figure 2.6** The structure of a phospholipid molecule, a lipid bilayer and a liposome. (Pierre and Costa, 2011)

จำนวนของ bilayers มีอิทธิพลต่อขอบเขตของการห่อหุ้มการขนส่งสารภายในลิโปโซม Milcovich et al. (2017) ได้จำแนกขนาดและการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ของลิโปโซมดังนี้

1) Small unilamellar vesicles (SUV): <200 nm

2) Large unilamellar vesicles (LUV): 200 – 1,000 nm

3) Giant unilamellar vesicles (GUV): > 1,000 nm

4) Multilamellar vesicles (MLVs): composed by concentric vesicles, or multiple concentric bilayers

5) Multi vesicular vesicles (MVVs): composed by multiple vesicles confined inside a larger one

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

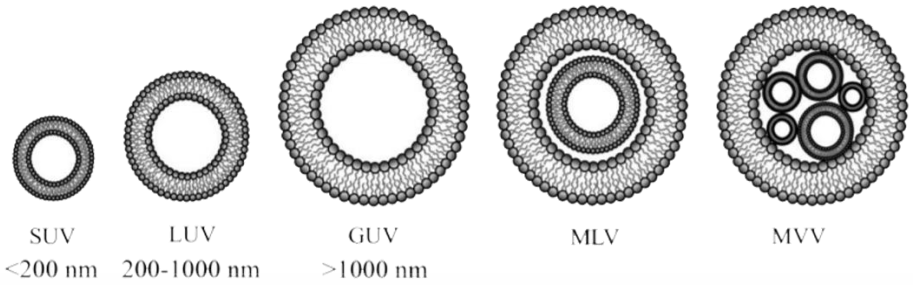


**Figure 2.7** Schematic representation of the main lipid-based nanovesicular systems. (Milcovich et al., 2017)

**2.7.2 การใช้ลิโปโซมในผลไม้**

ในปัจจุบันได้มีการนำลิโปโซมไปใช้เพื่อรักษาคุณภาพของผลไม้ Dhital et al. (2018) พัฒนาและกำหนดลักษณะเฉพาะของอัลจิเนตและลิโมนีนไลโปโซมเป็นวัสดุเคลือบผลสตรอว์เบอร์รี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าลิโมนีนลิโปโซมมีประสิทธิภาพในการรักษาความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($CO_2$) การเปลี่ยนแปลงของค่า pH พบว่ามีค่า pH ที่ต่ำแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดควบคุม และการใช้อัลจิเนต ปริมาณแอนโธไซยานินระหว่างการเก็บรักษาสูงกว่าชนิดที่ไม่มีการเคลือบลิโปโซมดังนั้นจึงพบว่าลิโมนีนลิโปโซมเป็นวัสดุเคลือบที่สามารถยืดอายุการเก็บและรักษาคุณภาพ มีประสิทธิภาพในการถนอมคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอว์เบอรี Alikhani-Koupaei (2015) ได้ทำการศึกษาการเคลือบสารลิโปโซมกับอายุการเก็บรักษากล้วยสด โดยนำกล้วยหั่นบางนำไปแช่สารละลาย 5 นาที 1) น้ำมันโรสแมรี่ 1 เปอร์เซ็นต์ (Ro) 2) น้ำมันโรสแมรี่ 1 เปอร์เซ็นต์ กับเมือก 2 เปอร์เซ็นต์ (Mu+Ro) 3) น้ำมันโรสแมรี่ลิโปโซม 1 เปอร์เซ็นต์ กับเมือก 2 เปอร์เซ็นต์ (Mu+LipoRo) จากนั้นนำไปวางในถาดพลาสติกและปิดด้วยถุงพลาสติกหนา 0.04 มิลลิเมตร เจาะรูเล็กจำนวน 6 รูในแต่ละถุง และทำการประเมินคุณภาพทางเคมีและกายภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน พบว่ากล้วยผลสดที่ทำการแช่น้ำมันโรสแมรี่ลิโปโซม 1 เปอร์เซ็นต์ กับเมือก 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษา ป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของกิจกรรมของโพลีฟีนอลออกซิเดสและลิพอกซีเจเนสระหว่างการเก็บรักษา ค่า pH เพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

### 3.1.1 สับปะรด

ผลสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี จากสวนเกษตรกรตำบลทุ่งระยะ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร เก็บเกี่ยวผลในระยะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 2 แถว ขนส่งถึงอาคารปฏิบัติการเกษตร หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร นำมาทำความสะอาดตัดจุกและก้านผล

### 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) Centrifuge Sartorius รุ่น 5804/5804 R บริษัท Eppendorf ประเทศเยอรมัน

7) เครื่อง Conductivity รุ่น ST3100C บริษัท Ohaus ประเทศสหรัฐอเมริกา

8) Vortex mixer รุ่น SA8 บริษัท Stuart ประเทศจีน

9) Visible spectrophotometer รุ่น T60V บริษัท PG Instruments Limited สหราชอาณาจักร

10) หม้อนึ่งความดัน Tomy รุ่น ES-315 ประเทศญี่ปุ่น

11) Water Bath รุ่น BW0 บริษัท Heto Leb Equipment ประเทศเดนมาร์ก

12) Autopipette

13) Wash Bottle

14) What man NO.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) Conical tube

16) Test tube Rack

### 3.1.3 สารเคมี

1) Cyanocobalamin

2) Methyl jasmonate

3) Ethanol

4) Distilled water

5) Deionized water (DI)

6) Trichloroacetic acid (TCA)

7) Thiobarbituric acid (TBA)

8) 2,2-Dipheyl-1-picnylhycrazyl

9) Sodium Acetate hydrate

10) Acetic acid

11) 2,4-6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ)

12) Hydrochloric acid (HCl)

13) Ferric chloride ($FeCl_3$)

14) Folin-ciocalteu reagent

15) Sodium Carbonate ($Na_2CO_3$)

16) Sodium biphosphate ($NaH_2PO_4$)

17) Di-sodium hydrogen phosphate ($Na_2HPO_4$)

18) Polyvinylpyrrolidone (PVPP)

19) Catechol

20) Hydrogen peroxide ($H_2O_2$)

21) Tris-HCl

22) Linoleic acid

23) Sodium hydroxide (NaOH)

24) Tween 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25) $H_2O$

26) Sodium borate

27) Dithiothreitol

28) L-phenylalanine

29) Cholesterol

30) Chloroform

31) Diethyl ether

32) Lecithin

## 3.2 วิธีการทดลอง

**3.2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามินต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ** โดยนำสับปะรดมาตัดจุกและตัดก้านผล จากนั้นนำก้านสับปะรด แช่ลงในสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายไซยาโนโคบาลามินที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลายและเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่วันแรก)

วิธีการที่ 2 สารละลายเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์

วิธีการที่ 3 สารละลายเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์

วิธีการที่ 4 สารละลายไซยาโนโคบาลามิน ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์

วิธีการที่ 5 สารละลายเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามิน ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์

วิธีการที่ 6 สารละลายเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามิน ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์

นำสับปะรดบรรจุลงในกล่องลูกฟูกสำหรับบรรจุผลไม้กล่องละ 10 ผล ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำมาผ่าตามยาวให้คะแนนไส้สีน้ำตาลและทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บันทึกผลการทดลอง**

1) คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล
2) ค่าสี
3) ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล Browning index (BI)
4) ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)
5) การรั่วไหลของประจุ Electrolyte leakage (EI)
6) ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)
7) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity)
8) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Ferric reducing antioxidant potential)
9) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content)
10) การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO)
11) การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Catalase (CAT)
12) การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)

**3.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามินกักเก็บในลิโปโซมต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ** โดยนำสับปะรดมาตัดจุกและตัดก้านผล จากนั้นนำผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 กักเก็บในลิโปโซมและบรรจุลงในภาชนะสำหรับขนส่ง ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลายและเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่วันแรก)

วิธีการที่ 2 น้ำ

วิธีการที่ 3 สารละลายเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายไซยาโนโคบาลามิน ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์ นำมากักเก็บในลิโปโซมและบรรจุภาชนะสำหรับขนส่ง

บรรจุลงในกล่องลูกฟูกสำหรับบรรจุผลไม้ กล่องละ 10 ผล ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำมาผ่าตามยาวให้คะแนนไส้สีน้ำตาลและทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง โดยมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 การบันทึกผล

### 3.3.1 คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลตามระดับคะแนน

ทำการให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด ตามวิธีการของ Teisson (1979)

0 = เนื้อผลปกติ

1 = เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10

2 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10 - 25

3 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25 - 50

4 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50 -75

5 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75

หลังจากนั้นนำคะแนนมาคำนวณร้อยละของอัตราความรุนแรงของไส้สีน้ำตาล โดยแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 3 ระดับ คือ ระดับความรุนแรงน้อย (จำนวนผลที่มีคะแนน 0 และ 1 คะแนน/จำนวนผลทั้งหมด) ระดับความรุนแรงปานกลาง (จำนวนผลที่มีคะแนน 2 และ 3 คะแนน/จำนวนผลทั้งหมด) และระดับความรุนแรงมาก (จำนวนผลที่มีคะแนน 4 และ 5 คะแนน/จำนวนผลทั้งหมด)

### 3.3.2 ค่าสี

วัดค่าสีเนื้อผลด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น รุ่น CR-400 โดยบันทึก ค่าความสว่าง ($L^*$), ค่าความเป็นสีแดง ($a^*$) และค่าความเป็นสีเหลือง ($b^*$) (HanterLab, 1996)

### 3.3.3 ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล Browning index (BI)

นำตัวอย่างเนื้อติดแกนสับปะรด 5 กรัม ผสมกับเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 65 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง homogenizer วางไว้ 90 นาที หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้จากการกรองไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดไส้สีน้ำตาลโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (Supapvanich et al., 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.4 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)**

สับปะรดระหว่างไส้กับเนื้อ 5 กรัม ผสมกับสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง homogenizer จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Malondialdehyde (MDA) โดยนำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 15 ผสมกับสารละลาย Thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วจึง นำไปตั้งไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำแข็ง ทันที นำไปวิเคราะห์ปริมาณ Malondialdehyde โดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร (Wang et al., 2005)

**3.3.5 การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage ; EI)**

ตัดเนื้อบริเวณระหว่างไส้กับเนื้อสับปะรด 10 ชิ้นด้วย Cork borer ล้างชิ้นสับปะรดด้วยน้ำ Deionized water (DI) วางบนกระดาษกรองเพื่อซับให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก นำไปแช่ในน้ำ DI ปริมาตร 30 มิลลิลิตรเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็คโทรไลต์ด้วยเครื่องการนำไฟฟ้าในน้ำ จากนั้นนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ด้วยเครื่องการนำไฟฟ้าในน้ำอีกครั้ง (Promyou and Supapvanich, 2012)

**3.3.6 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)**

ตามวิธีการของ Hashimoto and Yamafuji (2001) โดยนำตัวอย่างสับปะรด 5 กรัม บดให้ละเอียดด้วย 5 เปอร์เซ็นต์ Metaphosphoric acid ปริมาตร 12 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรองและนำสารสกัดปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ 2 เปอร์เซนต์ 2,6-dichlorophenol indophenol ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร 2 เปอร์เซนต์ Thiourea ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร และ 1% 2,4-dinitrophenol (DPN) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและนำไปต้มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นเติม 85 เปอร์เซนต์ Sulfuric acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก แสดงผลกรดแอสคอร์บิกทั้งหมดในหน่วย µg ascorbic acid/g fresh weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.7 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging activity)**

สกัดเนื้อติดแกนสับปะรดโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้สับปะรด 5 กรัม ผสมกับ Methanol 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วย เครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลอง

สารสกัดจากสับปะรด 5 มิลลิลิตร วิธี DPPH free radical scavenging activity (DPPH) ตามวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995) โดยนำสารสกัดปริมาตร 50 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับน้ำกลั่น ปริมาตร 2.45 มิลลิลิตร และ DPPH reagent 0.25 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ทันทีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่า $A_0$ จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวันการดูดกลืนแสง ได้ค่า $A_{30}$ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ตามสูตรดังนี้

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

$A_0$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 0 นาที

$A_{30}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 30 นาที

**3.3.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Ferric reducing antioxidant potential)**

ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธีการของ Slinkard and singleton (1997) นำสับปะรด 5 กรัม ผสมกับ 50 มิลลิกรัม ปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge จากนั้นผสม Acetate buffer 25 มิลลิลิตร, TPTZ 2.5 มิลลิลิตร, $FeCl_3$ 2.5 มิลลิลิตร ผสมกับนำส่วนใสที่ได้ 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ทำการหากิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox แสดงผลปริมาณกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในหน่วย µmole Trolox equivalent/g fresh weight

**3.3.9 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content)**

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดตามวิธีการของ Slinkard and singleton (1997) นำสับปะรด 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำส่วนใสที่ได้ 1 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-ciocalteu reagent 50 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นรอ 30 นาทีแล้วเติม $Na_2CO_3$ 7.5 เปอร์เซนต์ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

**3.3.10 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์**

**การสกัดกิจกรรมเอมไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO) และ Catalase (CAT)**

เนื้อสับปะรดบริเวณไส้กับเนื้อสับปะรด 5 กรัม ใส่ใน Conical tube ผสมกับ Polyvinylpyrrolidone (PVPP) 0.3 กรัม สารละลาย 100 มิลลิโมล sodium phosphate pH 7.8 ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง homogenizer แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 15 นาทีนำไปวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ PPO และ CAT

**3.3.10.1 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO)**

เตรียมสารละลาย reaction (เติมสารลงในหลอดทดลอง) ประกอบด้วยสารละลาย 100 มิลลิโมล sodium phosphate pH 7.8 ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร ผสมกับ Catechol ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมตัวอย่างเอนไซม์ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ที่เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (Galeazzi et al., 1981)

**3.3.10.2 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์**

เตรียมสารละลาย reaction (เติมทีละสารลงในหลอดทดลอง) ประกอบด้วยสารละลาย sodium phosphate pH 7.8 ความเข้มข้น 50 มิลลิโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย $H_2O_2$ ความเข้มข้น 0.040 โมล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมตัวอย่างเอนไซม์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ที่เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 240 นาโนเมตร

**3.3.11 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)**

การสกัดกิจกรรมของเอนไซม์ LOX

เนื้อบริเวณระหว่างไส้กับเนื้อสับปะรด 10 กรัม ใส่ใน Conical tube เติมสาร PVP 0.5 กรัมเติมสาร Tris-HCL buffer pH 8.4 ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง homogenizer แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วรอบ 10,000 g นาน 20 นาที นำไปวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์

เตรียมสารละลาย reaction (เติมสารลงในหลอดทดลอง) ประกอบด้วยสารละลาย 100 มิลลิโมล Sodium phosphate buffer pH 6 ปริมาตร 2.85 มิลลิลิตร ผสมกับ substrate ปริมาตร 50 ไมโครลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมตัวอย่างเอนไซม์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปวิเคราะห์ที่เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร (Wang et al., 2005)

## 3.4 การเตรียมลิโปโซม

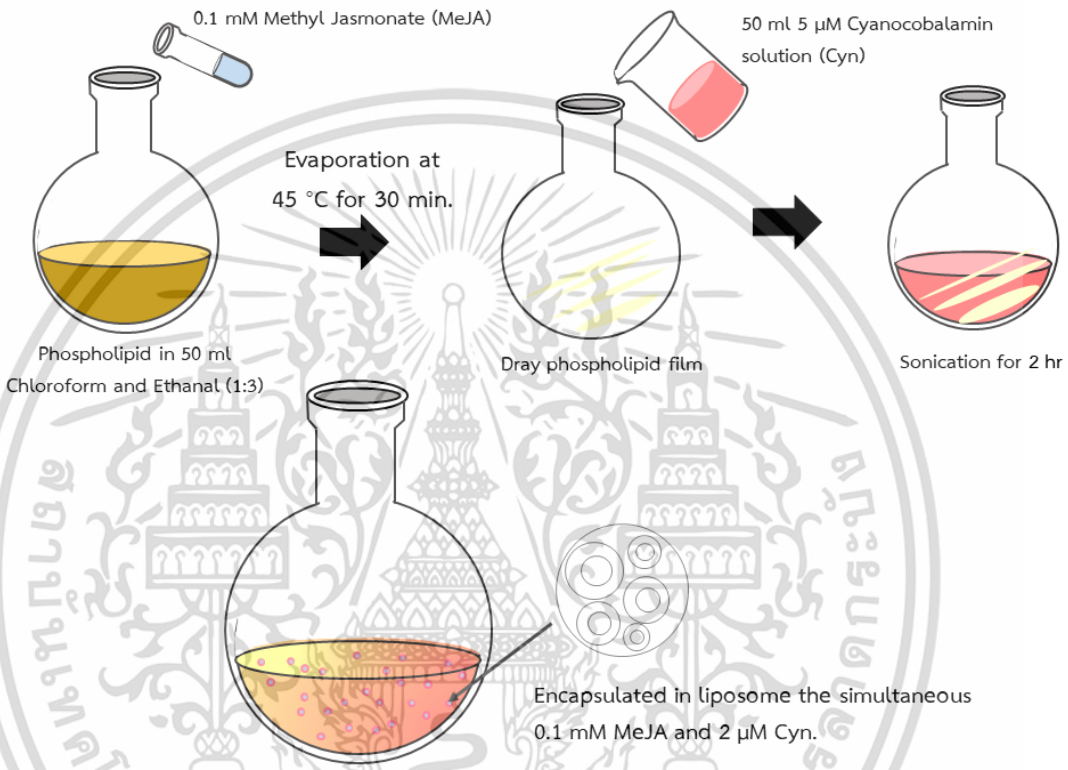


**Figure 3.1** Preparation of liposomes by thin-film hydration method.

การเตรียมลิโปโซมโดยวิธีฟิล์มแผ่นบาง (Thin film hydration) ดัดแปลงตามวิธีของ Azeem et al. (2015) การเตรียมลิโปโซมส่วนของน้ำมัน (Oil phase) โดยทำการผสมเลซิติน (Lecithin) 1 กรัม คอเลสเตอรอล (Cholesterol) 0.2 กรัม และเมทิลจัสโมเนท (Methyl Jasmonate) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ หลังจากนั้นละลายด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform) และเอทานอล (Ethanol) ในอัตราส่วน 1:3 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในขวดก้นกลม 1 ลิตร และกวนเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ชั้นไขมันจะเป็นแผ่นฟิล์มบางด้านในของขวด จากนั้นเตรียมส่วนของน้ำ (Water phase) โดยนำสารละลายไซยาโนโคบาลามิน (Cyanocobalamin) ความเข้มข้น 2 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทลงในขวดก้นกลม จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้โดยใช้คลื่นเสียง (Sonicator) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะเกิดเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำซึ่งมีลักษณะขุ่นขาวได้ลิโปโซมที่มีสารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายไซยาโนโคบาลามินเป็นเนื้อเดียวกัน

**3.4.1 การประเมินคุณลักษณะของลิโปโซม**

**3.4.1.1 การตรวจสอบลักษณะรูปร่างของลิโปโซม**

การตรวจสอบลักษณะรูปร่าง (Morphology) ของไลโปโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron photomicrograph, TEM) โดยนำไล่ตัวส้มที่ได้มาเจือจางด้วยน้ำปราศจากอิออน (DI Water) แล้วหยดลงบน Carbon-coated grid และเคลือบด้วย Uranyl acetate ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) หลังจากที่ตัวอย่างแห้ง นำไปส่องดูลักษณะรูปร่างของลิโปโซมด้วย TEM

**3.4.1.2 การวัดขนาดของอนุภาคลิโปโซม**

การวัดขนาดของอนุภาคลิโปโซมโดยการใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาคนาโน (Particle analyzer) (ขวัญจิตร, 2560)

**3.4.1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บสารในลิโปโซม**

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บสารสกัดตามวิธีการของ ขวัญจิตร และคณะ (2557) โดยทำการเจือจางลิโปโซมที่เตรียมได้ด้วยเอทานอล จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 322 นาโนเมตร คำนวณหาร้อยละการกักเก็บสารสกัดของลิโปโซม

$$\text{Entrapment efficacy (\%)} = (C_s/C_i) \times 100$$

เมื่อ $C_s$ คือปริมาณของสารสกัดในลิโปโซมและ $C_i$ คือปริมาณของสารสกัดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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 หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช และห้องปฏิบัติการกลางวิทยาศาสตร์ (เคมีและชีววิทยา) อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนพรรษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 ผลของเมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี

### 4.1.1 ลักษณะปรากฏ และระดับความรุนแรงของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

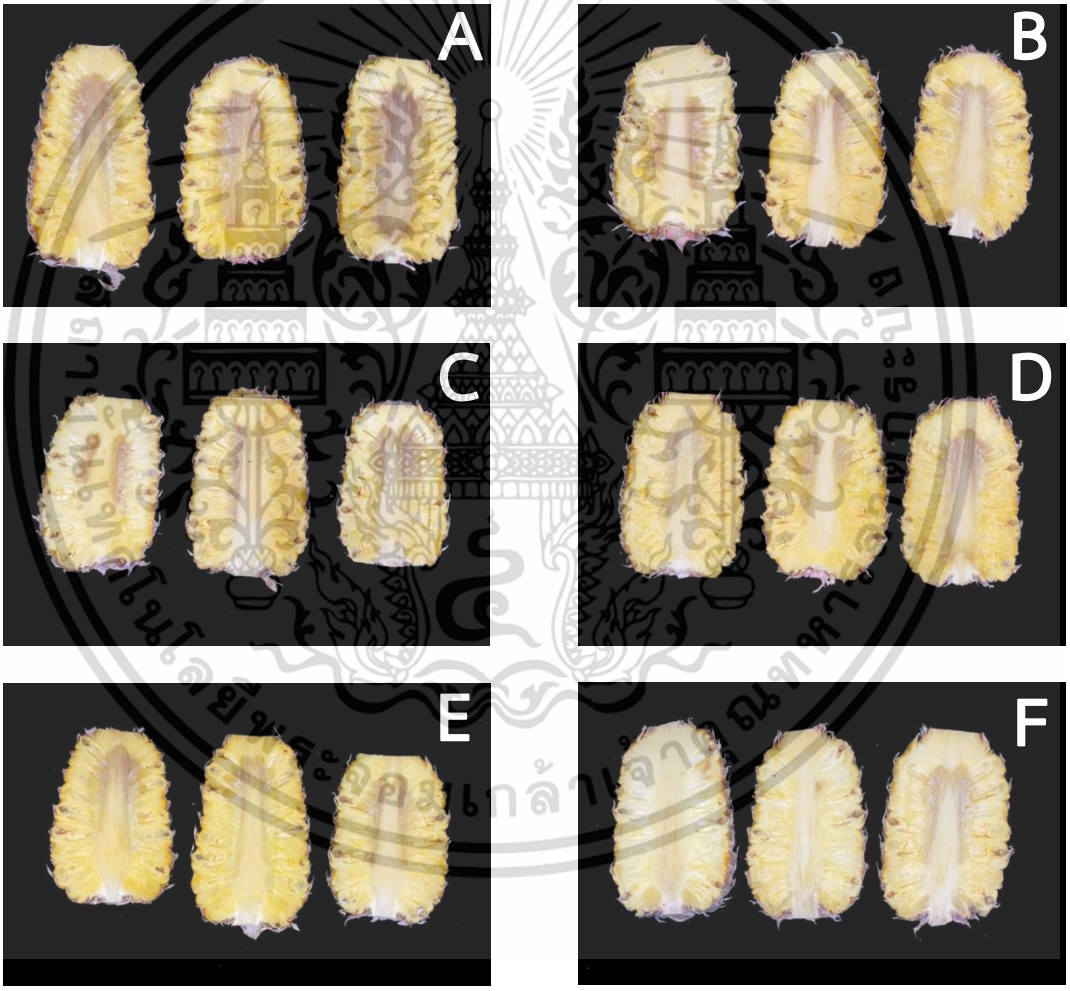


**Figure 4.1** Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), 0.01 mM MeJA (B), 0.1 mM MeJA (C), 2 µm Cyn (D), 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (E), 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (F) during storage at 13±1 °C for 7 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

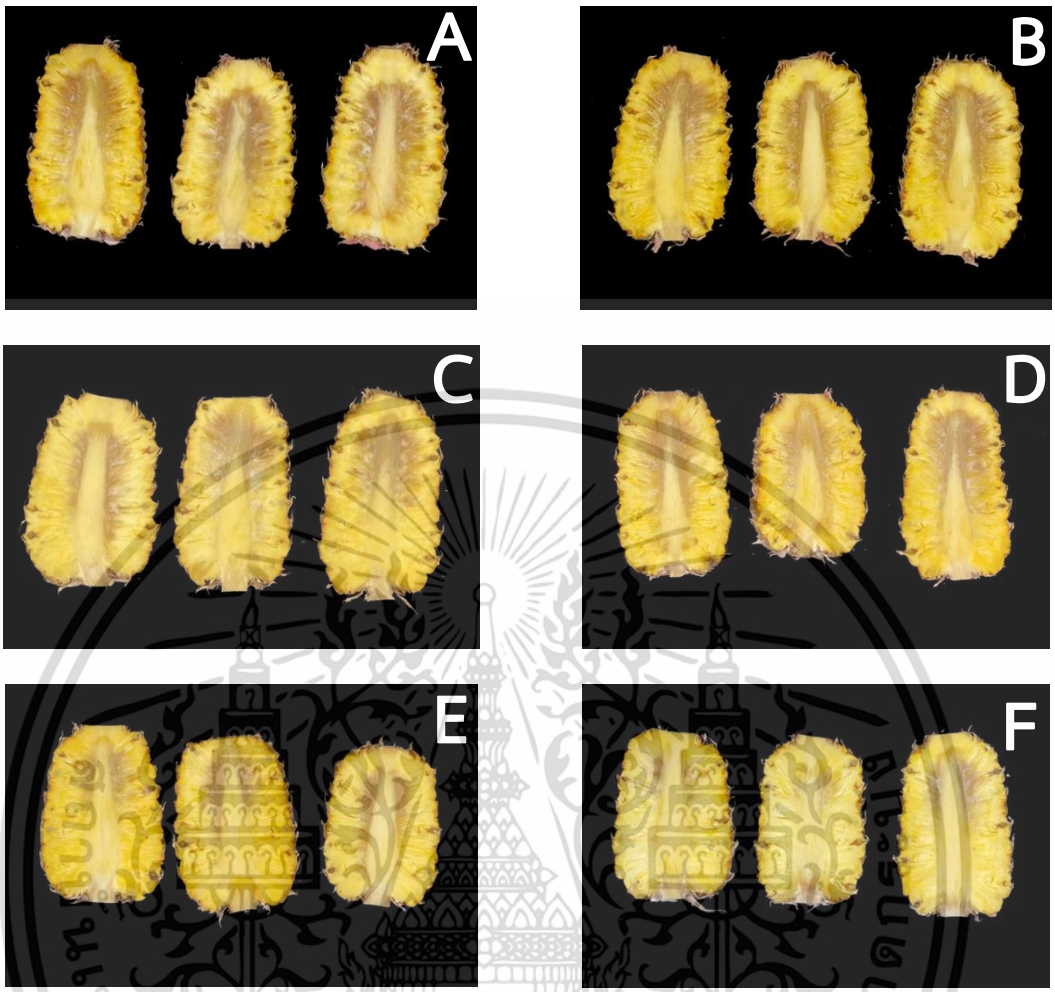


**Figure 4.2** Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), 0.01 mM MeJA (B), 0.1 mM MeJA (C), 2 µm Cyn (D), 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (E), 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn (F) during storage at 13±1 ℃ for 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

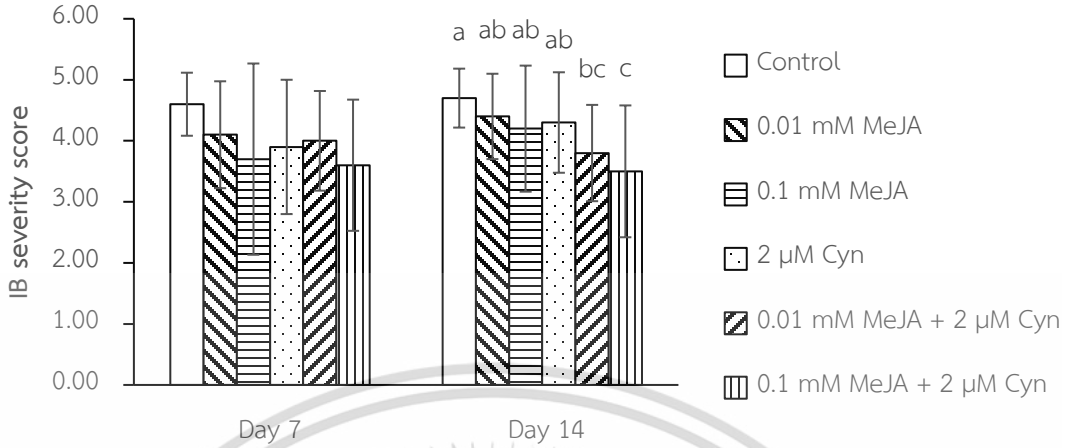


**Figure 4.3** Internal Browning severity score of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13**±**1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

ลักษณะปรากฏของอาการไส้สีน้ำตาล จะเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้แกนผล จากนั้นค่อย ๆ ขยายออกเป็นบริเวณกว้างขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Dull, 1971) Figure 4.1 และ 4.2 แสดงลักษณะปรากฏของของเนื้อติดแกนผลสับปะรด ที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM และ/หรือสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 7 และ 14 วัน พบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดชุดควบคุมมีลักษณะปรากฏของอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn โดยสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีระดับความรุนแรงของไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดทุกชุดการทดลองมีอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น สีเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการสุกและพบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีลักษณะปรากฏของเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวีน้อยที่สุด ซึ่งลักษณะปรากฏของเนื้อติดแกนผลสับปะรด มีความสอดคล้องกับระดับความรุนแรง ที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้แกนผล จาก Figure 4.3 พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดมีระดับความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และสารละลาย Cyn มีคะแนนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีรายงานการใช้สารละลาย MeJA หรือสารละลาย Cyn เพื่อบรรเทาอาการสะท้านหนาวในผลสับปะรด ฤทัยรัตน์ และคณะ (2555) ได้รายงานการจุ่มผลสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น $10^{-2}$ และ $10^{-3}$ เป็นเวลา 5 นาที พบว่ามีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับ อินทิรา และคณะ (2554) ได้รายงานการใช้สารละลาย MeJA ในผลมะเฟือง โดยทำการรมความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 1, 5 และ 10 µM นาน 12 ชั่วโมง พบว่าผลมะเฟืองที่ผ่านการรมด้วย MeJA ความเข้มข้น 5 และ 10 µM มีคะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวต่ำกว่าชุดควบคุม Youryon et al. (2020) ได้รายงานการแช่ก้านผลสับปะรดด้วยสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 5 µM ผสมกับสารละลาย Ca-Glu ความเข้มข้น 2 หรือ 3% พบลักษณะปรากฏของเนื้อติดแกนผลสับปะรดและคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลสูงขึ้นหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารละลาย Cyn ผสมกับสารละลาย Ca-Glu สามารถบรรเทาอาการสะท้านหนาว และช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเนื้อติดแกนผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษาได้

จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM เหมาะสมในการรักษาลักษณะปรากฏและสามารถลดระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลที่เกิดบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวีได้ดีที่สุดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.2 สี และดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

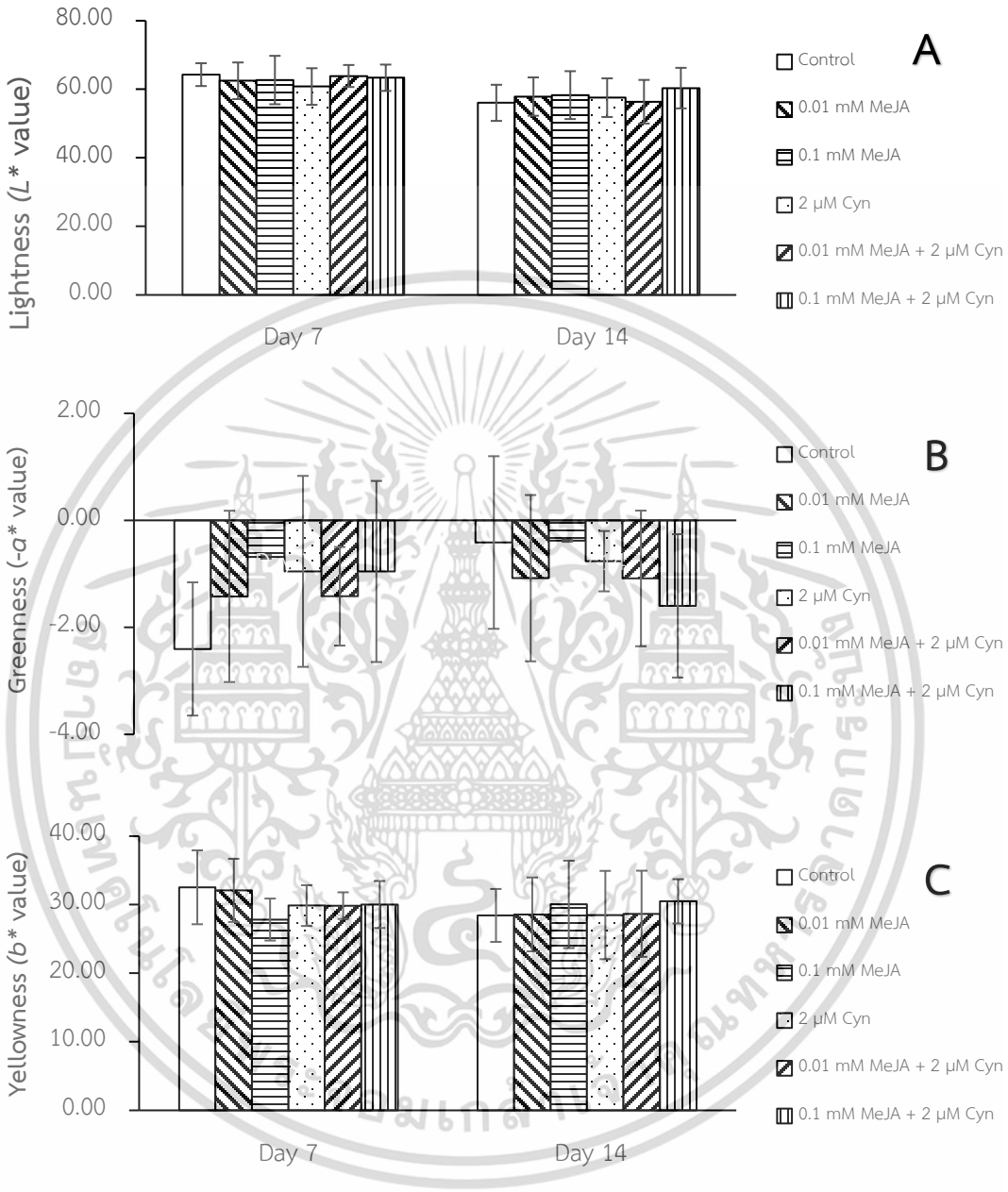


**Figure 4.4** Changes colour of lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

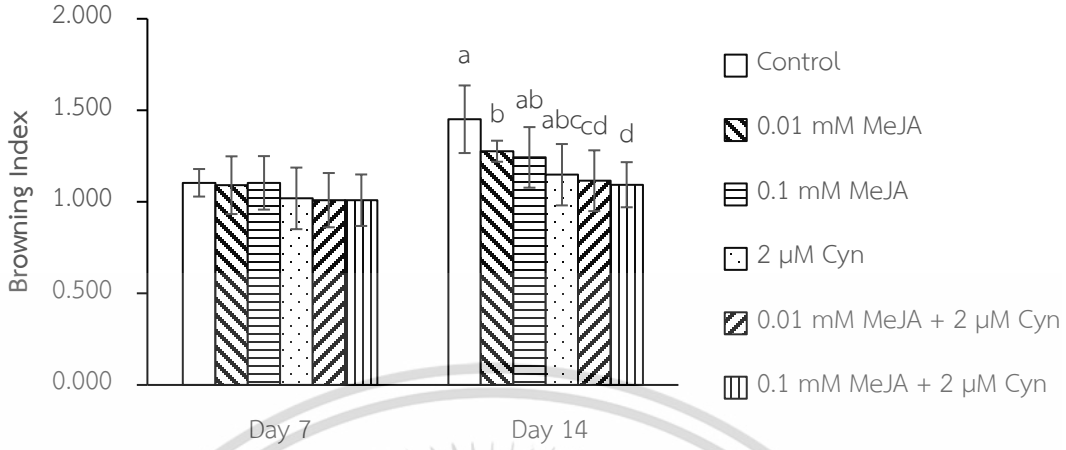


**Figure 4.5** Browning Index (BI) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.4 (A) แสดงค่าความสว่าง (*L**) จากการทดลองพบสีน้ำตาลคล้ำบริเวณเนื้อใกล้แกนผลในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) Figure 4.4 (B) แสดงค่าความเป็นสีเขียว (*-a**) พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn มีค่า *-a** ต่ำภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และมีค่า *-a** ลดต่ำลงเมื่อระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่วนสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ผสมกับสารละลาย Cyn ทั้ง 2 วิธีการ มีค่า *-a** เพิ่มสูงขึ้นภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน และพบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn 2 µM มีค่า *-a** สูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ Figure 4.4 (C) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่าค่า *b** ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM หรือผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM พบค่า *b** เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของยุรนันท์ และสุริยัณห์ (2559) ได้รายงานการใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM กับผลฝรั่งพันธุ์ ‘กิมจู’ หลังการเก็บเกี่ยว สามารถคงสภาพสีของผิวเปลือกฝรั่งได้ดีกว่าชุดควบคุม แต่ในส่วนของค่า *b** พบว่าการใช้สาร MeJA ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า *b** ระหว่างการเก็บรักษาจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแช่ก้านผลสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM และ/หรือสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

Figure 4.5 แสดงค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด พบว่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn ในทุกวิธีการมีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำกว่าสับปะรดชุดควบคุม หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA และ/หรือ Cyn ทุกวิธีการมีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA ผสมกับสารละลาย Cyn ทั้ง 2 วิธีการ มีความสามารถในการลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลได้ดีกว่าสับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA และสารละลาย Cyn เพียงชนิดเดียว ซึ่งการใช้สารละลาย Cyn จะเข้าไปช่วยการสังเคราะห์โพลีนและเป็นสารตั้งต้นของเมทไธโอนีนที่นำไปสู่ระบบการต้านอนุมูลอิสระและกลไกการป้องกันในพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Youryon et al. (2020) พบว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 5 µM ผสมกับสารละลาย Ca-Glu ความเข้มข้น 2 หรือ 3% มีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำกว่าสับปะรดชุดควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lo'ay (2017) ได้รายงานการใช้สารละลาย Cyn ความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 9 mM กับผลอ่อนหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลที่ผลและก้านช่อผลได้ดีกว่าชุดควบคุมและการใช้สารละลาย MeJA ที่เป็นสัญญาณโมเลกุลขนาดเล็ก เซลของพืชสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ทำให้การเกิดอาการสะท้านหนาวลดลง Nilprapruck and Yodmingkhwan (2009) ได้รายงานการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1.0 mM กับผลสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม

จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM เหมาะสมในการรักษาดัชนีความเป็นสีน้ำตาลบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวีได้ดีที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.2 ปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของประจุเนื้อติดแกนผลสับปะรด

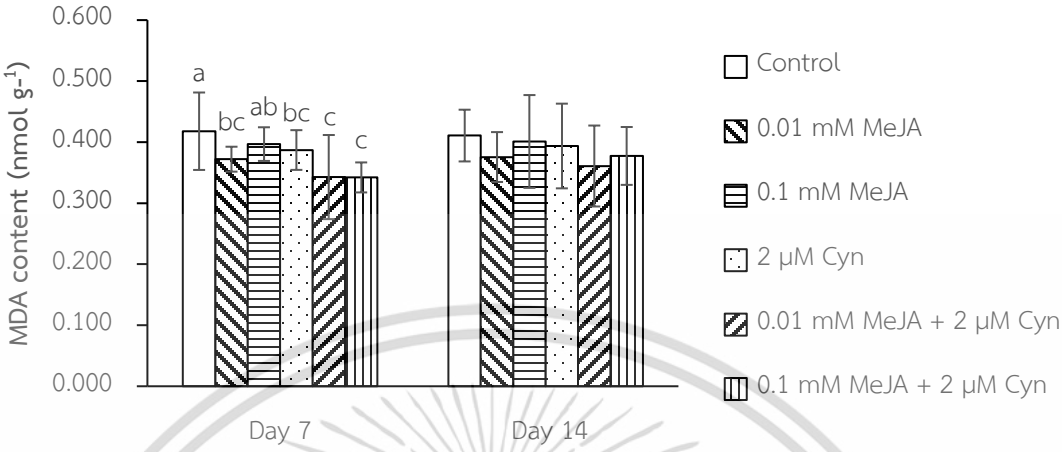


**Figure 4.6** Malondialdehyde content (MDA) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

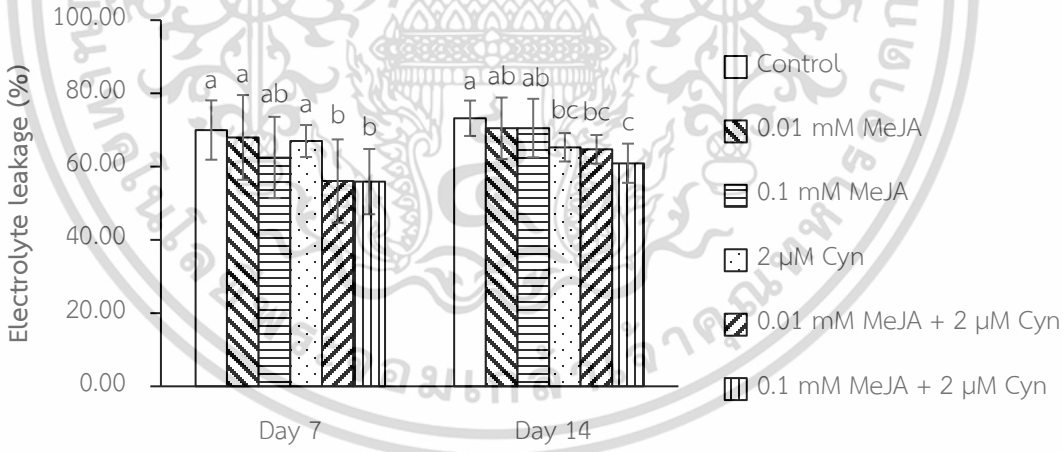


**Figure 4.7** Electrolyte leakage (El) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ MDA และการรั่วไหลของประจุ บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลและใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดอาการสะท้านหนาวในพืช (Woolf, 1997) Figure 4.6 แสดงปริมาณ MDA จากการทดลองพบว่าสับปะรดมีปริมาณ MDA เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn มีปริมาณ MDA ต่ำกว่าชุดควบคุมในทุกวิธีการ สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA และสารละลาย Cyn มีปริมาณ MDA ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ MDA เกิดจากการออกซิเดชันของกรดไขมัน เป็นปฏิกริยาการสลายไขมันของฟอสฟอลิปิด ทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลงและโปรตีนบนเยื่อหุ้มเซลทำงานไม่ได้ จนเกิดการรั่วไหลของประจุต่าง ๆ ออกจากเซล ทำให้เซลเสื่อมสภาพในที่สุด (Marangoni et al., 1996) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ ค่าการรั่วไหลของประจุ (Figure 4.7) จากผลการทดลองพบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน สับปะรดชุดควบคุมมีค่าการรั่วไหลของประจุสูงที่สุด ในขณะที่สับปะรดแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีค่าการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Youryon et al. (2020) พบว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 5 µM ผสมกับสารละลาย Ca-Glu ความเข้มข้น 2 หรือ 3% มีค่าการรั่วไหลของประจุและมีปริมาณ MDA ต่ำกว่าชุดควบคุม ปรียานุช และคณะ (2562) ได้ทำการจุ่มผลสับปะรดพันธุ์สวีลงในสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.01 mM นาน 3 ชั่วโมง พบค่าปริมาณ MDA ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1.2 กิจกรรมเอนไซม์ LOX ของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

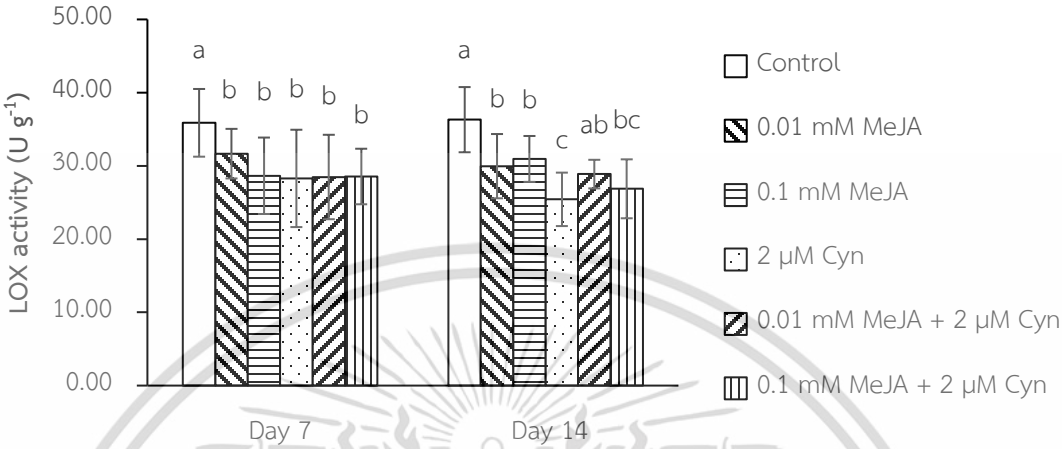


**Figure 4.8** Lipoxygenase (LOX) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

การเกิดอนุมูลอิสระภายในเซลจะทำลายเยื่อหุ้มเซลโดยกระบวนการ lipid peroxidation และมีเอนไซม์ lipid peroxidase (LOX) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นตัวบ่งชี้ความผิดปกติของเมมเบรนและลิพิดออกซิเดชันที่เกิดจากความเครียดของพืช (Baysal and Demirdöven, 2007) Figure 4.8 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX พบว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn ในทุกวิธีการ มีกิจกรรมเอนไซม์ LOX ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำที่สุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

เป็นที่ทราบกันดีว่าเอนไซม์ LOX ทำหน้าที่ในการกระตุ้นปฏิกริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลนิกและกรดลิโนเลอิกที่เป็นสารประกอบทางโครงสร้างของเมมเบรน (ศุภาพิชญ์และคณะ, 2562) การใช้สารต้านออกซิเดชันไปจับกับอนุมูลอิสระที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรเพอร์ออกไซด์ จึงจะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ LOX ได้ การใช้ Cyn ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ ทำให้ลดการกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Samaan et al. (2011) ได้รายงานการใช้ Cyn ช่วยลดความผิดปกติของเซลเมมเบรนและการเสื่อมสภาพในผลของลูกพลับระหว่างการเก็บรักษา ลดการรั่วไหลของประจุของไอออนที่เกิดจากความผิดปกติของเยื่อหุ้มเซลและชะลอการเสื่อมสภาพในผลไม้ได้ แสดงให้เห็นว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

### 4.1.3 กิจกรรมเอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

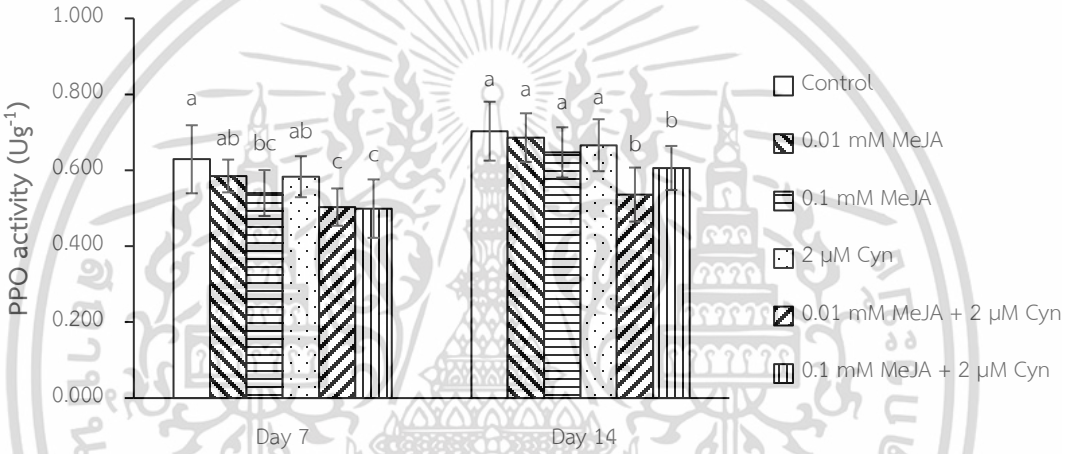


**Figure 4.9** Polyphenol Oxidase (PPO) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

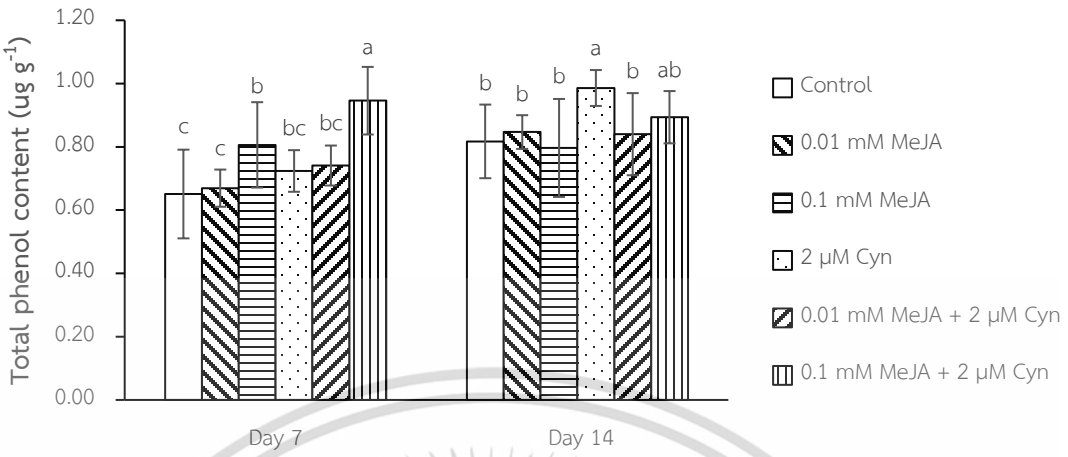


**Figure 4.10** Total phenol content (TPC) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.9 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อติดแกนผลสับปะรด หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM และ/หรือสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจรรมเอนไซม์ PPO ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn สามารถควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอาการไส้สีน้ำตาลบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรด (Figure 4.3) ที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ทำหน้าที่กระตุ้นให้สารประกอบฟีนอลเปลี่ยนเป็น quinone โดยทำงานร่วมกับออกซิเจน จากนั้นเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่เกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้นบริเวณเนื้อและแกนผล (Kader, 1996)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ดีที่สุดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Nilprapruck and Yodmingkhwan (2009) ได้รายงานการใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1.0 mM ในผลสับปรด พบว่าการใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ดีที่สุด หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน Youryon et al. (2020) ได้รายงานการใช้สารละลาย Cyn ความเข้มข้น 5 µM ผสมกับสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ca-Glu ความเข้มข้น 2 หรือ 3% สามารถชะลอการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ดีกว่าสับปะรดชุดควบคุม

Figure 4.10 แสดงค่าสารประกอบฟีนอล จากการทดลองพบว่าหลังการเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.01$) ซึ่งต่างจากรายงานของ Nilprapruck and Yodmingkhwan (2009) พบว่าสับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.1 และ 1.0 mM มีปริมาณประกอบฟีนอลต่ำกว่าชุดควบคุม

### 4.1.4 กิจกรรมเอนไซม์ CAT และปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

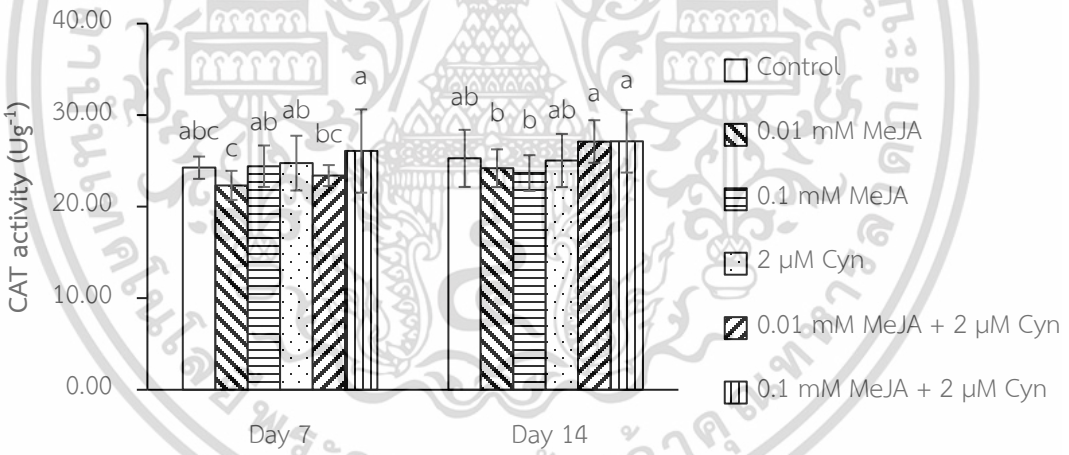


**Figure 4.11** Catalase (CAT) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

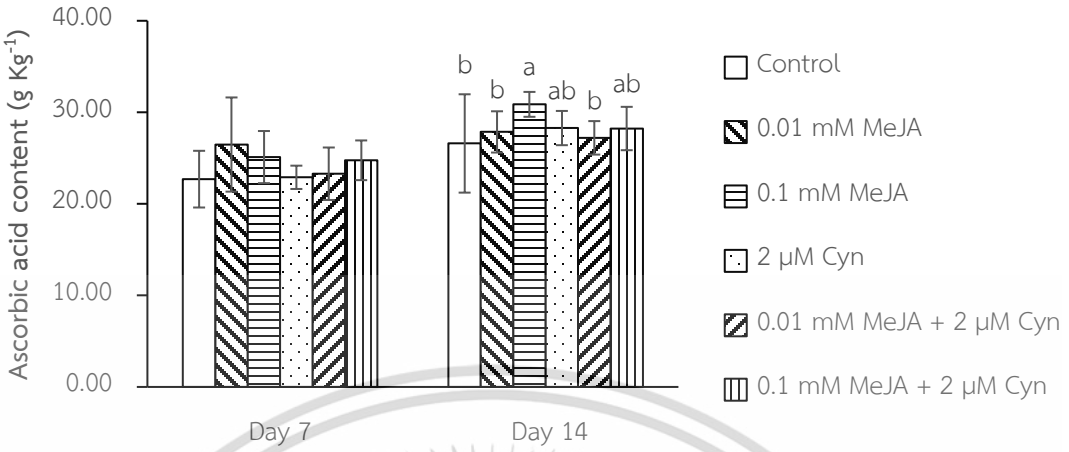


**Figure 4.12** Ascorbic acid content of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Catalase (CAT) เป็นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่พบในเซลของสิ่งมีชีวิต (ปราณี, 2558) เป็นเอนไซม์ที่ใช้เร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ให้กลายเป็นน้ำและออกซิเจน (Ashraf, 2009) Figure 4.11 แสดงกิจกรรมเอนไซม์ CAT จากการทดลองพบว่าหลังการเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 13±1 ºC สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM และ/หรือผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สับปะรดที่ใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) MeJA มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การกระตุ้นกลไกการสร้างความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาว โดยการลดอนุมูลอิสระและช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในการต้านออกซิเดชัน (Kondo et al., 2007) ซึ่งต่างกับการทดลองของ ฤทัยรัตน์ และคณะ (2555) พบว่าชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด ลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 10 ของการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา และเพิ่มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีกิจกรรมเอนไซม์ CAT สูง สามารถกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีระหว่างเนื้อติดแกนผลสับปะรดสูงที่สุดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

Figure 4.12 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิก พบว่าสับปะรดมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM และ/หรือสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงกว่าสับปะรดชุดควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM และ/หรือผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีปริมาณกรดแอสคอบิกสูงกว่าสับปะรดชุดควบคุม และพบว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การใช้สารละลาย MeJA ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซล กระตุ้นการต้านอนุมูลอิสระทั้งที่เป็นเอนไซม์ catalase และ ascorbic ลดการสะสมของ Reactive oxygen species (ROS) ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซล (Aghdam and Bodbodak, 2013) มีความสอดคล้องกับรายงานของ ฤทัยรัตน์ และคณะ (2555) ได้รายงานการจุ่มผลสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น $10^{-2}$ หรือ $10^{-3}$ เป็นเวลา 5 นาที พบว่ามีปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อส่วนที่ติดแกนผลสับปะรดสูงกว่าสับปะรดชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ Cyn สามารถกระตุ้นปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มสูงขึ้นได้ ซึ่งต่างกับรายงานของ Supapvanich et al. (2020) ได้รายงานการใช้สารละลาย Cyn ความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 µM กับต้นอ่อนทางตะวัน พบว่าไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิก และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถกระตุ้นปริมาณกรดแอสคอร์บิกให้เพิ่มสูงขึ้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1.4 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อติดแกนผลสับปะรด**

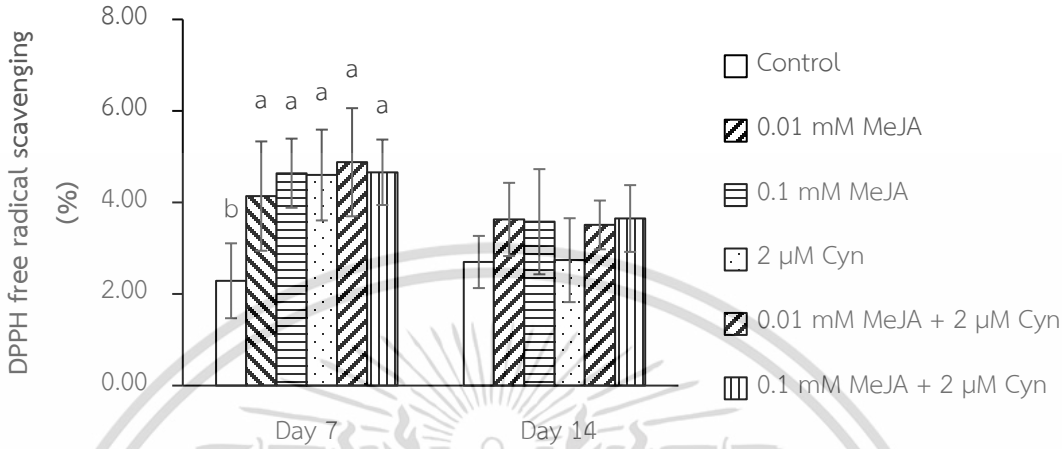


**Figure 4.13** DPPH free radical scavenging (DPPH) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

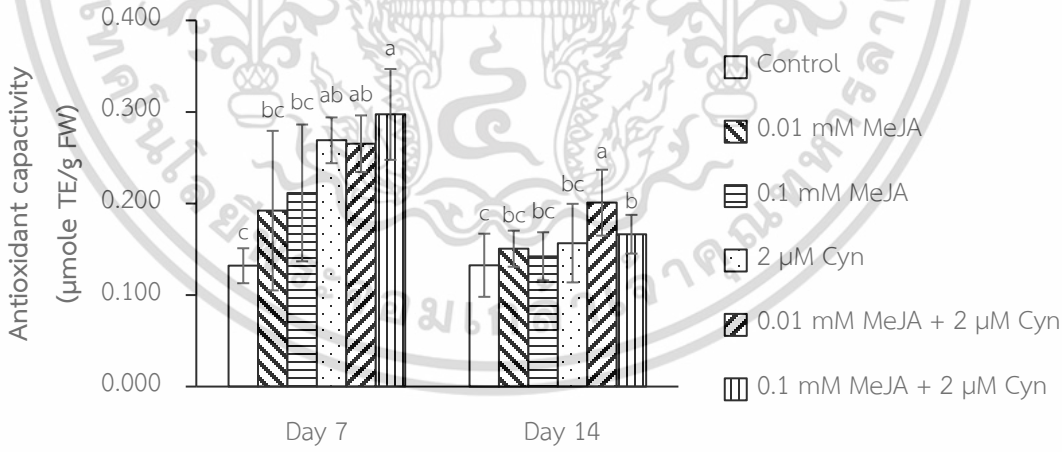


**Figure 4.14** Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) of pineapple fruit cv. Sawi treated with 0.01 mM MeJA, 0.1 mM MeJA, 2 µm Cyn, 0.01 mM MeJA combined with 2 µm Cyn, 0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.13 แสดงค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC พบว่า สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.0.1 หรือ 0.01 mM และ/หรือ สารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM มีการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง กว่าชุดควบคุม หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.0.1 หรือ 0.01 mM และ/หรือสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดมีกิจกรรมการต้านอนมูลอิสระลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 4.14) พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM และ/หรือผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM มีค่าสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของชนิกาญจน์ และคณะ (2558) ได้รายงานการใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 และ 1 mM สามารถชักนำการเพิ่มขึ้นของระบบต้านอนุมูลอิสระทั้งกลุ่มที่เป็นเอนไซม์และกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการใช้สารละลาย MeJA ที่มีความเข้มข้นและระยะเวลที่เหมาะสมนั้น ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลได้ โดยการกระตุ้นระบบการต้านอนุมูลอิสระ (Aghdam and Bodbodak, 2013) Burguieres et al. (2007) รายงานว่ากลุ่มวิตามินบีสามารถกระตุ้นการต่อต้านอนุมูลอิสระ ความเครียดผ่านการสังเคราะห์ฟีนอลและโพลีนในพืช Youryon et al. (2020) รายงานการใช้สารละลาย Cyn ความเข้มข้น 5 µM ผสมกับสารละลาย Ca-Glu ความเข้มข้น 2 หรือ 3% พบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.01 หรือ 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM เหมาะสมในการเพิ่มกิจกรรมการต้านและการกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวีได้ดีที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลของเมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินที่กักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี

ศึกษาผลของการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารละลายไซยาโนโคบาลามินที่กักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี โดยนำผลที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือการใช้สารละลาย MeJA ที่ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ที่ความเข้มข้น 2 µM นำมากักเก็บในลิโปโซม จากนั้นนำผลสับปะรดมาทำความสะอาด แช่ก้านผลสับปะรดด้วยลิโปโซมที่อุณหภูมิ 13±1 ºC เป็นเวลา 7 และ 14 วัน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

### 4.2.1 ลักษณะรูปร่างของลิโปโซม

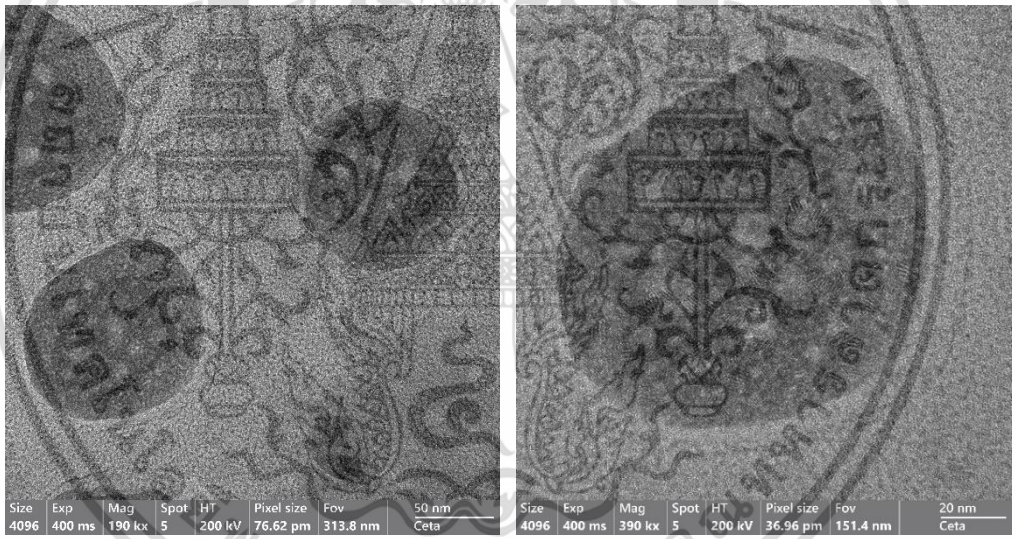


**Figure 4.15** Micrographs of encapsulated in liposome the simultaneous 0.1 mM MeJA and 2 µM Cyn.

Figure 4.15 ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลิโปโซมที่กักเก็บสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscopy; TEM) พบถุงอนุภาคกลมเล็ก (vesicles) ประกอบด้วยถุงน้ำหลายใบอยู่ภายในถุงใหญ่ จัดอยู่ในลิโปโซมประเภท Multi vesicular vesicles (MVVs) (Milcovich et

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

al., 2017) ลิโปโซมที่ได้เกิดการเรียงตัวเป็นโครงสร้างเมนเบรน 2 ชั้น (phospholipids bilayers) Manosroi and Manosroi (2007) รายงานว่าการจัดเรียงตัวของฟอสโฟลิปิด 2 ชั้น สามารถกักเก็บสารได้ทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ

### 4.2.2 ขนาดของอนุภาคลิโปโซม

การเตรียมลิโปโซมโดยใช้สารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM กักเก็บในลิโปโซมที่ผลิตด้วยวิธี Thin film hydration พบว่าอนุภาคของลิโปโซมมีขนาด 7.3±0.23 µm ซึ่งจัดอยู่ในลิโปโซมประเภท MVVs คือมีขนาดมากกว่า 1000 nm และประกอบด้วยถุงน้ำหลายใบอยู่ภายในถุงใหญ่ (Milcovich et al., 2017) ซึ่งจากการทดลองพบว่าลิโปโซมที่มีขนาดมากกว่าระดับนาโนเมตรจะเกิดความไม่เสถียร ส่งผลให้ลิโปโซมที่ได้มีประสิทธิภาพในการนำส่งสารลดน้อยลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการส่งตรวจหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. (2020) รายงานว่าลิโปโซมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ลิโปโซมมีขนาดเพิ่มขึ้นจาก 105.7±2.08 เป็น 238.0±29.82 nm

### 4.2.3 ประสิทธิภาพการกักเก็บสารในลิโปโซม

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บ (Entrapment efficiency; %EE) พบว่าลิโปโซมที่กักเก็บสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM การวัดประสิทธิภาพการกักเก็บสารละลายได้ร้อยละ 31.81±1.69 ซึ่งผลที่ได้เป็นการกักเก็บของสารละลาย Cyn ที่อยู่ในส่วนของน้ำ (Water phase) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2020) พบว่าการเตรียมลิโปโซมด้วยวิธี Thin film hydration มีประสิทธิภาพการกักเก็บสารลดลง จาก 61.74±1.68 เหลือเพียง 27.15±0.67 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในวันที่ 14 การแช่ก้านสับปะรดด้วยลิโปโซมเกิดการตกตะกอน อาจเนื่องมาจากความไม่เสถียรทางกายภาพและทางเคมี ทำให้มีผลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ºC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.4 ลักษณะปรากฏ และระดับความรุนแรงของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

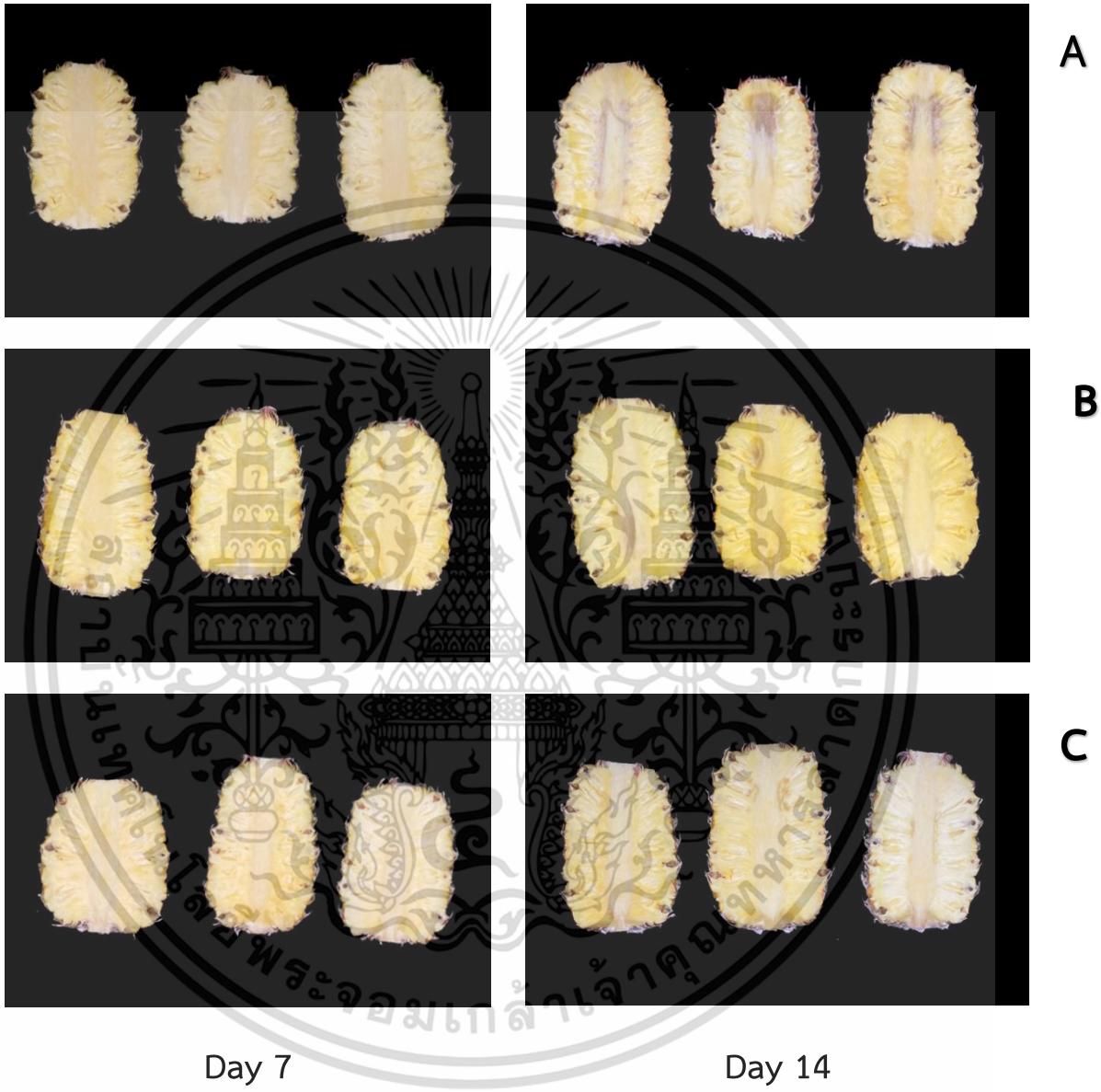


**Figure 4.16** Visual internal browning incidence of pineapple fruit cv. Sawi treated with control (A), water (B), Liposome (C) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 day.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

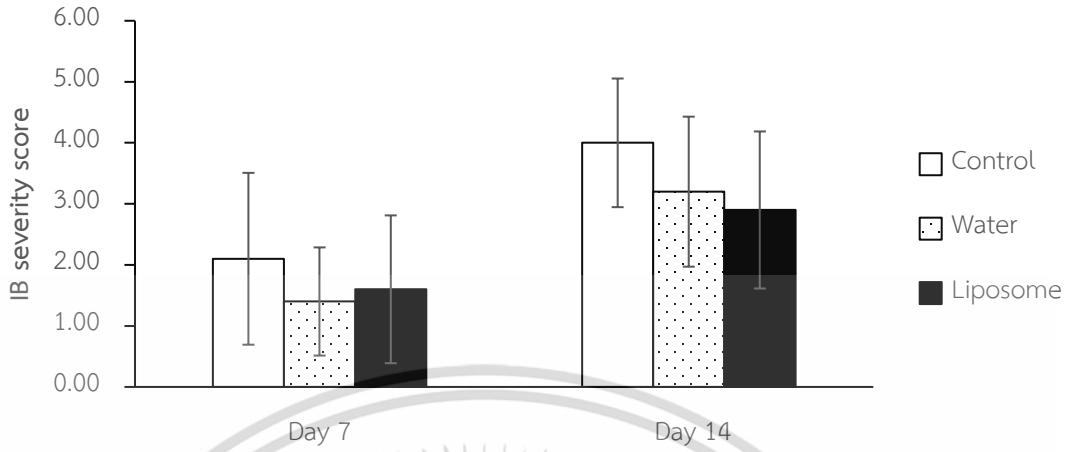


**Figure 4.17** Internal Browning severity score of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.16 แสดงลักษณะปรากฏของเนื้อติดแกนผลสับปรดที่ทำการแช่ก้านด้วยน้ำและสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 7 และ 14 วัน พบว่าสับปะรดทุกชุดการทดลองมีอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับระดับความรุนแรงของเนื้อติดแกนผล (Figure 4.17) พบว่าเมื่อเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 7 และ 14 วัน ระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม มีระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2020) ได้รายงานการเคลือบผลส้มด้วยน้ำมันหอมระเหยและนำมันหอมระเหยที่กักเก็บในลิโปโซม พบว่าผลส้มที่ทำการเคลือบผลด้วยน้ำมันหอมระเหยที่กักเก็บในลิโปโซม มีลักษณะปรากฏของผลส้มดีที่นอกจากนี้ยังพบว่าผลส้มที่ทำการเคลือบด้วยลิโปโซมมีเปอร์เซนต์การเน่าเสียต่ำที่สุดสุดเมื่อเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับชุดควบคุม จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม เหมาะสมในการรักษาลักษณะปรากฏและสามารถลดระดับความรุนแรงของอาการไส้สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดพันธุ์สวีได้ดีที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 °C นาน 14 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.1 สี และดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

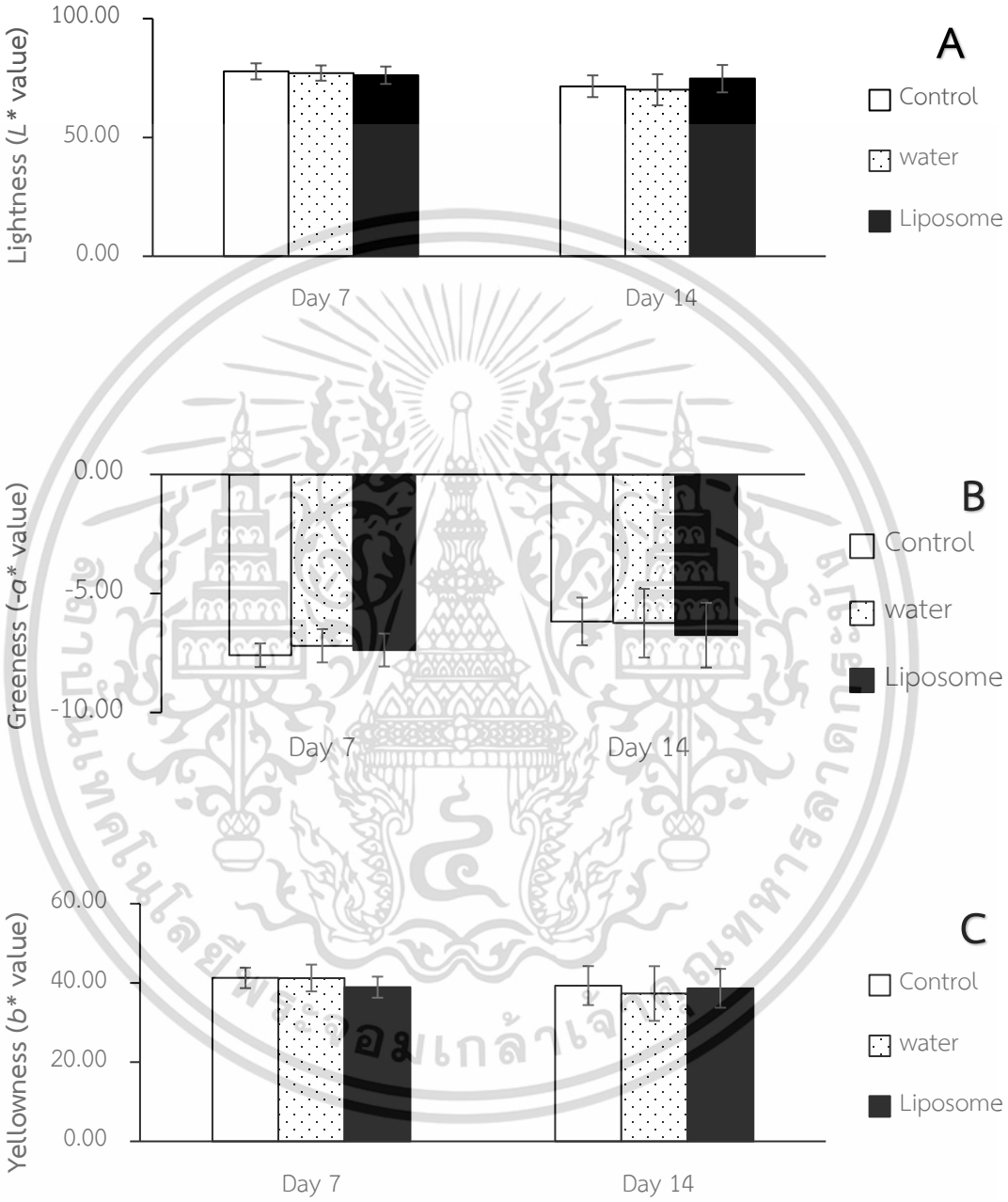


**Figure 4.18** Changes colour of lightness (A), greenness (B) and yellowness (C) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

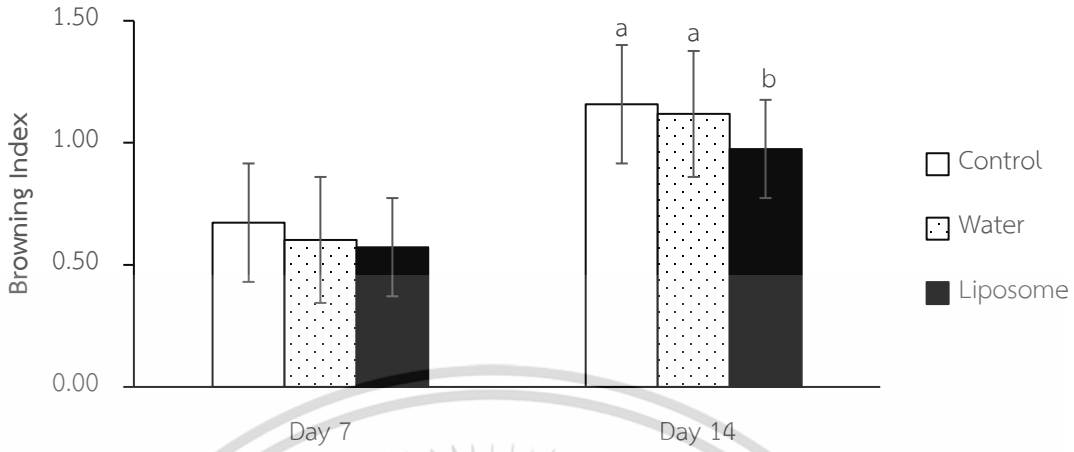


**Figure 4.19** Browning Index (BI) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.18 (A) แสดงค่าความสว่าง (*L**) พบว่าค่า *L** ลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม มีค่า *L** สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น หลังทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) Figure 4.18 (B) แสดงค่าความเป็นสีเขียว (*-a**) พบว่าค่า *-a** ลดลงระหว่างการเก็บรักษา สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม มีค่า *-a** ต่ำที่สุด ส่งผลให้สับปะรดมีความเป็นสีเขียวมากกว่าวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) Figure 4.18 (C) แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) พบว่าสับปะรดมีค่า *b** ลดลงทุกวิธีการเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม มีค่า *b** สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยน้ำและสับปะรดที่แช่ก้านด้วยลิโปโซม ไม่มีผลต่อค่า *L**, *a** และ *b** เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.19 แสดงค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด พบว่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซมมีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซม สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของดัชนีความได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

**4.2.2 ปริมาณ MDA และค่าการรั่วไหลของประจุของเนื้อติดแกนผลสับปะรด**

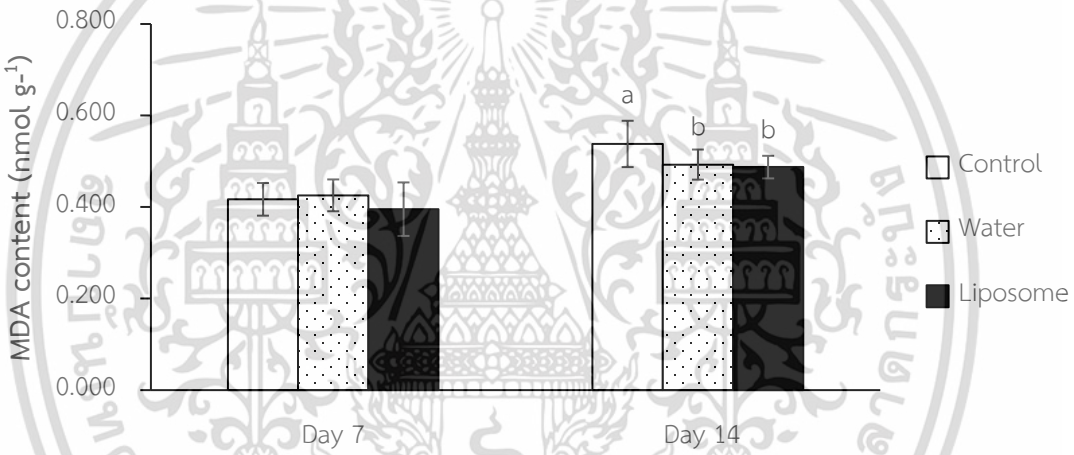


**Figure 4.20** Malondialdehyde content (MDA) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ℃ for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

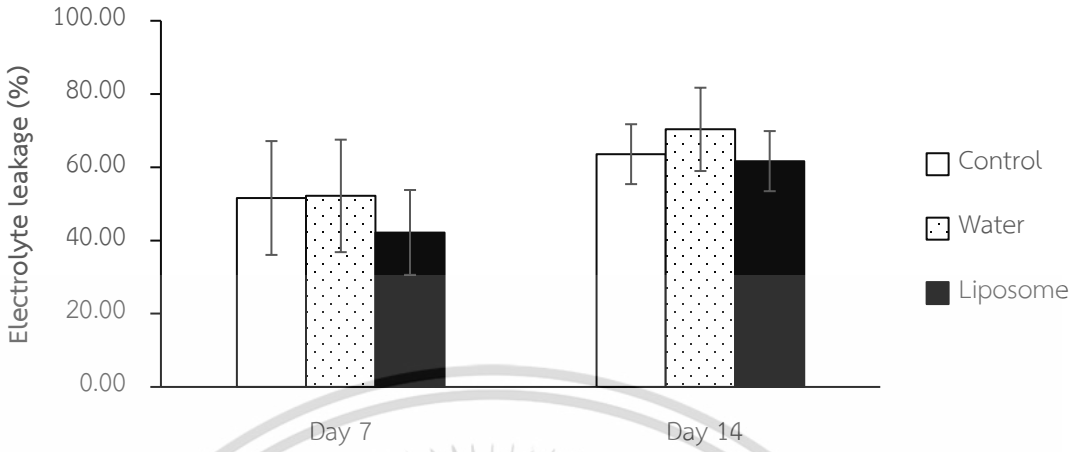


**Figure 4.21** Electrolyte leakage (El) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.20 แสดงปริมาณ MDA พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซม มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยน้ำและลิโปโซม มีปริมาณ MDA ต่ำกว่าชุดควบคุม และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซม มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุดและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าการรั่วไหลของประจุของเนื้อติดแกนผลสับปะรด (Figure 4.21) พบว่าค่าการรั่วไหลของประจุของเนื้อส่วนติดแกนผลเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซม หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบค่าการรั่วไหลของประจุต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 กิจกรรมเอนไซม์ LOX ของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

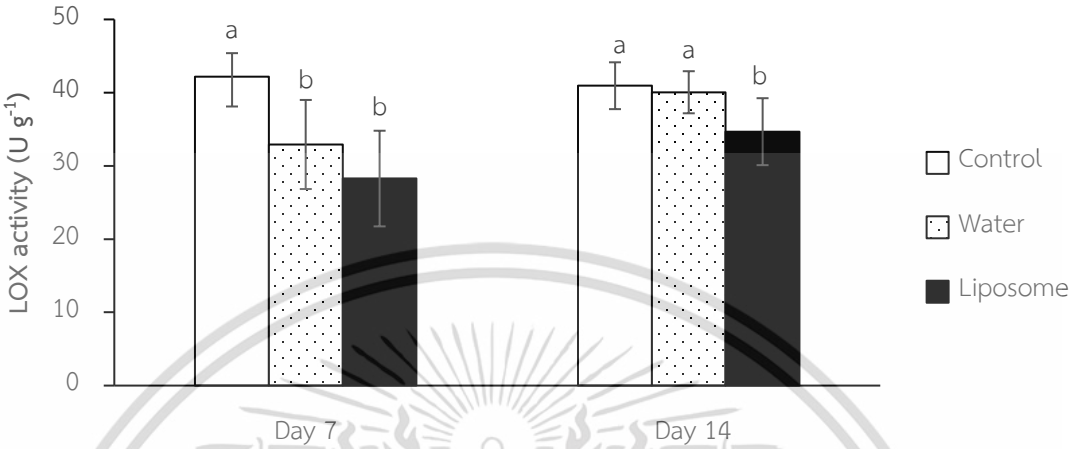


**Figure 4.22** Lipoxygenase (LOX) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.22 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยลิโปโซม มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำที่สุด และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alikhani-Koupaei (2015) ได้รายงานการเคลือบน้ำมันโรสเมรีที่กักเก็บในลิโปโซมในผลกล้วยตัดแต่งพร้อมบริโภค พบกิจกรรมเอนไซม์ LOX ต่ำกว่าชุดควบคุม Samaan et al. (2011) ได้รายงานการใช้สารละลาย Cyn พบว่าสามารถช่วยลดความผิดปกติของเยื่อหุ้มเซลและชะลอการเสื่อมสภาพในผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่ก้านผลสับปะรดด้วยสารละลาย Cyn ยังมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น (Youryon et al., 2020) (Figure 2.27 และ Figure 2.28)

จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µM ที่กักเก็บในลิโปโซม สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ที่เกิดบริเวณเนื้อติดแกนผลสับปะรดได้ดีที่สุด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 ºC นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 กิจกรรมเอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

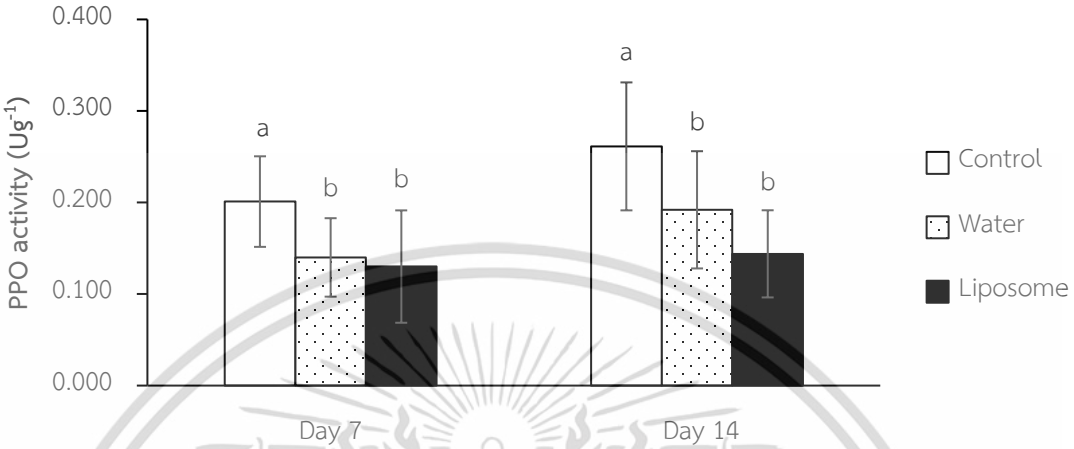


**Figure 4.23** Polyphenol Oxidase (PPO) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

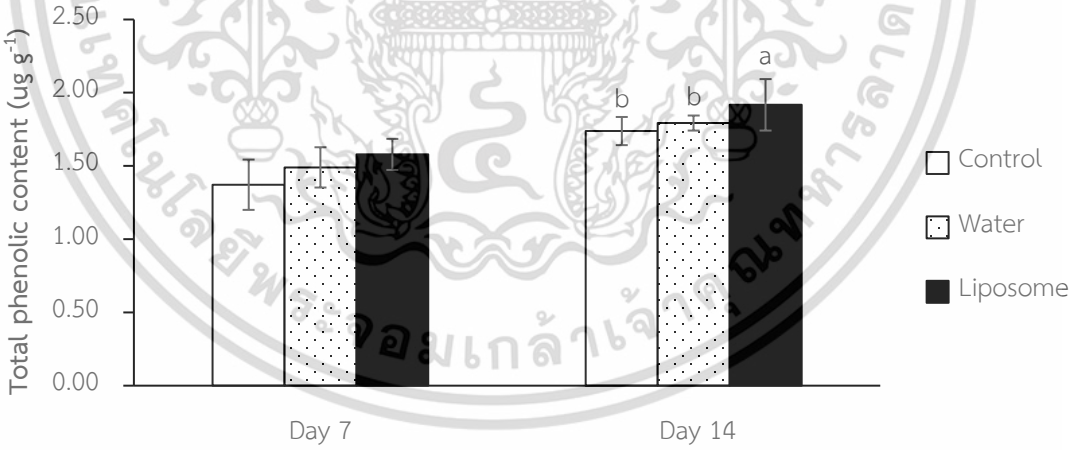


**Figure 4.24** Total phenolics content (TPC) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.23 แสดงค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อติดแกนผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดมีกิจกรรมของเอนซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้น หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน โดยสับปะรดที่แช่ก้านด้วยลิโปโซม มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alikhani-Koupaei (2015) ได้รายงานการเคลือบน้ำมันโรสเมรีที่กักเก็บในลิโปโซมในผลกล้วยตัดแต่งพร้อมบริโภค พบกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุม และมีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Figure 4.24 แสดงสารประกอบฟีนอล พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซมมีสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) หลังการเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยน้ำและลิโปโซมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm ที่กักเก็บในลิโปโซมมีสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dhital et al. (2018) ได้รายงานการเคลือบลิโปโซมในผลสตรอว์เบอรีหลังการเก็บเกี่ยว พบปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 14 วัน เช่นเดียวกับรายงานของ Alikhani-Koupaei (2015) ศึกษาการเคลือบน้ำมันโรสเมรีที่กักเก็บในลิโปโซมในผลกล้วยตัดแต่งพร้อมบริโภค พบปริมาณสารประกอบฟีนอลสูง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่มีกิจกรรมเอนไซม์ลดต่ำลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.4 กิจกรรมเอนไซม์ CAT และปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

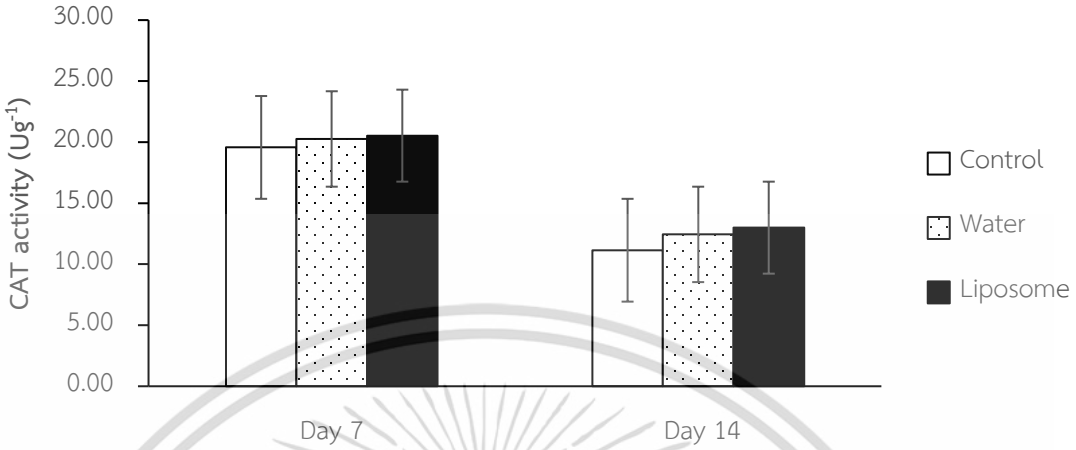


**Figure 4.25** Catalase (CAT) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

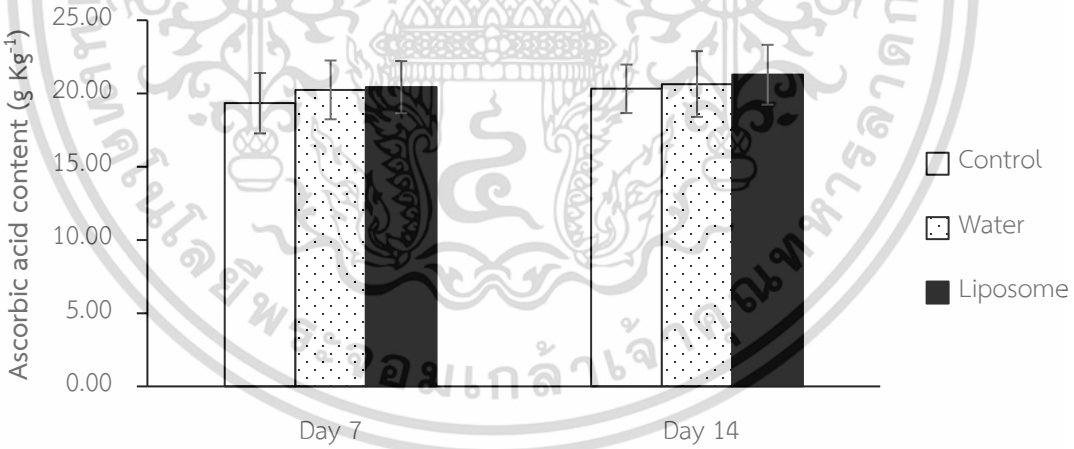


**Figure 4.26** Ascorbic acid content of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4.25 แสดงกิจกรรมของเอนไซม์ CAT พบว่าสับปะรดที่แช่ก้านด้วยน้ำและลิโปโซม หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยสับปะรดที่แช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm ที่กักเก็บในลิโปโซมมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

Figure 4.26 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิก จากการทดลองพบว่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm ที่กักเก็บในลิโปโซมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) จักรพงศ์ และจริงแท้ (2536) รายงานว่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่สูงในผลสับปะรด มีโอกาสเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้น้อยลง เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวรีดิวซ์ของควิโนน ซึ่งทำให้ควิโนนไม่สามารถรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ จึงไม่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลขึ้น (Abdullah et al., 1986)

### 4.2.4 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อติดแกนผลสับปะรด

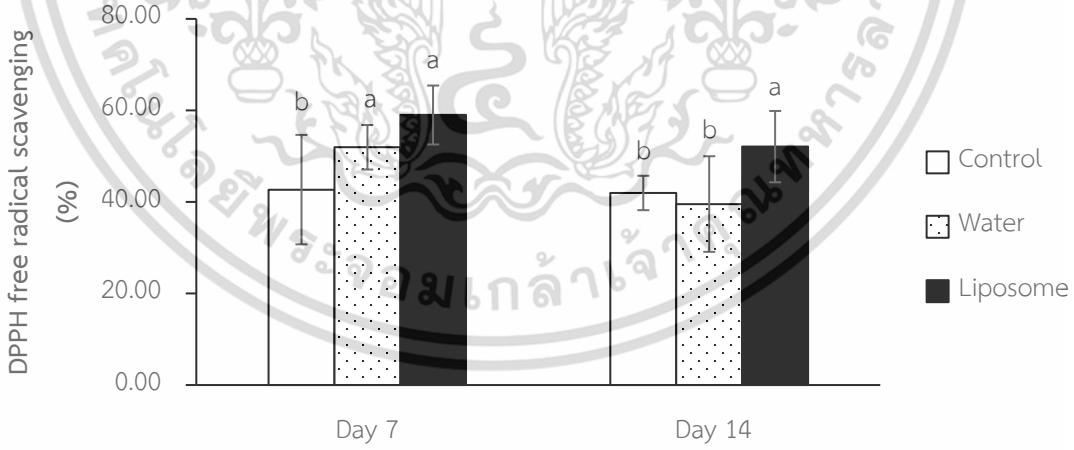


**Figure 4.27** DPPH free radical scavenging activity (DPPH) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 ºC for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

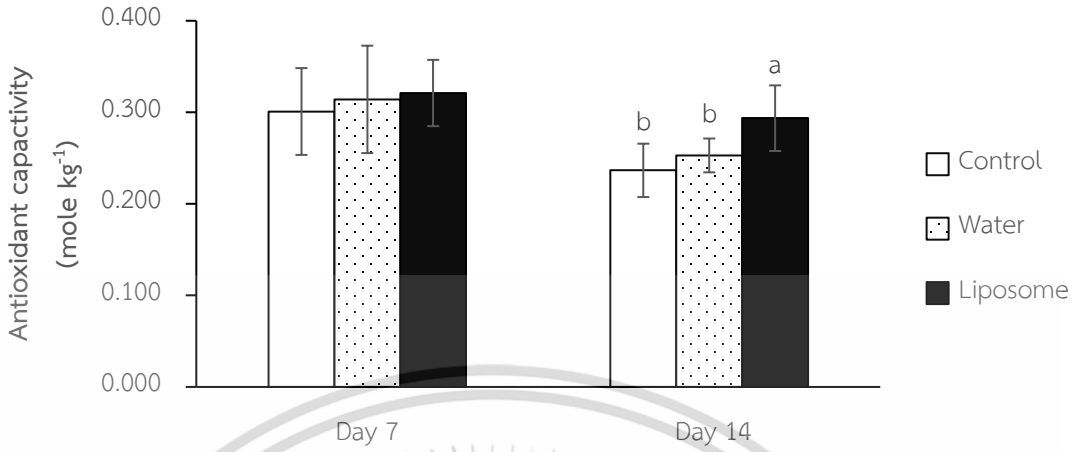


**Figure 4.28** Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) of pineapple fruit cv. Sawi was treated with water, liposome (0.1 mM MeJA combined with 2 µm Cyn) and untreated fruit (control) during storage at 13±1 °C for 7 and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

Figure 4.27 แสดงค่าการกำจัดอนุมูลอิสระระหว่างการเก็บรักษา พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยลิโปโซม มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Figure 4.28) พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่แช่ก้านด้วยลิโปโซม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยลิโปโซม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.01$) Suntres (2011) ศึกษาการนำส่งด้วยลิโปโซม พบว่าสามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ในสภาวะที่เกิดจากความเครียด ที่ส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระไม่สามารถผ่านเมมเบรนได้ จากการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่า การแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm กระตุ้นความสามารถในการต้านกิจกรรมอนุมูลอิสระได้ ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 13±1 °C เป็นเวลา 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

## 5.1 การศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

พบว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn สามารถบรรเทาอาการไส้สีน้ำตาลและมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุมในทุกวิธีการและพบว่าการแช่ก้านสับปะรดด้วย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm มีประสิทธิภาพในการลดอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาล การรั่วไหลของประจุ รวมถึงเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด ได้แก่ กิจกรรมเอนไซม์ LOX และกิจกรรมเอนไซม์ PPO นอกจากนี้ยังพบกิจกรรมของเอนไซม์ CAT มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) และปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นอย่างชัดเจน

## 5.2 การศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินที่กักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

พบว่าการแช่ก้านผลสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm ที่กักเก็บในลิโปโซม พบว่าสามารถลดอาการไส้สีน้ำตาล ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล ปริมาณ MDA กิจกรรมเอนไซม์ LOX และกิจกรรมเอนไซม์ PPO ได้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (FRAP) สูงกว่าสับปะรดที่ทำการแช่ก้านด้วยสารละลาย MeJA และ/หรือสารละลาย Cyn

ดังนั้นจากการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าการแช่ก้านผลสับปะรดด้วยสารละลาย MeJA ความเข้มข้น 0.1 mM ผสมกับสารละลาย Cyn ความเข้มข้น 2 µm ที่กักเก็บในลิโปโซมมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±1 °C นาน 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

ขวัญจิตร อิสระสุข. ณัฐพงษ์ ไตรยะสุข. ชลดา พรหมสมบูรณ์. จุฑามาศ มีพืชน์, ลลิตา รักษ์ทอง. นิสุฎา อิ่มเสถียร. ณัฏฐรัตน์ ศรีบุรินทร์. กัลยาภรณ์ จันตรี. ประดับฟ้า นาคนก. 2560. “การเตรียมไลโปโซมกักเก็บสารสกัดจากใบขลู่เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง.” **วิจัย มสด. สาขาวิทยาศาสตร์.** 10(1) : 43–60.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายพืช.** นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และ จริงแท้ ศิริพานิช. 2536. “ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดและวิธีป้องกัน.” วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 27(4) : 421–430.

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. **สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินดารัตน์ วีระวุฒิ. 2541. **สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราพรรณ คล้ายกิจจา. 2548. **สับปะรด**. กรุงเทพฯ : เกษตรสยามบุ๊คส์.

ฐิติรัตน์ กฤตยาภิรมย์. 2547. ผลของสารเคลือบผิว Stafresh 7055 ต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: 70-72

ทวีศักดิ์ แสงอุดม. 2560. **การจัดการการผลิตสับปะรดคุณภาพ**. กรุงเทพฯ.

ธงชัย เนมขุนทด. 2530. **การปลูกสับปะรด.** กรุงเทพฯ. เรืองแสงการพิมพ์.

เบญจมาศ รัตนชินกร และ สนทรรศน์ นันทะไชย. 2554. การปฏิบัติเพื่อการส่งออกสับปะรดสด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaikasetsart.com.

ประธาน โพธิสวัสดิ์. 2544. การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ลูกผสม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/102229

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2558. **เอนไซม์ทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

ปรียานุช แสงประยูร. สุริยัณห์ สุภาพวานิช. พรรณิภา ยั่วยล. เฉลิมชัย วงษ์อารีย์ และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2562. “การใช้เมทิลจัสโมเนทภายหลังการเก็บเกี่ยวในการป้องกันอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 50(3) : 44-47.

เปรมระพี อุยมาวีรหิรัญ. เชาวลิต อุปฐาก. ลัดดาวัลย์ กลิ่นมาลัย และน้อมจิตต์ สุธีบุตร. 2562. **การพัฒนาศักยภาพสับปะรดตกเกรดในผลิตภัณฑ์ซอสสำเร็จรูป.** คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ยุรนันท์ เขินไพร และสุริยัณห์ สุภาพวานิช. 2559. “ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทต่อคุณภาพทางกายภาพของฝรั่งพันธุ์กิมจูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ.” **พืชศาสตร์สงขลานครินทร์**. 3 (ฉบับพิเศษ): 126-131.

ฤทัยรัตน์ ทันตวิวัฒนา. ศิริชัย กัลป์ยาณรัตน์. ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร. เฉลิมชัย วงษ์อารี และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2555. “ผลของการใช้สารเมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 43(2): 213–216.

วราพันธุ์ จินตณวิชญ์. อุทัย คันโธ. สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และปุณฑริกา หะริณสุต. 2547. “การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลือง.” หน้า 26–32. ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภาพิชญ์ ห่อประทุม. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ. และวราลักษณ์ เกษตรานันท์. 2562. “อัตราพันธุกรรมและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสและองค์ประกอบของผลผลิตในถั่วเหลือง *Glycine max* (L) Merr.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 37(2) : 227-238.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ และ อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2557. “ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน.” หน้า 243-249 ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สันติ ช่างเจรจา. รุ่งนภา ช่างเจรจา. นิอร โฉมศรี. ยุทธนา เขาสุเมรุ. ชิติ ศรีตนทิพย์. 2562. **กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสับปะรด.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563.** กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธิวัลย์ สีทา และมัชฌิมา นราดิศร. 2552. “บทบาทของ methyl jasmonate ต่อคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน.” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 40(3)(พิเศษ): 369–372.

หยกทิพย์ สุดารีย์, วรางคณา มากกำไร, วีรา คล้ายพุก, อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว, ดารากร เผ่าชู. 2558. “สารเคมีชนิดต่าง ๆ ต่อการควบคุมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง.” กรุงเทพฯ.

อนันทิตา แสงสุริยวงศ์. มารุจ ลิมปะวัฒนะ. ดาลัด ศิริวัน. ภัสราภา แก้วเนิน และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์. 2559. “ผลของความเข้มข้นฟอสโฟลิพิดและวิธีการปั้นผสมต่อสมบัติของสารสกัดแอสตาแซนทินที่กักเก็บในไลโพโซม.” **วารสารเกษตร.** 32(3) : 421-433.

อภิชาติ ศรีสอาด. 2554. **เทคโนโลยีการปลูกสับปะรดเงินล้าน.** กรุงเทพฯ : นาคา อินเตอร์มีเดีย จำกัด

อรอง จันทร์ประสาทสุข. 2558. “การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด.” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

อ้อมอรุณ นุกูลธรประกิต. 2547. “อนุมูลเสรีและตัวต้านออกซิเดชันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อินทิรา ลิจันทร์พร. เบญจมาพร มธุลาภรังสรรค์. นันทิพา เอี่ยมสกุล และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2554. “ผลของเมทิลจัสโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวของเปลือกมะเฟืองหลังการเก็บเกี่ยว” **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 42(1) : 244-247.

เอมอร พจน์วิวัฒน์. 2534. “การจำแนกพันธุ์ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองและพันธุ์สิงคโปร์-ปัตตาเวียด้วยลักษณะทางใบและผล”. กรุงเทพฯ. : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abdullah, H. Rohaya, M.A. and Zaipun M.Z. 1986. “Storage study of pineapple (*Ananas comosus* cv. Sarawak) with special emphasis on black heart disorder.” **Hort abstr Journal.** 14(2) : 132-138.

Acedo, A.L. Akinaga, T. and Tanabe, T. 2004. “Inhibition of chilling injury and quality changes in pineapple fruit with prestorage heat treatment.” **Journal of Food Agriculture and Environment.** 2 : 81-86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

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

Alikhani-Koupaei, M. 2015. "Liposome and edible coating as control release delivery systems for essential oils: comparison of application on storage life of fresh-cut banana." **Quality Assurance and Safety of Crops and Foods.** 7(2) : 175-185.

Asensi-Fabado, M.A. and Munne'-Bosch, S. 2010. "Vitamins in plants: occurrence, biosynthesis and antioxidant function." **Trends in Plant Science.** 15 (10): 582-592.

Azeem, R.A.E. Nada, A.A. Montaser, A.S. 2015. "Chitosan liposomal microspheres for ricinoleic acid encapsulation." **Journal of Applied Pharmaceutical Science.** 5(11) : 055-062.

Baker, S.A. and Miller–Ihli, N.J. 2000. "Determination of cobalamins using capillary electrophoresis inductively coupled plasma mass spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy.** 55(12) : 1823-1832.

Bartholomew, D.P. 2009. "'MD-2' pineapple transforms the world's pineapple fresh fruit export industry." **Pineapple News.** 16 : 2-5.

Birch, C.S., Brasch, N.E., McCaddon, A. and Williams, J.H. 2009. "A novel role for vitamin B12: cobalamins are intracellular antioxidants in vitro." **The Official Journal of the Society for Free Radical Biology and Medicine.** 47(2) : 184-188.

Boonyaritthongchai, P. and 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) 479-478.

Brand-Williams, W. Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." **Journal of LWT - Food Science and Technology.** 28(1): 25–30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Burguieres, E., MCCue, P., Kwon, Y.I., Shetty, K., 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. **Journal of Bioresource Technol.** 98: 1393-1404.

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 : 1253-1256.

Chen, C.C. Zhou, L. Chen, N.J. and Paull, R.E. 2001. "Determinants of sweetness in papaya and pineapple." **Journal of Acta Horticulturae.** 553(14) : 99–100.

Cheong, J.J. and Choi, Y.D. 2003. "Methyl jasmonate as a vital substance in plants." **Elsevier Review TRENDS in Genetics.** 19(7) : 409-403.

Coppens, G.M. Sanewski, M.K. Smith, M.F. Duval, F. Leal Ananas, C. and Kole, E.D. 2011. **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Tropical and Subtropical Fruits.** New York. Springer.

Derardja, A.E. Pretzler, M. Kampatsikas, I. Barkat, M. and Rompel, A. 2019. "Inhibition of apricot polyphenol oxidase by combinations of plant proteases and ascorbic acid." **Journal of Food Chemistry.** Vol. 4 (100053).

Deshpande, S, Caspi, Y. Meijering, A.E. Dekker, C. 2016. "Octanol-assisted liposome assembly on chip." **Journal of Nature Communications.** 7 : 10447

Dhital, R. Mora, B.N. Watson, D.G. Kohli, P. and Choudhary, R. 2018. "Efficacy of limonene nano coating on post-harvest shelf life of strawberries." **Journal of LWT-Food science and technology.** 97 : 124-134.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Dua, J.S. Rana, A.C. Bhandari, A.K. 2012. "Liposome : methods of preparation and applications". **International Journal of Pharmaceutical Studies and Research.** 2229-4619 : 14-20.

Dull, G.G. 1971. **The pineapple In The Biochemistry of Fruits and Their Products** London, New York: Academic Press.

Dull, G.G. Young, R.E. and Biale, J.B. 1967. "Respiratory Patterns in Fruit of Pineapple, Ananas comosus, Detached at Different Stages of Development." **Physiologia plantarum.** 20(4) : 1059-1065.

El-Bary, A.A. 2017. "Effect of spraying GA3 and cyanocobalamin (Vitamin B12) on fruit set. yield and fruit quality of Le-Conte pear trees." **Journal of Plant Production.** 8(4) : 555-558.

El-Baz, El. El-Eraky, M.A. Lo'ay, A.A. and El-Deeb M.R.I. 2011. "Vitamins application and persimmon (*Diospyros kaki* cv. 'COSTATA'), fruit Quality." **Journal of Plant Production.** Vol. 2(3) : 367–375.

Galeazzi, M.A.M. Sagarbieri, V.C.J. and Constantidines, S.M. 1981. "Isolation, puridcation and physicochemical characterization of polyphenoloxidase from a dwarf variety of banana (Musa cavendishii, L.)."**Journal of Food Science.** 46 : 150-155.

Gardner, P.T. Tamsin, T.C. White, A.C. McPhail, D.B. and Duthie, G.D. 2000. "The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Journal of Food Chemistry.** 68(4) : 471-474.

González-Aguilar, G.A. Fortiz, J. Cruz, R. Baez, R. and Wang, C.Y. 2000. "Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 48(2) : 515-519.

Gregoriadis, G. 1976. "The carrier potential of liposomes in biology and medicine." **The New England Journal of Medicine.** 295 : 704-710.

Grit, M., and Crommelin, D.J. 1993. "Chemical stability of liposomes: implications for their physical stability." **Journal of Chemistry and Physics of Lipids.** 64(1-3) : 3-18.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Guldiken, B., Gibis, M., Boyacioglu, D. Capanoglu, and Weiss, J. 2018. "Physical and chemical stability of anthocyanin-rich black carrot extract-loaded liposomes during storage." **Journal of Food Research International.** 108 : 491-497.

HanterLab. 1996. CIE L*, A*, B*, Colour Scale : Applications Note 8(7): 1-4.

Hashimoto, S. and Yamafuji, K. 2001. "The determination of diketo-Lgulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2, 4-dinitrophenol hydrazine method." **The Journal of Biological Chemistry.** 147 : 201-208.

Hassan, A. Othman, Z. and Siriphanich, J. 2011. "Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.)." **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits.** 194–218.

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" . **Journal of Planta**. 207(4) : 604-611.

Hong, K. Xu, H. Wang, J. Zhang, L. Hu, H. Jia, Z. Gu, H. He, Q. and Gong, D. 2013. "Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures." **Journal of Scientia Horticulturae.** 151: 68–74.

Ibrahim, M.M., Nair, A.B., Aldhubiab, B.E. and Shehata, T.M. 2017. **Liposome.** London United Kingdom : Princes Gate Court.

Joy, P.P. and Anjana, R. 2016. **Evolution of horticultural crop.** New Delhi : Astral International.

Kader, A.A. 1996. "Recommendation for maintaining postharvest quality of pineapple." **Perishable Handling Newsletter Journal.** 88 : 19-20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Kang, J.G. Dang, H. Han, S. Kang, N. Koo, D.H. Koh, Y.S. Hyun, J.W. Kang, H. Jung, J. and Yoo, E. 2013. "Methyl 5-chloro-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". **Journal of Chemical and Pharmaceutical Bulletin.** 61(10) : 1002-1008.

Kongsuwan, A. Suthiluk, P. Theppakorn, T. Srilaong, V. and Setha, S. 2009. "Bioactive compounds and antioxidant capacities of phulae and nanglae pineapple." **Asian Journal of Food and Agro-Industry.** Special Issue, S44-S50.

Krook, J. Van-slot, K.A.E. Vreugdenhil, D. Dijkema, C. and van der Plas, L.H.W. 2000. "The triose-hexose phosphate cycle and the sucrose cycle in carrot (*Daucus carota* L.) cell suspension are controlled by respiration and Fructose-6-phosphate Phosphotransferase." **Journal of Plant Physiol.** 156(5-6) : 595-604.

Lange, D.L. and Kader, A.A. 1997. "Effects of elevated carbon dioxide on key mitochondrial respiratory enzymes in 'Hass' avocado fruit and fruit disks." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 122 : 238-244.

Lasic, D.D. 1995. "Mechanisms of Liposome Formation." **Journal of Liposome Research**, 5(3): 431–441.

Lipowsky, R., 1991. "The conformation of membranes." **Nature.** 349 : 475-481.

Lo'ay, A.A. 2010. "Cyanocobalamin control fruit ripening of persimmon fruit." **Journal of Plant Production.** 1(12) : 1653-1663.

Lo'ay, A.A. 2017. "Improvement berry color skin profile by exogenous cyanocobalamin treatment of '*Crimson seedless*' grapevines." **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences.** 4(3): 231-235.

Lu, X. Sun, D. Li, Y. Shi, W. and Sun, G. 2011. "Pre - and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit." **Journal of Scientia Horticulturae**. 130 : 97-101.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

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

Manosroi, A. and Manosroi, J. 2007. "Liposome for through-skin pharmaceuticals and cosmetics." Bangkok : Odeon store.

Marinkovic, S.S. 2016. "Liposome as drug delivery systeme in dermal and transdermal drug delivery." **Journal of Springer**. 15-38.

Martínez-Esplá, A. Valero, D. Martínez-Romero, D. Castillo, S. Giménes, M.J. García-Pastor, M.E. Serrano, M. and Zapata P.J. 2017. "Preharvest application of methyl jasmonate as an elicitor improves the yield and phenolic content of artichoke." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 65 : 9247-9254.

Meheriuk, M. Girard, B. Moyls, L. Beveridge, H.J.T. McKenzie, D.L. Harrisson, J. Weintraub, S. and Hocking, R. 1995. "Modified atmosphere packing of 'Lapins' sweet cherry." **Journal of Food Research International.** 28(3) : 239-244.

Milcovich, G. Lettieri, S. Antunes, F.E. Medronho, B. Fonseca, A.C. Coelho-Jorge F.J. Marizza, P. Perrone, F. Farra, R. Dapas, B. Grassi, G. Grassi, M. Giordani, S. 2017. "Recent advances in smart biotechnology: Hydrogels and nanocarriers for tailored bioactive molecules depot." **Advances in Colloid and Interface Science.** 249 : 163-180.

Minh, N.P. 2017. "Influence of hot water treatment to quality properties of pineapple (*Ananas comosus*) fruit during storage." **Journal of Food Research.** 5(5) : 186-194.

Mohd-Alia, M. Norhashila, H. Samsuzana, A. and Azizac, O. 2020. "Pineapple (*Ananas comosus*) A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products." **Food Research International**. 137: 109675.

Moline, H.E. Buta, J.G. Saftner, R.A. and Maas, J.L. 1997. "Comparison of three volatile natural products for the reduction of postharvest decay in strawberries." **Advances in strawberry research.** 16 : 43-48.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Nilprapruck, P. and Yodmingkhwan, P. 2009. "Effect of Exogenous methyl jasmonate on the internal browning of Pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia." **Khon Kean Research Journal.** 14(6) : 489-497.

Nukuntornprakit, O. Luengwilai, K. and Siriphanich, J. 2020. "Chilling injury in pineapple fruit is related to mitochondrial antioxidative metabolism." **Journal of Postharvest Biology and Technology.** 170 : 111330.

Patil, Y.P., and Jadhav, S. 2014. "Novel methods for liposome preparation." **Journal of Chemistry and physics of lipids.** 177 : 8-18.

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

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.

Pérez, A.G. Sanz, C. Richardson, D.G. and Olías, J.M. 1993. "Methyl jasmonate vapor promotes β-carotene synthesis and chlorophyll degradation in Golden Delicious apple peel". Journal of Plant Growth Regulation. 12 : 163-167.

Pierre, M.B.R. and Costa, I.S.M. 2011. Liposomal systems as drug delivery vehicles for dermal and transdermal application. **Archives of Dermatological Research volume.** 303 : 607.

Pitadeniya, D.S. Lakshman, P.L.N. and Hettiarachchi, M.P. 2005. "Pineapple black heart disorder: Measures to reduce postharvest losses during transportation and storage." **APEC Symposium on Assuring Quality and Safety of Fresh Produce.** Bangkok : Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Popluechai, S. Onto, S. and Eungwanichayapant, P.D. 2007. "Relationships between some thai cultivars of pineapple (*Ananas comosus*) revealed by RAPD analysis." **Songklanakarin Journal of Science and Technology.** 29(6) : 1491-1497.

Promyou, S. and Supapvanich, S. 2012. "Effect of ultraviolet-C (UV-C) illumination on postharvest quality and bioactive compounds in yellow bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) during storage." **African Journal of Agricultural Research.** 7(28) : 4048-4096.

Reyes-Díaz, M. Lobos, T. Cardemil, L. Nunes-Nesi, A. Retamales, J. Jaakola, L. Alberdi, M. and Ribera-Fonseca. A. 2016. "Methyl Jasmonate: An Alternative for Improving the Quality and Health Properties of Fresh Fruits." **Journal of Molecules**. 567: 1-18.

Roje, S. 2007. "Vitamin B biosynthesis in plant." **Journal of Phytochemistry**. 68(14): 1904-1921.

Sala, J.M. and Lafuente, M.T. 2000. "Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling." **Journal of Postharvest Biology and Technology.** 20 : 81-89.

Saltveit, M.E. and Morris, L.L. 1990. **"Overview on chilling injury od horticultural crops."** 3-15. In Wang, C.Y. Chilling injury of Horticultural Crop. Boca Raton, Florida : CRC Press.

Samaan, L.G. El-Dengawy, E.F.A. Lo'ay, A.A. and El- Fayoumy, Heba, M. 2011. "Exogenous spray of mango (*Mangifera indica L.*) trees with antioxidant solutions in relation to changes in fruit quality and storability at harvest and during cold storage." **Journal Plant Production.** 2(4): 617-639.

Shetty, K. 1997. "Biotechnology to harness the benefits of dietary phenolics focus on Laminaceae." **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition.** 6(3) : 162-171.

Slinkard, K. and Singleton, V.L. 1997. "Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods." **American Journal of Enology and Viticulture.** 28: 49–55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Smith, A.G. Croft, M.T. Moulin, M. and Webb, M.E. 2007. "Plants need their vitamins too." **Current Opinion in Plant Biology.** 10 : 266-275.

Suntres, Z.E. 2011. "Liposomemal antioxidants for protection against oxidant-induced damage" **Journal of Toxicology**. 152474 : 1-16.

Supapvanich, S. and Promyou, S. 2013. **Efficiency of salicylic acid application on postharvest perishable crops.** New York; Springer Publication.

Supapvanich, S. Pimsaka, J. and Srisujan, P. 2011. "Physiochemical change in fresh-cut wax Apple (*Syzygium samarangenese* [Blume] Merrill and L. M. Perry) during storage." **Journal of Food Chemistry.** 127(3) : 912-917.

Supapvanich, S. Sangsuk, P. Sripumimas, S. and Anuchai, J. 2020. "Efficiency of low dose cyanocobalamin immersion on bioactive compounds contents of ready to eat sprouts (sunflower and daikon) and microgreens (red-amaranth) during storage." **Journal of Postharvest Biology and Technology.** 160 : (111033).

Szterk, A. Roszko, M. Małek, K. Czerwonka, M. and Waszkiewicz-Robak, B. 2012. "Application of the SPE reversed phase HPLC/MS technique to determine vitamin $B_{12}$ bio-active forms in beef." **Journal of Meat Science** 91 : 408-413.

Teisson, C. 1979. "Internal browning of pineapples: I. History, II. Materials and Methods." **Journal of Fruits.** 34(4): 245-261.

Walker, J.R.L. 1977. "Enzymatic browning in foods. Its chemistry and control." **Journal of Food Technol. NZ.** 12 : 19-25.

Wang, Y.S. Tian, S.P. XUA, Y. Qin, G.Z. and Yao, H. 2005. "Effects of high oxygen concentration on pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods." **Journal of Food chemistry.** 91(1) : 99-104.

Woolf, A.B. 1997. "Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38°C water treatments." **Journal of Horticultural Science**. 32: 1247-1251.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม (ต่อ)

Youryon, P. Supapvanich, S. and Wongs-Aree, C. 2019. "Internal browning alleviation of Queen pineapple cv. 'Sawi' under cold storage using salicylic acid or abscisic acid peduncle infiltration" **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.** 2380-4080.

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." **Journal of Horticulture Environment and Biotechnology.** 59(2) : 205–213.

Youryon, P. Wongs-Aree, C. McGlasson, W.B. Glahan, S. and Kanlayanarat, S. 2008. "Internal browning occurrences of 'Queen" pineapple under various low temperatures. **Journal of Acta Horticulturae.** 804. 555-560.

Youryon, P. Wongs-Aree, C. McGlasson, W.B. Glahan, S. and Kanlayanarat, S. 2013. "Alleviation of internal browning in pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of calcium chloride or strontium chloride under mild chilling storage." **International Food Research Journal.** 20(1) : 239.-246.

Zhang, Q. Liu, Y. He. C. and Zhu, S. 2015. "Postharvest exogenous application of abscissic acid reduces internal browning in pineapple." **Journal of Agriculture and Food Chemistry.** 63(22) : 5313–5320.

Zhang, W. Jiang, H. Cao, J. and Jiang, W. 2021. "Advances in biochemical mchanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables." **Journal of Trends in Food Science & Technology.** 113 : 355-365.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# การเตรียมสารเคมี

**เตรียมสารสำหรับ Browning index (BI)**

**การเตรียม Ethanol** ความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ โดยการนำ Ethanol 650 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มิลลิลิตร

**เตรียมสารสำหรับ Malondialdehyde (MDA)**

**การเตรียมสาร Trichloroacetic acid (TCA)** ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Trichloroacetic acid 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียมสาร Trichloroacetic acid (TCA)** ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Trichloroacetic acid 150 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียมสาร Triobar bituric acid (TBA)** ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Triobar bituric acid 0.50 กรัม ละลายใน TCA 15 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร

**เตรียมสารสำหรับ กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)**

**การเตรียม Metaphosphoric acid** ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Metaphosphoric acid 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียม 2,6-dichlorophenol indophenol** ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง 2,6-dichlorophenol indophenol 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียม Thiourea** ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Thiourea 20 กรัม ละลายใน Metaphosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียม 2,4-dinitrophenol (DPN)** ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง DPN 10 กรัม ละลายใน 10 N Sulfuric acid จนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

**การเตรียม Sulfuric acid** ความเข้มข้น 10 นอร์มอล โดยใช้ น้ำกลั่น กับ Sulfuric acid (3 : 1)

**การเตรียม Sulfuric acid 85 เปอร์เซ็นต์** โดยการนำ Sulfuric acid 850 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เตรียมสารสำหรับการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี Antioxidant Activity (DPPH)**

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

**การเตรียมสาร DPPH 2,2-Diphenyl-1-picnylhycrazyl** ความเข้มข้น 1 mM นำ DPPH 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl ใช้ความเข้มข้น 10 mM นำมา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 10 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)** ชั่ง TPTZ 3.1233 กรัม ใน 1,000 มิลลิลิตร ของสารละลาย HCL 40 mM

**การเตรียม $FeCl_3$ 20 mM** ชั่ง $FeCl_3$ 5.406 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

**เตรียมสารสำหรับการสกัด Total phenolic content (TPC)**

**การเตรียม Folin 50 เปอร์เซ็นต์** นำ Folin 50 มิลลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

**การเตรียม $Na_2CO_3$ 7.5 เปอร์เซ็นต์** ชั่ง $Na_2CO_3$ 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เตรียมสารสำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO)**

**การเตรียมสาร Catechol** นำ 4-methyl catechol 0.25 กรัม ละลายใน ethanol 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ได้ความเข้มข้น 23normal

**เตรียมสารสำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Catalase (CAT)**

การเตรียม sodium borate buffer

เตรียม 50 mM sodium phosphate buffer pH 7

สาร A Boric acid มวลโมเลกุล 61.83 กรัม/โมล

Boric acid 0.05 M เตรียมสาร 3.0915 กรัม/ลิตร

สาร B Borax acid (sodium tetraborate) มวลโมเลกุล 381.37 กรัม/โมล

Borax acid 0.05 M เตรียมสาร 19.07 กรัม/ลิตร

การเตรียม นำ Boric acid และ Borax acid ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับ pH

**เตรียมสารสำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX)**

**การเตรียม substrate** นำ linoleic acid 40 ไมโครลิตร, 0.1 นอร์มอล NaOH2 มิลลิลิตร, 5 ไมโครลิตร Tween 20 และ $H_2O$ 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร

**การเตรียมสารละลาย Tris HCL pH 8 (100mM)** ชั่ง Tris HCL 15.76 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปปรับ pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# ตารางแสดงผลการทดลอง

**การทดลองที่ 1 ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทและไซยาโนโคบาลามินต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี**

**Table A1.** Internal browning severity score of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Internal Browning severity score | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 4.60 | 4.70[a] |
| 0.01 mM MeJA | 4.10 | 4.40[ab] |
| 0.1 mM MeJA | 3.70 | 4.20[ab] |
| 2 µM Cyn | 3.90 | 4.30[ab] |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 4.00 | 3.80[bc] |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 3.60 | 3.50[c] |
| F-test | ns | * |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table A2.** Colour lightness (*L** value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Lightness (*L** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 64.27 | 56.04 |
| 0.01 mM MeJA | 62.48 | 57.87 |
| 0.1 mM MeJA | 62.69 | 58.29 |
| 2 µM Cyn | 60.80 | 57.55 |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 63.87 | 56.37 |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 63.36 | 60.34 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A3.** Colour greenness (*-a** value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Greenness (*-a** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | -2.40 | -0.41 |
| 0.01 mM MeJA | -1.42 | -1.08 |
| 0.1 mM MeJA | -0.68 | -0.38 |
| 2 µM Cyn | -0.95 | -0.76 |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | -1.42 | -1.09 |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | -0.96 | -1.60 |
| F-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 A4.** Colour yellowness (*b** value) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Yellowness (*b** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 32.54 | 28.43 |
| 0.01 mM MeJA | 32.09 | 28.58 |
| 0.1 mM MeJA | 27.83 | 30.05 |
| 2 µM Cyn | 29.87 | 28.50 |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 29.86 | 28.68 |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 30.03 | 30.49 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A5.** Browning Index of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Browning Index | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 1.104 | $1.4512^{a}$ |
| 0.01 mM MeJA | 1.091 | $1.277^{b}$ |
| 0.1 mM MeJA | 1.104 | $1.243^{ab}$ |
| 2 µM Cyn | 1.019 | $1.148^{abc}$ |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 1.009 | $1.115^{cd}$ |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 1.009 | $1.094^{d}$ |
| F-test | ns | ** |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table A6.** MDA content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | MDA content (nmol $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.418[a] | 0.411 |
| 0.01 mM MeJA | 0.372[bc] | 0.376 |
| 0.1 mM MeJA | 0.397[ab] | 0.401 |
| 2 µM Cyn | 0.387[bc] | 0.394 |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.343[c] | 0.361 |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.342[c] | 0.377 |
| F-test | ** | ns |

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

**Table A7.** Electrolyte leakage of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Electrolyte leakage (%) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 69.99[a] | 73.21[a] |
| 0.01 mM MeJA | 67.97[a] | 70.47[ab] |
| 0.1 mM MeJA | 62.49[ab] | 70.53[ab] |
| 2 µM Cyn | 67.00[a] | 65.27[bc] |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 56.05[b] | 64.72[bc] |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 55.91[b] | 60.93[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 A8.** LOX activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | LOX activity (U $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 35.88[a] | 36.31[a] |
| 0.01 mM MeJA | 31.67[b] | 29.96[b] |
| 0.1 mM MeJA | 28.65[b] | 30.95[b] |
| 2 µM Cyn | 28.29[b] | 25.43[c] |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 28.48[b] | 28.88[ab] |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 28.55[b] | 26.87[bc] |
| F-test | ** | ** |

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

**Table A9.** PPO activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | PPO activity (U$g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.629[a] | 0.703[a] |
| 0.01 mM MeJA | 0.585[ab] | 0.686[a] |
| 0.1 mM MeJA | 0.540[bc] | 0.647[a] |
| 2 µM Cyn | 0.583[ab] | 0.666[a] |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.503[c] | 0.536[b] |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.499[c] | 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 A10.** Total phenol content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Total phenol content (ug $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.65$^{c}$ | 0.82$^{b}$ |
| 0.01 mM MeJA | 0.67$^{c}$ | 0.85$^{b}$ |
| 0.1 mM MeJA | 0.81$^{b}$ | 0.80$^{b}$ |
| 2 µM Cyn | 0.72$^{bc}$ | 0.99$^{a}$ |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.74$^{bc}$ | 0.84$^{b}$ |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 0.95$^{a}$ | 0.89$^{ab}$ |
| F-test | ** | ** |

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

**Table A11.** CAT activity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | CAT activity ($Ug^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 24.26$^{abc}$ | 25.28$^{ab}$ |
| 0.01 mM MeJA | 22.33$^{c}$ | 24.21$^{b}$ |
| 0.1 mM MeJA | 24.42$^{ab}$ | 23.67$^{b}$ |
| 2 µM Cyn | 24.76$^{ab}$ | 25.05$^{ab}$ |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 23.40$^{bc}$ | 27.12$^{a}$ |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 26.08$^{a}$ | 27.15$^{a}$ |
| 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 A12.** Ascorbic acid content of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Ascorbic acid content (g $Kg^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 22.70 | 26.60[b] |
| 0.01 mM MeJA | 26.48 | 27.86[b] |
| 0.1 mM MeJA | 25.11 | 30.87[a] |
| 2 µM Cyn | 22.90 | 28.28[ab] |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 23.29 | 27.21[b] |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 24.76 | 28.23[ab] |
| F-test | ns | * |

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

**Table A13.** DPPH free radical scavenging activity (%) of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | DPPH scavenging activity (ug $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 2.29[b] | 2.70 |
| 0.01 mM MeJA | 4.14[a] | 3.63 |
| 0.1 mM MeJA | 4.64[a] | 3.58 |
| 2 µM Cyn | 4.60[a] | 2.74 |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | 4.88[a] | 3.51 |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | 4.66[a] | 3.65 |
| F-test | ** | 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.** Antioxidant capactivity of pineapple fruit during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Antioxidant capactivity (mol $kg^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | $0.132^{c}$ | $0.133^{c}$ |
| 0.01 mM MeJA | $0.192^{bc}$ | $0.151^{bc}$ |
| 0.1 mM MeJA | $0.212^{bc}$ | $0.142^{bc}$ |
| 2 µM Cyn | $0.269^{ab}$ | $0.157^{bc}$ |
| 0.01 mM MeJA + 2 µM Cyn | $0.265^{ab}$ | $0.201^{a}$ |
| 0.1 mM MeJA + 2 µM Cyn | $0.297^{a}$ | $0.166^{b}$ |
| F-test | * | ** |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองที่ 2 ผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับไซยาโนโคบาลามินกักเก็บในลิโปโซมต่อการลดอาการสะท้านหนาวในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี**

**Table A15.** Internal browning severity score of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Internal Browning severity score | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 2.10 | 4.00 |
| Water | 1.40 | 3.20 |
| Liposome | 1.60 | 2.90 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A16.** Colour Lightness (*L** value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Lightness (*L** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 77.79 | 71.518 |
| Water | 77.08 | 70.061 |
| Liposome | 76.15 | 74.707 |
| F-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 A17.** Colour greenness (*-a** value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Greenness (*-a** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | -7.59 | -6.18 |
| Water | -7.20 | -6.25 |
| Liposome | -7.37 | -6.75 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A18.** Colour yellowness (*b** value) of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Yellowness (*b** value) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 41.26 | 39.32 |
| Water | 41.24 | 37.314 |
| Liposome | 38.92 | 38.64 |
| F-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 A19.** Browning Index of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Browning Index | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.67 | 1.158[a] |
| Water | 0.60 | 1.118[a] |
| Liposome | 0.57 | 0.975[b] |
| F-test | ns | ** |

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

**Table A20.** MDA content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | MDA content (nmol $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.417 | 0.538[a] |
| Water | 0.426 | 0.493[b] |
| Liposome | 0.395 | 0.487[b] |
| F-test | ns | * |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table A21.** Electrolyte leakage of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Electrolyte leakage (%) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 51.60 | 63.57 |
| Water | 52.17 | 70.35 |
| Liposome | 42.20 | 61.67 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A22.** LOX activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | LOX activity (U $g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 42.20[a] | 40.95[a] |
| Water | 32.92[b] | 40.05[a] |
| Liposome | 28.27[b] | 34.67[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 A23.** PPO activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | PPO activity ($Ug^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.201[a] | 0.261[a] |
| Water | 0.140[b] | 0.192[b] |
| Liposome | 0.130[b] | 0.144[b] |
| F-test | ** | ** |

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

**Table A24.** Total phenol content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Total phenol content ($ug\ g^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 1.37 | 1.74[b] |
| Water | 1.49 | 1.79[b] |
| Liposome | 1.58 | 1.92[a] |
| F-test | ns | ** |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table A25.** CAT activity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | CAT activity ($Ug^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 19.57 | 11.1456 |
| Water | 20.26 | 12.442 |
| Liposome | 20.53 | 12.995 |
| F-test | ns | ns |

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

**Table A26.** Ascorbic acid content of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Ascorbic acid content (g $Kg^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 19.33 | 20.32 |
| Water | 20.24 | 20.64 |
| Liposome | 20.43 | 21.28 |
| F-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 A27.** DPPH free radical scavenging of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | DPPH free radical scavenging (%) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 42.70[b] | 41.96[b] |
| Water | 51.95[a] | 39.55[b] |
| Liposome | 59.00[a] | 52.09[a] |
| F-test | ** | ** |

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

**Table A28.** Antioxidant capactivity of pineapple fruit encapsulated in liposome during storage at 13±1° C for 7 day and 14 days and then leaved at room temperature for 2 days.

| Treatment | Antioxidant capactivity (mol $kg^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | Day 7 | Day 14 |
| Control | 0.301 | 0.237[b] |
| Water | 0.314 | 0.253[b] |
| Liposome | 0.321 | 0.294[a] |
| F-test | 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** นางสาวจุฑาวรรณ คงชนะ

**วัน - เดือน - ปีเกิด** 13 ธันวาคม 2539

**สถานที่เกิด** จังหวัดชุมพร

**ที่อยู่ปัจจุบัน** บ้านเลขที่ 4/2 หมู่ 3 ตำบลวิสัยเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร 86160

**ประวัติการศึกษา** ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช (วท.บ.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้