



ผลของความเข้มข้นไซยาโนโคบาลามีนต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาล
ในสับประรดพันธุ์สวี

Effect of concentration cyanocobalamins on inter browning
alleviation of 'Sawi' pineapple

นางสาวจุฑาวรรณ คงชนะ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช)

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษปีการศึกษา 2563

ผลของความเข้มข้นไซยาโนโคบาลามีนต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับประรดพันธุ์สวี

Effect of concentration cyanocobalamins on inter browning

alleviation of 'Sawi' pineapple

จุฑาวรรณ คงชนะ

โครงการพิเศษนี้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

(เทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช)

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง



(รศ.ดร.พรรณิกา ยัยยล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ

ผลของความเข้มข้นไซยาโนโคบาลามีนต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาล

ในสับประรดพันธุ์สวี

Effect of concentration cyanocobalamins on inter browning
alleviation of 'Sawi' pineapple



เสนอ

หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช)

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง / หัวข้อโครงการพิเศษ	: ผลของความเข้มข้นไซยาโนโคบาลามีนต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์สวี
ผู้เขียน	: นางสาวจุฑาวรรณ คงชนะ
ปริญญา	: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช)
หลักสูตร	: เทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช
ภาควิชา	: เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	: รศ.ดร.พรรณนิภา ย้วยล

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเข้มข้นไซยาโนโคบาลามีน (วิตามิน บี 12) ต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดกลุ่มควีน พันธุ์สวี โดยใช้วิธีการจุ่มก้าน โดยนำสับปะรดไปจุ่มก้านในสารละลายไซยาโนโคบาลามีนที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 3 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 7 และ 14 ของการเก็บรักษา โดยนำผลสับปะรดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน พบว่าสับปะรดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ชุดที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล ปริมาณ Malondialdehyde ในเนื้อเยื่อติดแกนต่ำ และกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด สับปะรดชุดควบคุมมีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลสูงและกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ส่วนสับปะรดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลและดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นจากระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น ชุดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นการใช้ไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ โดยวิธีการจุ่มก้านนาน 3 วัน สามารถชะลอการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลและกระตุ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดพันธุ์สวีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ : สับปะรด, ไส้สีน้ำตาล, ไซยาโนโคบาลามีน

Title : Effect of concentration cyanocobalamins on inter browning alleviation of ‘Sawi’ pineapple

Author : Miss Jutawan Kongchana

Degree : Bachelor of Science (Management Technology for Plant Production)

Program : Management Technology for Plant Production

Department : Agricultural Technology

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Pannipa Youryon

Abstract

The effects of cyanocobalamin (vitamin B12) concentrations on internal browning of Queen pineapple cv. ‘Sawi’, by using peduncle-infiltration method. Fruit were peduncle-infiltrated at 1, 2, 3, 4, or 5 μM of vitamin B12 for 3 days and then stored at 13 °C for 14 days. Sampling was conducted on day 7 and 14 of the storage following to transfer to room temperature for 2 days. The results showed that the treatment of 5 μM vitamin B12 had internal browning (score), browning index (BI), Malondialdehyde content (MDA) in the lower tissue adjacent to the core after the storage for 7 days. Pineapple stored for 14 days had higher internal browning (score) and browning index (BI). The treatment of 2 μM vitamin B12 had higher total sugar, total soluble solids (TSS), total phenolic content (TPC) and DPPH scavenging activity than other treatments. Therefore, it indicated that the treatment of 2 μM vitamin B12 could reduce the incidence of internal browning in ‘Sawi’ pineapple during storage at low temperatures.

Keywords: Pineapple, Internal browning, Cyanocobalamin

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พรณิภา ย้วยล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่เสียสละเวลา แรงกาย แรงใจ ให้คำแนะนำปรึกษาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงการพิเศษ ตลอดจนชี้แนะข้อบกพร่องในการจัดทำโครงการพิเศษและกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืชที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำตลอดจนอบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาโดยตลอดขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืชทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจจนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา บุคคลในครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งกำลังกายกำลังใจในการศึกษาและการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

จุฑาวรรณ คงชนะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 สับปะรด	3
2.2 ลักษณะทางคุณภาพและการเก็บรักษาสับปะรด	5
2.3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	5
2.4 การเกิดไส้สีน้ำตาล	6
2.5 การรักษาคุณภาพผลผลิตโดยใช้วิตามินบี 12	8
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 พันธุ์พืช	11
3.2 อุปกรณ์	11
3.3 สารเคมี	12
3.4 วิธีการทดลอง	13
3.5 การบันทึกผล	13
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	17
3.7 สถานที่ทำการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	18
4.1 การเกิดอาการไส้สีน้ำตาล	18
4.2 ค่าสีเนื้อ	19
4.3 ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล (Browning index)	20
4.4 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)	21
4.5 การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage)	22
4.6 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total acidity)	23
4.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อการค้าหรือการโฆษณาได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)	25
4.9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH	26
4.10 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP	27
4.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Total phenolic content)	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี	39
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง	41
ภาคผนวก ค ภาพแสดงลักษณะการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางผนวกที่	
A1. Internal browning score of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	40
A2. Changes colour (L*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	40
A3. Changes colour (a*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	41
A4. Changes colour (b*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	41
A5. Browning index of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	42
A6. Malondialdehyde content of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	42
A7. Electrolyte leakage of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	43
A8. Titratable acidity of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	43
A9. Total soluble solids of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	44
A10. Total sugar of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	44
A11. DPPH scavenging activity of pineapple fruit during storage at 13 °C for 7 day and 14 day	45
A12. Antioxidant activity of ferric reducing antioxidant potential of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	45
A13. Total phenolic content of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day	46

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. Morphological structure of pineapple	3
2. Reaction for Enzymatic Browning	7
3. Cyanocobalamin structure	8
4. Internal browning of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	18
5. Changes of color L* value (A), a* value (B), b* value (C) of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	19
6. Browning index of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	21
7. Malondialdehyde content of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	22
8. Electrolyte leakage of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	23
9. Total acidity of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	24
10. Total Soluble Solids of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	25
11. Total sugar of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	26
12. DPPH scavenging activity of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	27
13. Antioxidant activity of ferric reducing antioxidant potential of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	28
14. Total phenolic content of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สับปะรด (*Ananas comosus*) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีกลิ่นหอมและรสหวานเป็นเอกลักษณ์ มีสารระเหยหลายชนิดและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของพลังงาน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิกและเบต้าแคโรทีน (Gardner et al., 2000 ; Wen and Wrolstad, 2002 ; Kongsuwan et al., 2009) ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในร่างกายได้ จัดเป็นอันดับสามรองจากกล้วยและส้มซึ่งเป็นพืชผลไม้เมืองร้อนที่สำคัญที่สุดในโลก (Mohd Alia, 2020 ; Coppens et al., 2011) ทำรายได้ให้ประเทศไทยเป็นจำนวนมากในการส่งออกผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.78 ต่อปี และมีการส่งออกสับปะรดกระป๋องมากที่สุด ร้อยละ 42.16 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) การส่งออกของสับปะรดในรูปผลสดแช่เย็นมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดในการสะท้อนหนาว (Chilling injury) ซึ่งสับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อน จึงอ่อนแอต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส (Nukuntornprakit et al., 2020) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันที่ 6, 10 และ 25 องศาเซลเซียส (Hong et al., 2013) อาการสะท้อนหนาวในสับปะรดเป็นลักษณะอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาหรืออาการไส้สีน้ำตาล (Internal Browning) ซึ่งเป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว (Hong, 2013) เกี่ยวข้องกับการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมของ เอมไซม์ Polyphenol oxidases (PPO) มีความสัมพันธ์กับระดับของการเกิดสีน้ำตาล (Zhang et al., 2012 ; Ala eddine et al., 2019) ลักษณะของการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดเกิดบริเวณเนื้อใกล้แกนผล (Paull and Rohrbach, 1985) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาการใช้ ไซยาโนโคบาลามีน ในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดอย่างแพร่หลาย เช่น การศึกษาในผลองุ่น ไซยาโนโคบาลามีน 9 μM มีประสิทธิภาพในการสร้างเม็ดสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูง ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพของผลองุ่นในช่วงอายุการเก็บรักษา (Lo'ay, 2017) Lo'ay (2010) ได้ศึกษาในผลพลับพลันธุ์ 'Costatas' นำไปแช่ในสารละลายไซยาโนโคบาลามีน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่ามีสารแทนนินลดลงในวันที่ 5 ตลอดจนช่วงอายุของการเก็บรักษา ใช้ความเข้มข้นที่

0.444 μM มีการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น และส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม

จากคุณสมบัติของไซยาโนโคบาลามีน ที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ช่วยเพิ่มปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อความเครียดจากการเกิดออกซิเดชัน โครงการพิเศษนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ไซยาโนโคบาลามีนหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของสับปะรดพันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของไซยาโนโคบาลามีนต่อการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์สวี ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ



บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 สับปะรด

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

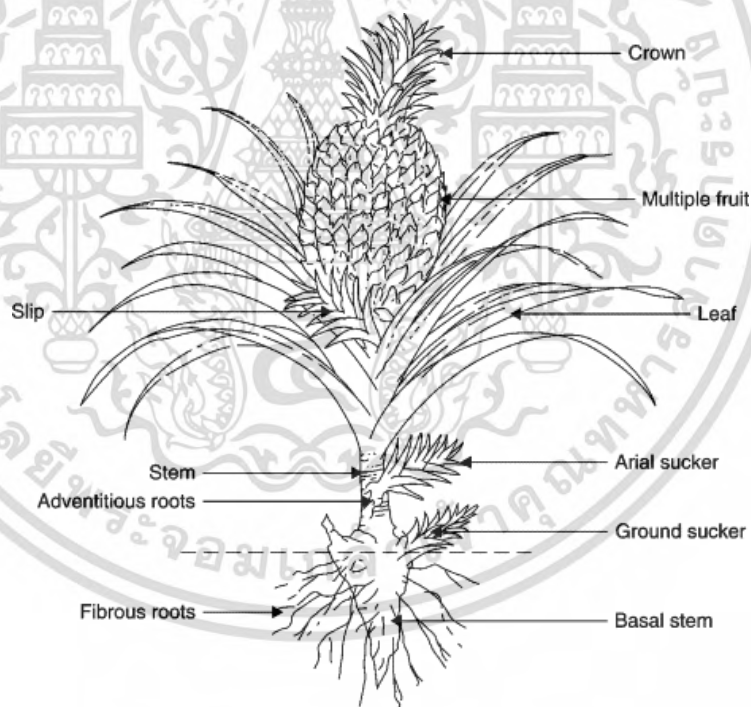


Figure 1. Morphological structure of pineapple (Hassan et al., 2011)

2.1.1 ราก สับปะรดมีระบบรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) รากจะเกิดจากจุดกำเนิดราก ที่อยู่ตามมุมใบของลำต้นทั้งส่วนที่อยู่บนดินและใต้ดิน รากที่เกิดตามมุมบริเวณรอบลำต้น เรียกว่า รากมุมใบ (Axillary root) อาจช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับต้นสับปะรด ส่วนรากที่เจริญจากลำต้นใต้ดินเรียกว่า รากดิน (soil root) จะกระจายอยู่ในบริเวณผิวดินชั้น ๆ ภายในพุ่มใบ (จิราพรรณ, 2548) หากดินมีสภาพร่วนซุยดีอาจแผ่กระจายออกไปด้านข้าง 1-2 เมตร และลึกประมาณ 0.85 เมตร (Coppens et al., 2011)

2.1.2 ลำต้น ลำต้นของสับปะรดมีลักษณะสั้นและหนา สูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร ลำต้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักจะตั้งตรง ส่วนที่อยู่ใต้ดินมักจะมีลักษณะโค้งงอ (จิราพรรณ, 2548) ลักษณะของลำต้นเป็นข้อปล้องสั้น ๆ ตามรอยต่อของใบที่หลุดออกมา สามารถมองเห็นได้หลังจากที่ใบลอกออกจากลำต้น (Coppens et al., 2011) หน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดิน เรียกว่า หน่อข้างหรือหน่ออากาศ (shoot หรือ air sucker) ส่วนหน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่ระดับผิวดินหรือใต้ดิน เรียกว่าหน่อดิน (ground sucker) (จินดารัฐ, 2541)

2.1.3 ใบ ใบของสับปะรดมีลักษณะการเรียงตัวของใบจะเป็นแบบเวียนรอบลำต้น เรียวแข็งและเป็นร่องโค้งคล้ายรางน้ำ มีความสำคัญในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย อาจมีละอองฝนหรือน้ำค้างตกลงมาและถูกรวบรวมไว้ซึ่งจะช่วยให้พืชเก็บน้ำและดูดซึมโดยใช้รากอากาศที่อยู่บริเวณลำต้น (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 ผลของสับปะรดเป็นผลรวม (Multiple fruit) ที่เกิดจากผลแต่ละผลเชื่อมกับแกนของผลรวม ฐานของผลจะเชื่อมติดกันทุกผล (จินดารัฐ, 2541 ; Dull, 1971) ลักษณะรูปทรงคล้ายทรงกระบอก (จิราพรรณ, 2548) เมื่อผลแก่เต็มที่เก็บไว้ที่แกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และจะค่อย ๆ ขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาติที่หวานขึ้น

พันธุ์สับปะรด

สับปะรดพันธุ์สวี จัดอยู่ในสับปะรดกลุ่ม Queen สับปะรดกลุ่มนี้มีใบสีเขียวอ่อน มีแถบสีชมพูบริเวณกลางใบ ขอบใบมีหนามเรียงชิดติดกันตามความยาวใบ ผลมีขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม รูปร่างรีทรงกระบอก ตาค่อนข้างนูน เปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกผลจะเป็นสีเหลือง (จินดารัฐ และนรณ, 2546) เป็นกลุ่มที่นิยมบริโภคสด เพราะมีเนื้อสีเหลืองเข้มรสหวานกรอบมีเยื่อใยน้อยและมีกลิ่นหอม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 16.09 °Brix (วราพันธุ์ และคณะ, 2547) ตัวอย่างของพันธุ์สับปะรดกลุ่มนี้ เช่น พันธุ์ตราดสีทอง พันธุ์ภูเก็จ พันธุ์สวี และพันธุ์ภูแล

2.2 ลักษณะทางคุณภาพและการเก็บรักษาสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ non-climacteric หลังการเก็บเกี่ยวสับปะรดจะไม่มีการพัฒนาของผลเพิ่มมากขึ้นจึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลบริบูรณ์หรือพร้อมบริโภค โดยสับปะรดใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่การบังคับผลจนถึงระยะการเก็บเกี่ยวประมาณ 150-165 วัน (จินดารัฐ, 2541) เนื้อสับปะรดมีสีเหลืองทองกรอบและมีรสหวาน (14-18 %Brix) มีกลิ่นหอมหวานและมีอายุการเก็บนานผล (อรอง, 2558) สับปะรดควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จึงจะมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Kader, 1996)

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาของสับปะรด สำหรับสับปะรดที่ค่อนข้างสุกจะอยู่ที่ 10-13 องศาเซลเซียส และสำหรับสับปะรดสุกจะอยู่ที่ 7-10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

2.3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาและยืดอายุการวางจำหน่ายของผลผลิต เพราะอุณหภูมิต่ำลดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ช่วยให้ผลผลิตยังคงคุณภาพอยู่ได้ แต่การได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอาจทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้ผลผลิตแสดงอาการผิดปกติที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว (Paull, 1990) การสะท้านหนาวมักเกิดขึ้นได้กับพืชทุกชนิดในเขตร้อน หลายชนิดในเขตอบอุ่น และบางชนิดในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทั้งภายในและภายนอกต้นพืชมีผลต่อการเกิดการสะท้านหนาว เนื้อเยื่อต่างชนิดกันในพืชต้นเดียวกันเกิดอาการได้ไม่เท่ากัน พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันเกิดอาการได้ต่างกัน สับปะรดในกลุ่ม Queen เกิดไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 8, 10, 13 และ 20 องศาเซลเซียส เมื่ออายุการเก็บรักษา 7 วัน (Youryon, 2008) และมีความเสี่ยงต่ออาการสะท้านหนาวมากกว่าสับปะรดกลุ่ม Smoot Cayenne (Om-arun, 2020) เนื้อเยื่อชนิดเดียวกันแต่อายุไม่เท่ากันก็เกิดอาการไม่เท่ากัน ความชื้นในบรรยากาศและแสงแดดก็มีผล

ต่ออาการสะท้านหนาว โดยทั่วไปในสภาพความชื้นต่ำหรือเกิดการสูญเสียน้ำมากและสภาพแสงแดดแรง จะทำให้เกิดอาการนี้มากขึ้น (จริงแท้, 2549) อาการสะท้านหนาวสามารถพัฒนาและแสดงให้เห็นได้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะแสดงอาการชัดเจนเมื่อย้ายมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาการที่ปรากฏจะแตกต่างกันตามชนิดและส่วนต่าง ๆ ของพืช (Saltveit and Morris, 1990)

2.4 การเกิดไส้สีน้ำตาล

2.4.1 อาการไส้สีน้ำตาล

อาการไส้สีน้ำตาล (Internal Browning) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่สำคัญของสับปะรด เป็นความเสียหายลักษณะหนึ่งของผลผลิตที่เกิดจากการรักษาในอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling injury) หรือเรียกว่าอาการสะท้านหนาว ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับพืชเขตร้อนเมื่อรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12- 15 องศาเซลเซียส เช่น มะม่วง กล้วย มะละกอ (จริงแท้, 2541) สับปะรด (Paull and Rohrbach, 1985) ซึ่งในกลุ่ม Queen จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าและรุนแรงสับปะรดในกลุ่ม Smooth Cayenne (จักรพงษ์, 2535 ; อ้อมอรุณ, 2547) และเกิดในพืชเมืองหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0-2 องศาเซลเซียส (Youryon et al., 2013) ลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมีหลายลักษณะ เช่น ผิวหรือเนื้อของผลผลิตเกิดรอยแผลเป็นสีน้ำตาลหรือดำ และอาจพบรอยบวมเนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป อาการไส้สีน้ำตาล สามารถพบได้ในสับปะรดและผลไม้หลายชนิด ในสับปะรดจะแสดงอาการให้เห็นเป็นจุดสีน้ำตาล บริเวณเนื้อใกล้แกนผลแล้วค่อยๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลขนาดใหญ่ (Kader, 1996 ; Youryon et al., 2018 ; Dull, 1971) เมื่อผลผลิตสัมผัสอุณหภูมิต่ำหรือผลผลิตได้รับความเสียหายจะมีผลทำให้เซลล์เมมเบรนของเนื้อเยื่อเสื่อมสภาพเป็นเหตุทำให้สารต่าง ๆ สามารถผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้ง่าย (จักรพงษ์ และจริงแท้, 2536) และยังมีกรกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารพินอลมากขึ้นให้เปลี่ยนไปเป็นควิโนน (quinone) โดยเกิดจากเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชัน แล้วเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่กลายเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกรวม ๆ ว่า melanin (จริงแท้, 2549)

สารประกอบพินอลเป็นสารประกอบธรรมชาติพบได้ในพืชหลายชนิด และปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชพันธุ์และสภาพแวดล้อม พืชสังเคราะห์ขึ้นใช้ในการป้องกันจากสิ่งมีชีวิตและความเครียดจากสิ่งแวดล้อม (Shetty, 1997) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบพินอลพื้นฐาน คือ สารพินอล (phenol) ในโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ ตัวอย่างของสารประกอบพินอลิก เช่น แทนนิน ลิกนิน ไอโซฟลาโวนอยด์ ฟลาโวนอน และแอนโทไซยานิน เป็นต้น แม้ว่าจะพบสารประกอบ

พีนอลมากในพืช แต่สารประกอบบางอย่างเท่านั้นที่ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นให้กับเอนไซม์ PPO ในพืชหลายชนิด ได้แก่ catechol แต่บางอย่างเป็นสารตั้งต้นในบางพืชเท่านั้น เช่น tyrosine นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์ PPO มีความเฉพาะเจาะจงกับชนิดของสารตั้งต้นในพืชแต่ละชนิด (จริงแท้, 2549)

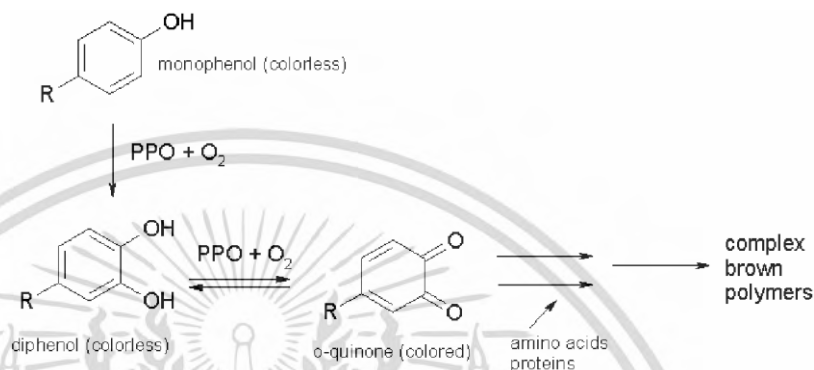


Figure 2. Reaction for Enzymatic Browning (Walker, 1977)

2.4.2 วิธีการแก้ปัญหาอาการสีน้ำตาล

1) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled atmosphere) โดยการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ให้สูงกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ และ O₂ ต่ำกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ และคงสภาพความเข้มข้นของก๊าซไปตลอดอายุการเก็บรักษา การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมทำให้ผลผลิตมีเมตาบอลิซึมลดลง จึงลดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (จริงแท้, 2538) การเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ มีส่วนในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล สาลี่ ท้อ เงาะ และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น นอกจากนี้ การให้ก๊าซ CO₂ สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้อนขาว เช่น ในผลโอโวกาโต (Lang and Kader, 1995) ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของ O₂ ให้ผลในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ของผลผลิตที่นำไปสู่การเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2538)

2) การใช้น้ำร้อนแช่ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งพบว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ การใช้สารเคลือบผิวกับสับปะรดสามารถลดอาการสีน้ำตาลในสับปะรดทั้งพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต (ปณิธาน, 2533 ; จักรพงษ์ และแท้จริง, 2536 ; Paull and Rohrbach, 1982)

3) การใช้สารเคมีในการลดอาการสีน้ำตาล Youryon et al (2018) ใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูตาเรตในการลดอาการสีน้ำตาลในสับปะรด (หยกทิพย์ และคณะ, 2558 ; Gonzalez et al, 2004) การใช้กรดซาลิไซลิกก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (Lu, 2011) Selavrajah and Bauchotn (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ 1-Methylcyclopropene (1-MCP) มาใช้ในการลดอาการไส้สีน้ำตาล พบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวกับผลไม้หลายชนิด รวมทั้งลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดทำให้ยืดอายุได้ 4 สัปดาห์

4) การใช้สารเคลือบผิวสามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลได้ทั้งในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต (ปณิธาน, 2533 ; จักรพงษ์ และจริงแท้, 2536)

2.5 การรักษาคุณภาพผลผลิตโดยใช้วิตามินบี 12

วิตามินบี 12 (Vitamin B12) หรือ Cobalamin เป็นวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้ (Asensi and Munne, 2010) พบในอวัยวะเซลล์พืชชั้นสูง เช่น cytosol, plastids และ mitochondria (Roje, 2007) วิตามินบี12 ทำหน้าที่เป็นโค - เอนไซม์และมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันตามปกติ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดงการทำงานของระบบประสาทและในการเคลื่อนย้ายของกลุ่มเมธิลในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (Baker and Miller-Ihli, 2000 ; Szterk et al., 2012) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเมทโฮอินิน (Smith et al., 2007) เมทโฮอินิน ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการเมทาบอลิซึม มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ ในพืช เช่น การสังเคราะห์โปรตีน มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการออกซิเดชันของกรดไขมัน โดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและไนโตรเจน จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และมีบทบาทในการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Brich et al., 2009)

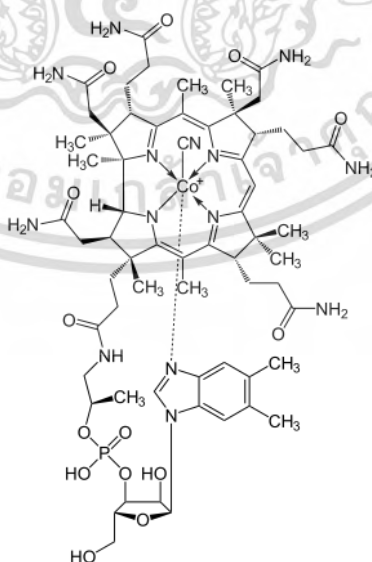


Figure 3. Cyanocobalamin structure (Lo'ay, 2017)

Cobalamin สามารถแยกออกได้เป็น 4 รูปแบบ Cyanocobalamin, Hy-droxocobalamin, Adenosylcobalamin และ Methylcobalamin (Suriyan et al., 2019) ในปัจจุบันได้มีการนำ Cyanocobalamin มาใช้ในการรักษาคุณภาพผลิตผลทางการเกษตร เพื่อรักษาคุณภาพก่อนการเก็บเกี่ยว (Samaan et al., 2011 ; El-Bary et al., 2011) และหลังการเก็บเกี่ยว (Lo'ay, 2010 ; El-Baz et al., 2011) ให้มีคุณภาพที่ดีและเพื่อลดความเสียหายในการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ จากการเก็บรักษาในอุณหภูมิ ต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็งหรือเรียกว่าอาการสะท้านหนาว (Chilling injury)

ลักษณะปรากฏและสี

ลักษณะปรากฏและสีของผลไม้เป็นลักษณะที่สำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลไม้ อาการผิดปกติที่ทำให้เกิดความเสียหายมีหลายลักษณะ เช่น เกิดรอยแผล ฉ่ำน้ำ เปื่อยหรือเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำ Lo'ay (2017) ได้ศึกษาผลการใช้วิตามินบี 12 ในผลองุ่นพันธุ์ 'Crimson seedless' โดยนำไปแช่ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 9 มิลลิโมล พบว่าการศึกษามีประสิทธิผลสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลที่ผลและช่อก้าน ที่ความเข้มข้น 9 มิลลิโมล 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'

เนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อ (Firmness) เป็นการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกผลไม้ของผู้บริโภค การใช้วิตามินบี 12 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความแน่นเนื้อ Lo'ay (2017) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วิตามินบี 12 ในผลองุ่นพันธุ์ 'Crimson seedless' โดยนำไปแช่ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6 และ 9 มิลลิโมล พบว่าความเป็นกากน้อยลดลง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดและความแน่นเนื้อสูงที่สุดที่ความเข้มข้น 9 มิลลิโมล ตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ El-Baz et al. (2011) โดยการนำ Ascorbic acid (AA) และ Cyanocobalamin (B12) มาฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยวบนต้นพลับพลึง 'Costatas' 4 ครั้ง 1) เมื่อเริ่มมีใบใหม่เกิดขึ้น 2) เมื่อเริ่มติดผล 3) เส้นผ่านศูนย์กลางผล 2.5-3.5 เซนติเมตร 4) เส้นผ่านศูนย์กลางผล 4.5-6 เซนติเมตร โดยนำวิตามินซีและวิตามินบี 12 ที่ความเข้มข้นต่างกัน เมื่อได้ผลผลิตแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 5 วัน พบว่า

ลูกพลับที่ฉีดพ่นด้วย B12 มีความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม แต่ต่ำกว่าลูกพลับที่ฉีดพ่นด้วยวิตามินซี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของผลพลับทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่าการใช้วิตามินซีทั้ง 2 ความเข้มข้น ร่วมกับวิตามินบี 12 ที่ความเข้มข้น $0.74 \mu\text{M}$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด สอดคล้องกับ El-Bary (2017) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ GA3 ร่วมกับ ไซยาโนโคบาลามิน บนต้นแพร์พันธุ์ 'Le-Conte' โดยวิธีการฉีดพ่นทางใบ การใช้ GA3 30 ppm ร่วมกับ วิตามินบี 12 4 mg L^{-1} ช่วยคงความแน่นเนื้อของผลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการสะสมของคาร์โบไฮเดรตโดยผลของวิตามินบี 12 (El-Baz et al, 2011) ที่ช่วยปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น Lo'ay (2010) ใช้วิตามินบี 12 ในลูกพลับพันธุ์ 'Costatas' นำไปแช่ในสารละลายวิตามินบี 12 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าการใช้วิตามินบี 12 มีสารแทนนินลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา การใช้ความเข้มข้นที่ $0.444 \mu\text{M}$ มีการลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดควบคุม อาจเป็นได้ว่าวิตามินบี 12 ช่วยกระตุ้นการทำงานของคาร์โบไฮเดรต การสังเคราะห์เอนไซม์และเก็บไว้ในพีซีในภาวะสมดุล การทำงานของวัฏจักรคัลวินและไกลโคไลซิส อาจถูกกระตุ้นโดยการใช้วิตามินบี 12 กระบวนการเผาผลาญอาหารได้รับกระตุ้นไปสู่การสร้างวิตามินส่งผลให้เบต้าแคโรทีนมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมในผลพลับและองุ่น (Krook et al., 2000)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 พันธุ์พืช

ผลสับปะรดกลุ่ม Queen พันธุ์สวี จากตำบลทุ่งระยะ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร เก็บเกี่ยวผล ในระยะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 2 แถว ขนส่งโดยรถยนต์ถึงอาคารปฏิบัติการเกษตร หลักสูตรเทคโนโลยี การจัดการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร นำมาทำความสะอาดตัดจุกและก้านผล

3.2 อุปกรณ์

- 1) เครื่องแก้วในการทดลอง ได้แก่ Test Tube, beaker, Cylinder, Dropper, Glass rod, Glass Cuvette, Pipette , Volumetric Flask, Burette, Tissue Culture Bottle
- 2) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius รุ่น BSA2202S
- 3) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Sartorius รุ่น ED224s
- 4) เครื่องวัดสี Chroma meter บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น รุ่น CR-400
- 5) Homogenizer บริษัท Scientific Promotion รุ่น X10/25
- 6) Centrifuge Sartorius รุ่น BBI-858
- 7) Autopipette
- 8) Vortex mixer บริษัท Gemmey รุ่น VM300
- 9) Visible spectrophotometer บริษัท JASCO รุ่น V750
- 10) หม้อนึ่งความดัน รุ่น Tomy รุ่น ES-315
- 11) เครื่อง Conductivity
- 12) Stand & Clamp
- 13) Water Bath
- 14) Wash Bottle
- 15) What man NO.1
- 16) Refractometer รุ่น PAL-1
- 17) Conical tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) Test tube Rack

19) ตู้ดูดควัน บริษัท Newlab Technology รุ่น ECO

3.3 สารเคมี

- 1) Cyanocobalamin
- 2) Distilled water
- 3) Deionized water (DI)
- 4) Trichloroacetic acid (TCA)
- 5) Thiobarbituric acid (TBA)
- 6) Phenol
- 7) Sulfuric acid
- 8) Phenolphthalein
- 9) Acetic acid
- 10) Sodium acetic hydrate
- 11) Ferric chloride (FeCl_3)
- 12) sodium hydroxide (NaOH)
- 13) 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ)
- 14) Ethanol
- 15) Folin-ciocalteu reagent
- 16) Sodium Carbonate (Na_2CO_3)
- 17) 2,2-Dipheyl-1-picnylhycrazyl

3.4 วิธีการทดลอง

สืบประวัติจากสวนเกษตรกรตำบลทุ่งระยยะ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำสับปรดมาตัดจุกและตัดก้านผล นำก้านสับปรดแช่ลงในสารละลายวิตามินบี 12 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่แช่สารละลาย และเก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่วันแรก)

วิธีการที่ 2 สารละลาย B₁₂ ความเข้มข้น 1 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 3 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

วิธีการที่ 3 สารละลาย B₁₂ ความเข้มข้น 2 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 3 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

วิธีการที่ 4 สารละลาย B₁₂ ความเข้มข้น 3 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 3 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

วิธีการที่ 5 สารละลาย B₁₂ ความเข้มข้น 4 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 3 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

วิธีการที่ 6 สารละลาย B₁₂ ความเข้มข้น 5 ไมโครโมล เป็นระยะเวลา 3 วัน เก็บที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ครบ 7 วันและ 14 วัน และนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ก่อนนำมาผ่าตามยาวให้คะแนนไส้สีน้ำตาลและทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้อง

3.5 การบันทึกผล

1) คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลตามระดับคะแนน

ตามวิธีการของ Teisson (1979)

0 = เนื้อผลปกติ

1 = เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10

2 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10 - 25

3 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25 - 50

4 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50 - 75

5 = เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่าสีเนื้อ

วัดค่าสีเนื้อผลด้วยเครื่องวัดสี Chroma meter บริษัท Minolta ประเทศญี่ปุ่น รุ่น CR-400 บันทึกค่าความสว่าง (L^*) ความสว่างของค่าสีอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 กรณี L^* มีค่าเป็น 0 หมายถึงสีที่ได้จะมีมืดเป็นสีดำ แต่ถ้ามีค่าเป็น 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว ค่าความเป็นสีแดง (a^*) กรณี a^* มีค่าเป็นบวก ผลที่ได้จะมีสีแดง กรณี a^* มีค่าเป็นลบ ผลที่ได้จะมีสีเขียว ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) กรณี b^* มีค่าเป็นบวก ผลที่ได้จะมีสีเหลือง กรณี b^* มีค่าเป็นลบ ผลที่ได้จะมีสีน้ำเงิน (Wang et al., 2006)

3) ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล Browning index (BI)

นำตัวอย่างเนื้อติดแกนสับปะรด 5 กรัม ผสมกับ Ethanol ความเข้มข้นร้อยละ 65 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง homogenizer วางไว้ 90 นาที หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้จากการกรองไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดสียน้ำตาลโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (Supapvanich et al., 2014)

4) ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

ชิ้นส่วนสับปะรดระหว่างไส้กับเนื้อสับปะรด 5 กรัม ผสมกับสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง homogenizer แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 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 แล้วจึงนำไปตั้งไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำแข็งทันที นำไปวิเคราะห์ปริมาณ Malondialdehyde โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาว คลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร (Wang et al., 2005) แสดงผลในหน่วย (nmol g⁻¹ FW)

5) การรั่วไหลของประจุ Electrolyte leakage (EI)

ตัดเนื้อบริเวณระหว่างไส้กับเนื้อสับปะรด 10 ชิ้นด้วย Cork borer ล้างชิ้นสับปะรดด้วยน้ำ Deionized water (DI) วางบนกระดาษกรองเพื่อซับให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก นำไปแช่น้ำ DI ปริมาตร 30 มิลลิลิตรเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ด้วยเครื่อง Conductivity จากนั้นนำไปนึ่งด้วยเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์อีกครั้ง (Promyou et al., 2012)

$$EL (\%) = \frac{(final\ conductivity)}{(total\ conductivity)} \times 100$$

6) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ Total acidity (TA)

ทำการหาปริมาณโดยใช้ NaOH เป็นตัวไทเทรต ตามวิธีการของ A.O.A.C (2012) โดยใช้ Phenolphthalein 1 เปอร์เซ็นต์เป็นตัว Indicator โดยใช้น้ำคั้นบริเวณกลางผล 3 มิลลิลิตร หยด Phenolphthalein 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด และนำไปไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ การนำเสนอข้อมูลเป็นกรดซิติริกกรัมต่อน้ำหนักสด ($g\ 100g^{-1}$)

$$\text{สูตร } \% \text{ Titrable acidity} = \frac{(ml\ NaOH)(N\ NaOH)(meq.wt.acid)}{ml\ Sample}$$

ml NaOH = ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

N NaOH = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (nM)

meq.wt. acid = 1 มิลลิกรัมสมมูลของน้ำหนักรด meq.wt. citric acid = 0.064

ml = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

7) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ Total Soluble Solids (TSS)

นำน้ำคั้นสับประรดวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย เครื่อง Refractometer รุ่น PAL- 1 หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ปริกซ์ (% Brix)

8) วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด Total Sugar

ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตามวิธีการของ Dobois et al., (1956) โดยนำน้ำสับประรดเจือจาง 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 80 เปอร์เซ็นต์ Phenol ปริมาตร 50 ไมโครลิตร จากนั้นเติม Sulfuric acid เข้มข้น 95-97 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากัน ทิ้งไว้อุณหภูมิห้องเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ละลายได้ทั้งหมดแสดงเป็นมิลลิกรัมกลูโคสต่อน้ำหนักสด ($mg\ glucose\ g^{-1}\ FW.$)

9) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี Antioxidant Activity (DPPH)

สกัดเนื้อติดแกนสับปะรดโดยใช้ Methanol เป็นตัวทำละลาย โดยใช้สับปะรด 5 กรัม ผสมกับ Methanol 50 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันด้วย Homogenizer จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที นำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลอง ดังนี้ สารสกัดจากสับปะรด 5 มิลลิลิตร วิธี DPPH free radical scavenging activity (DPPH) ตามวิธีการของ Brand-Williams et al., (1995) โดยนำสารสกัดปริมาตร 50 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับ น้ำกลั่น ปริมาตร 2.45 มิลลิลิตร และ DPPH reagent 0.25 มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ทันทันทีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่า A₀ จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ได้ค่า A₃₀ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง DPPH ตามสูตรดังนี้

$$DPPH \text{ free radical Scavenging activity (\%)} = \frac{(A_0 - A_{30})}{(A_0)} \times 100$$

A₀ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 0 นาที

A₃₀ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 30 นาที

10) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี antioxidant capacity (FRAP)

นำสับปะรด 5 กรัม ผสมกับ 80 เปอร์เซ็นต์ Ethanol 5 มิลลิลิตร นำไป Homogenizer จากนั้นเติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสที่ได้ 0.3 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer 630 นาโนเมตร ทำการหากิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox แสดงผลปริมาณกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในหน่วย μmole Trolox equivalent/ g fresh weight (Benzie and Strain., 1996)

11) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด Total phenolics content (TPC)

ชิ้นส่วนสับปะรดระหว่างใส่กับเนื้อสับปะรด 5 กรัม ผสมกับ น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บั่นให้เข้ากัน ด้วย Homogenizer นำไปเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทำการทดลองดังนี้ สารสกัดจากสับปะรด 1 มิลลิลิตรผสมกับสาร Folin-ciocalteu reagent 50 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร vortex ให้เข้ากันรอ 30 นาทีเติม Na_2CO_3 7.5 เปอร์เซ็นต์ 2 มิลลิลิตร Vortex ให้เข้ากันวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (Slinkard and Singleton, 1997)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการคำนวณความแตกต่างทางสถิติด้วยตาราง ANOVA ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโดยการวิเคราะห์ข้อมูล Completely Randomized Design และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

3.7 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารปฏิบัติการเกษตร หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

เก็บเกี่ยวสับปะรดพันธุ์สวีจากสวนเกษตรกร คัดเลือกผลที่สามารถรับประทานได้และมีขนาดใกล้เคียงกัน นำมาตัดจุกและตัดก้านผล จุ่มก้านสับปะรดลงในสารละลายไซยาโนโคบาลามีน ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 3 วัน นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 และ 14 วัน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน มีผลการทดลองดังนี้

4.1 การเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับปะรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีนมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม สับปะรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 1, 4 และ 5 ไมโครโมลาร์ มีค่าการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำที่สุด ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดชุดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำที่สุด (Figure 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lo'ay (2017) พบว่าการศึกษามีประสิทธิภาพสามารถลดดัชนีความเป็นสีน้ำตาลที่ผลและช่อก้านและยังมีค่าสี (h°) สูงที่สุดหลังจากการเก็บรักษาที่นานขึ้น

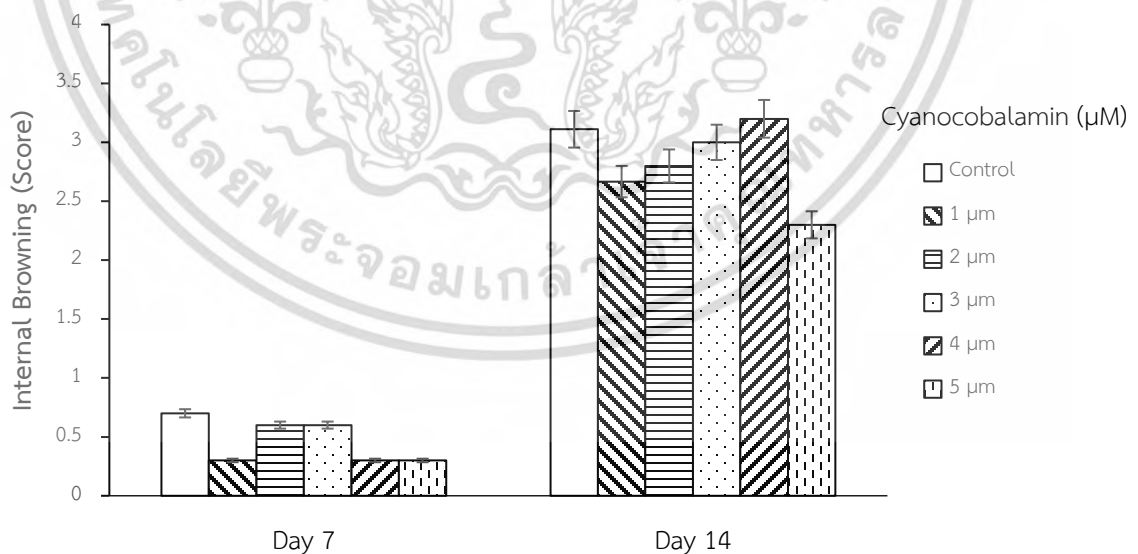


Figure 4. Internal browning of tissue adjacent to the core of ‘Sawi’ pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.2 ค่าสีเนื้อ

การวัดค่าสีเนื้อติดแกนสับประรดพันธุ์สวี ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบว่า สับประรดที่แช่ด้วยสารละลายไฮยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ มีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงที่สุด ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับประรดที่แช่ด้วยสารละลายไฮยาโนโคบาลามีน สามารถรักษา L^* , a^* และ b^* ได้ดีกว่าชุดควบคุมและมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lo'ay (2010) สีของลูกพลับที่ใช้สารละลายไฮยาโนโคบาลามีนมีค่าสีสูงกว่าลูกพลับชุดควบคุม กระบวนการเผาผลาญอาหารได้รับกระตุ้นไปสู่การสร้างวิตามินส่งผลให้เบต้าแคโรทีนมีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุมในผลพลับและองุ่น (Krook et al., 2000) (Figure 5)

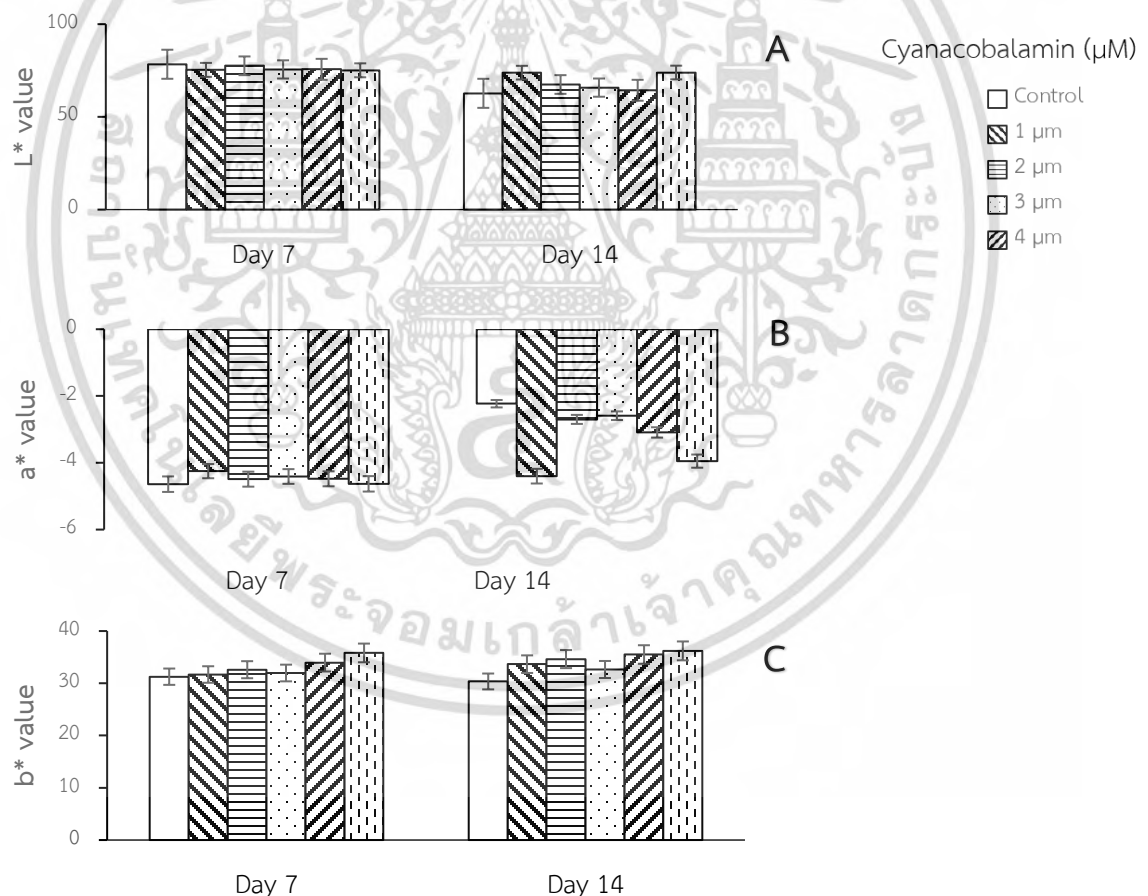


Figure 5. Changes of color L^* value (A), a^* value (B), b^* value (C) of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.3 ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล (Browning index : BI)

ดัชนีความเป็นสีน้ำตาล พัฒนาสีน้ำตาลบนเนื้อสับประรด ซึ่งบ่งบอกถึงการเกิดอาการสะท้อนหาวในสับประรด (Dull, 1971) พบว่าภายหลังการเก็บรักษาสับประรดเป็นเวลา 7 และ 14 วัน มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของเนื้อติดแกนสับประรดต่ำกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ Nilprapruck et al (2008) ดัชนีความเป็นสีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน สับประรดมีอาการไล่สีน้ำตาลน้อยและเมื่อเก็บรักษาสับประรดเป็นเวลา 14 วัน ดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น สับประรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 1 ไมโครโมลาร์ ภายหลังการเก็บรักษา 7 และ 14 วัน มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำที่สุด (Figure 6) Samaan et al (2011) ได้ทำการศึกษาการใช้กรดแอสคอร์บิกและไซยาโนโคบาลามีน พบว่าการใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีน ที่ความเข้มข้นสูงสามารถลดอาการสะท้อนหาวในมะม่วงได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

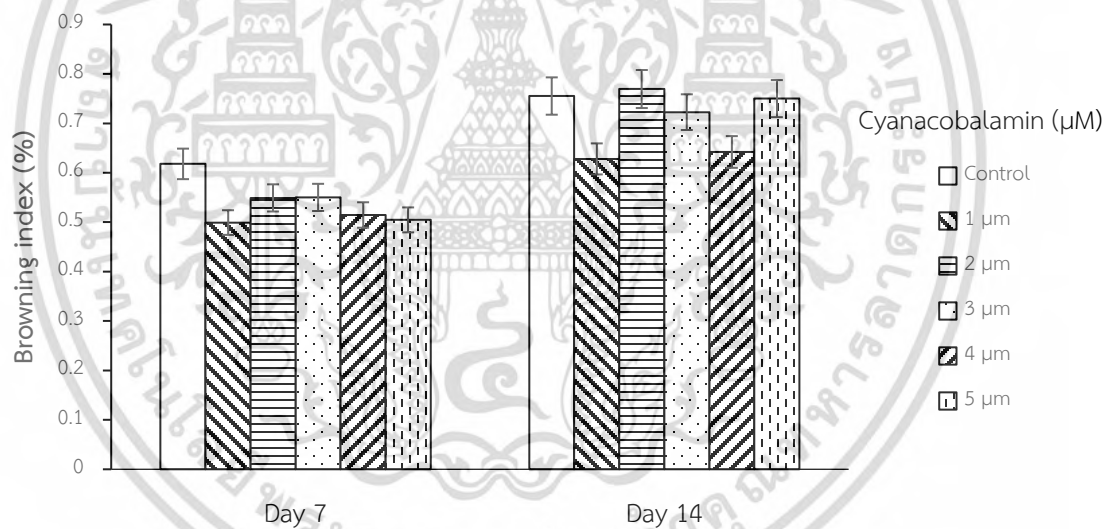


Figure 6. Browning index of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.4 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

ปริมาณ Malondialdehyde ภายหลังจากเก็บรักษาสัปดาห์เป็นเวลา 7 พบว่าสัปดาห์ที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามิน 5 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สัปดาห์มีปริมาณ MDA เพิ่มมากขึ้น สัปดาห์ที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามิน 1 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.05$) (Figure 7) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Samaan et al (2011) พบว่าการใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามินช่วยลดการเสื่อมสภาพและช่วยลดความผิดปกติของเซลล์เมมเบรนในผลลูกพลับ โดยความเครียดจากอนุมูลอิสระกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันโครงสร้างพอลิฟิฟิตของเยื่อหุ้มเซลล์ (McCollum and McDonald, 1991)

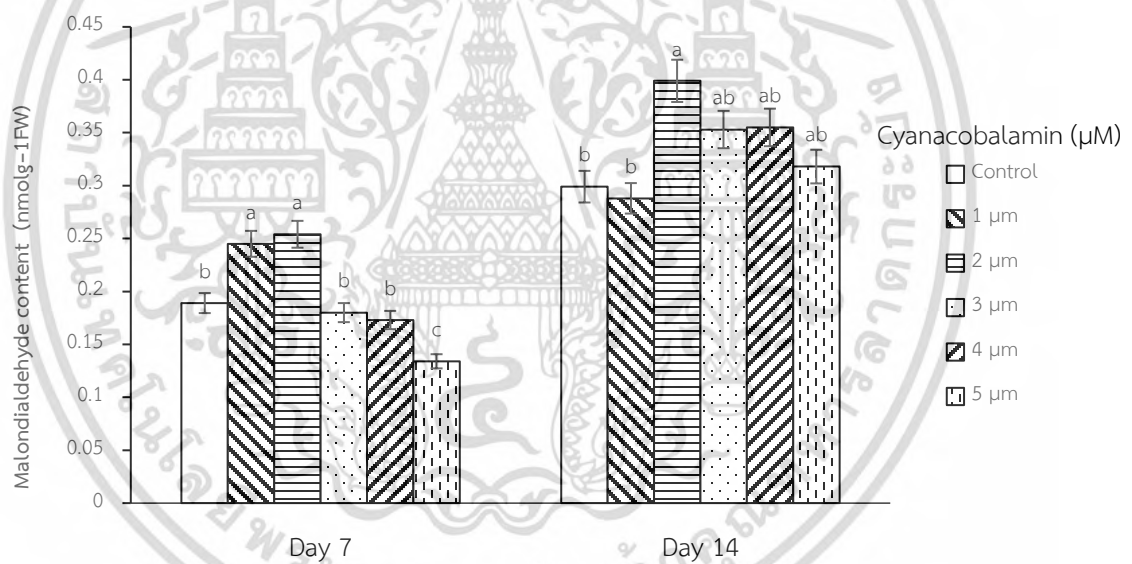


Figure 7. Malondialdehyde content of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.5 การรั่วไหลของประจุ (Electrolyte leakage : EL)

อัตราการรั่วไหลของประจุภายหลังการเก็บรักษาสัปดาห์เป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าสัปดาห์มีปริมาณการรั่วไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน สัปดาห์ชุดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามิน 5 ไมโครโมลาร์มีอัตราการรั่วไหลของประจุน้อยที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับ Lo'ay (2010) ใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามิน พบว่ามีการรั่วไหลของไอออนน้อยกว่าการชุดควบคุม เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ช่วยลดการรั่วไหลของไอออนที่เกิดจากความผิดปกติของเยื่อหุ้มเซลล์และชะลอการเสื่อมสภาพในผลไม้ไม่ได้ (Samaan et al., 2011)

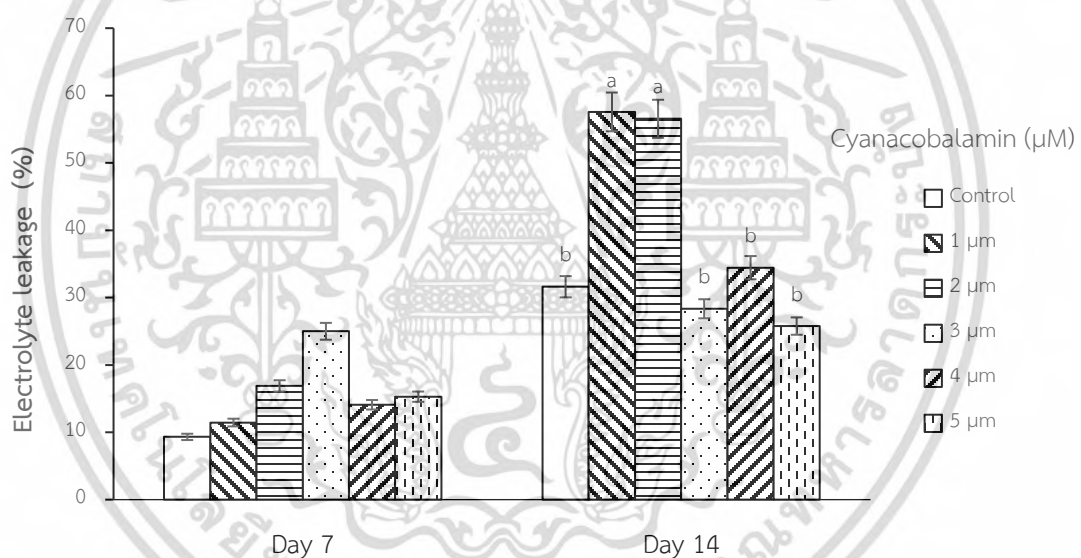


Figure 8. Electrolyte leakage of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.6 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Total acidity : TA)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชุดควบคุม ภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์เป็นระยะเวลา 7 วัน สัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม (Figure 10) ภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์เป็นระยะเวลา 14 วัน สัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Figure 9) ซึ่งหลังการเก็บเกี่ยวอาจมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (Dull, 1971) เมื่อเก็บเกี่ยวปริมาณกรดอาจแตกต่างกันระหว่าง 0.28 ถึง 1.6 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพการเจริญเติบโตและพันธุ์ (Py et al., 1987)

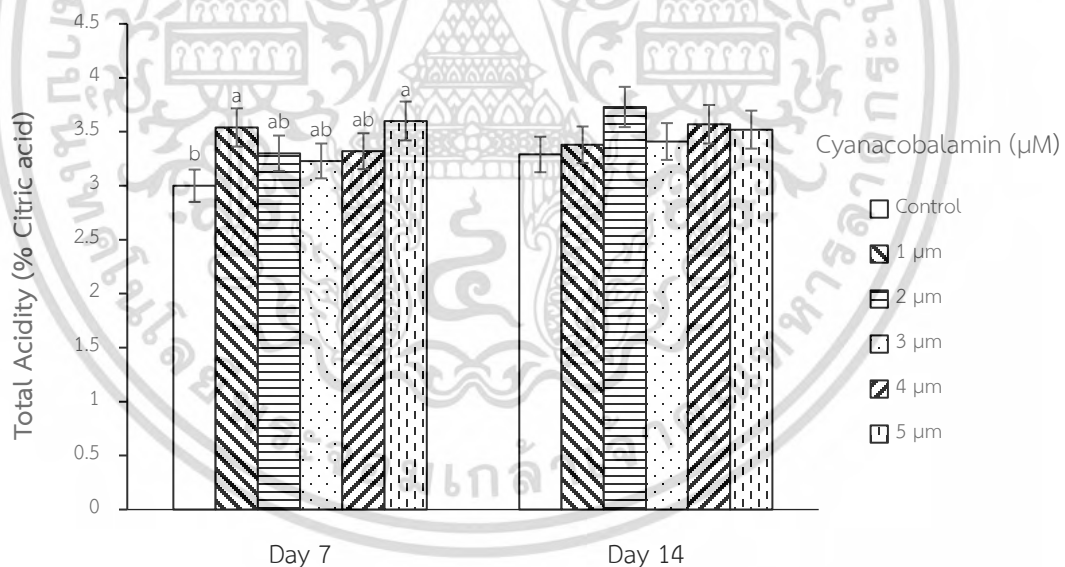


Figure 9. Total acidity of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.7 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids : TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละเป็นเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ที่มีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุด (Figure 9) ภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละเป็นเวลา 7 วัน สัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 1 ไมโครโมลาร์ มีค่ามากที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละเป็นเวลา 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีค่ามากที่สุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Figure 10) El-Bary (2017) พบว่าการใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีน ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการสะสมของคาร์โบไฮเดรตในผลลูกพลับ

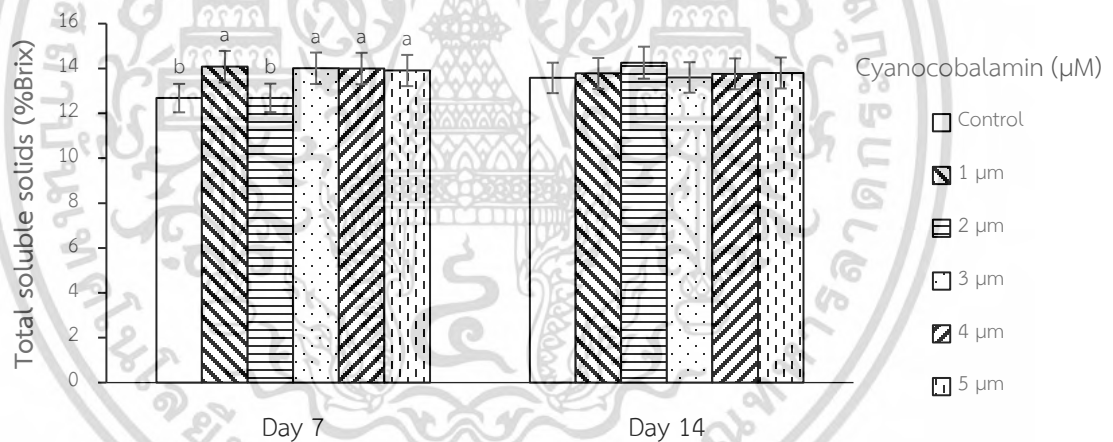


Figure 10. Total Soluble Solids of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.8 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)

การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สูงกว่าชุดควบคุม ภายหลังการเก็บรักษาสัปดาห์เป็นระยะเวลา 7 วัน ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และภายหลังการเก็บรักษาสัปดาห์เป็นระยะเวลา 14 วัน สัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Chen et al (2001) น้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญของรสชาติสัปดาห์ แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่ออายุผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (Figure 11)

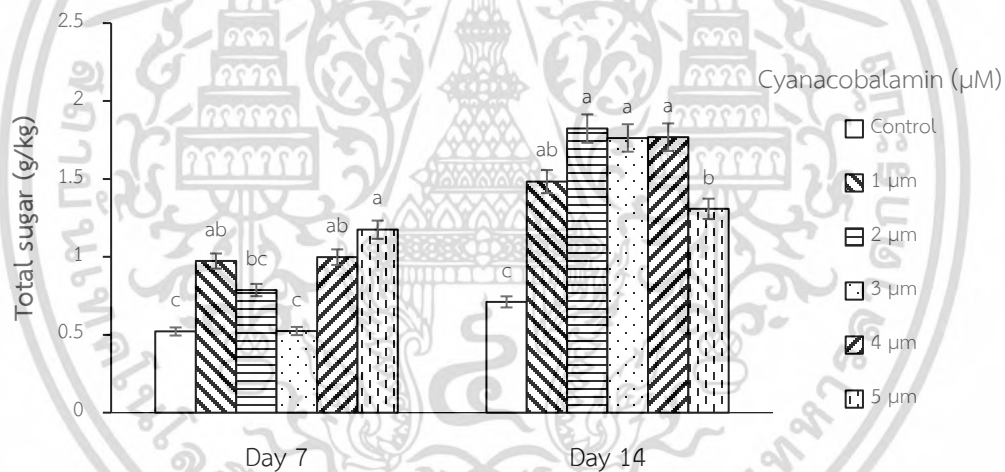


Figure 11. Total sugar of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.9 ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละเป็นเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไฮยาโนโคบาลามีนมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไฮยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงที่สุด ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน (Figure 12) เนื่องจากไฮยาโนโคบาลามีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีบทบาทในการกำจัดอนุมูลอิสระ (Birch et al., 2009)

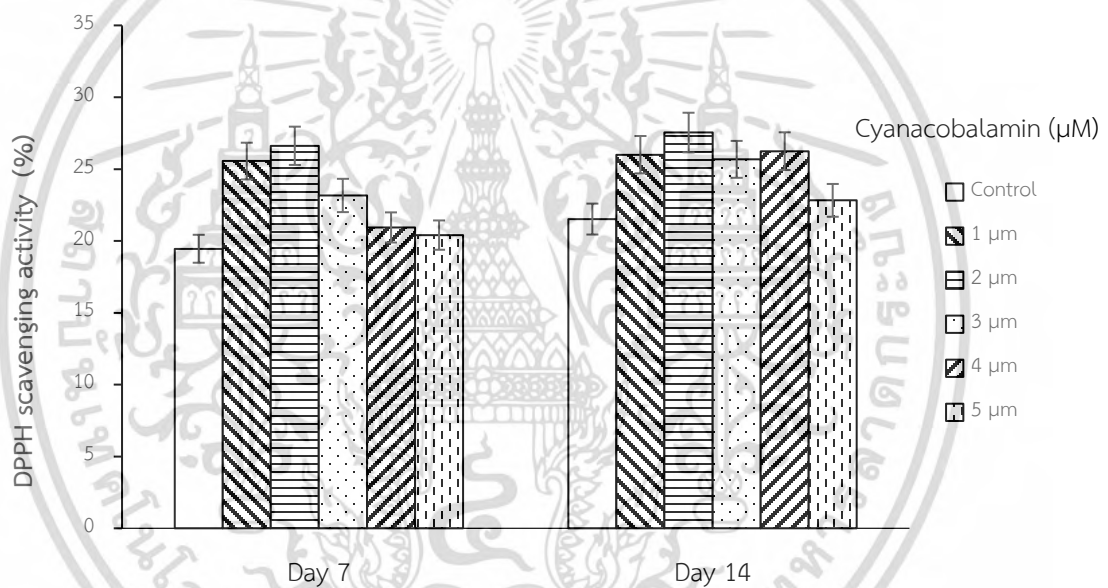


Figure 12. DPPH scavenging activity of tissue adjacent to the core of ‘Sawi’ pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.10 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละเป็นเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อติดแกนสัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามินมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสัปดาห์ชุดควบคุม ภายหลังการเก็บรักษาสัปดาห์ละเป็นเวลา 7 วัน สัปดาห์ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามิน 5 ไมโครโมลาร์ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) และภายหลังการเก็บรักษาสัปดาห์ละเป็นเวลา 14 วัน ที่แช่ด้วยสารละลายไซยาโนโคบาลามิน 1 ไมโครโมลาร์ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (Figure 13) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นเกี่ยวข้องกับความทนทานต่อการเกิดอาการระส่ำระสน้ำตาลที่ลดลง (Zhilei et al, 2008) (Figure 6)

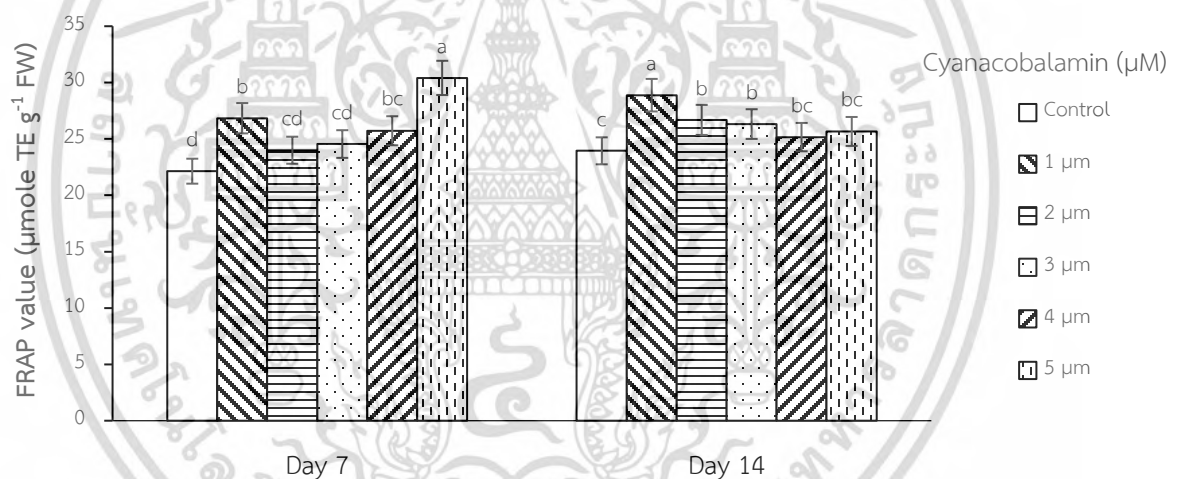


Figure 13. Antioxidant activity of ferric reducing antioxidant potential of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

4.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Total phenolic content: TPC)

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลเนื้อติดแกนสับประรดพันธุ์สวี ภายหลังจากเก็บรักษาสับประรดเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับประรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน มีสารประกอบฟีนอลในเนื้อติดแกนมากกว่าชุดควบคุม โดยสับประรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 1 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับประรดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้นและมีปริมาณฟีนอลมากกว่าชุดควบคุม โดยสับประรดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) (Table 11) Lo'ay (2017) พบว่าการใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีนในผลองุ่น มีค่าปริมาณฟีนอลสูงกว่าชุดควบคุม อาจเป็นไปได้ว่าไซยาโนโคบาลามีนช่วยกระตุ้นการทำงานของคาร์โบไฮเดรต การสังเคราะห์เอนไซม์และการรักษาให้อยู่ในสถานะที่ใช้งานได้ในสภาวะสมดุลของพืชเซลล์ (Krook et al., 2000)

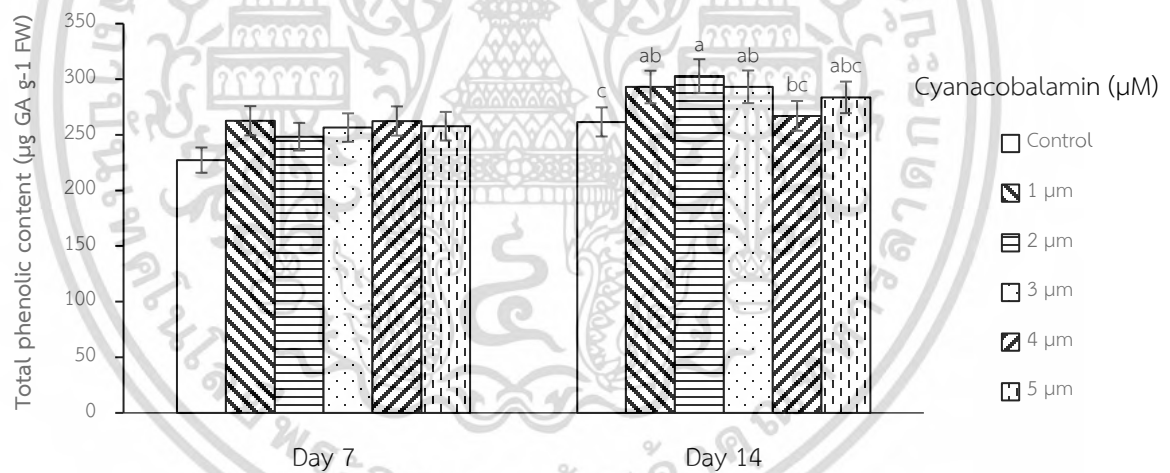


Figure 14. Total phenolic content of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13° for 7 and 14 day.

บทที่ 5

สรุปผล

จากการศึกษาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับประรดพันธุ์สวี เป็นเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าการใช้สารละลายไซยาโนโคบาลามีนโดยวิธีการแช่ก้านเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม สับประรดชุดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 5 ไมโครโมลาร์ เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สามารถรักษาอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด พบว่ามีดัชนีความเป็นสีน้ำตาล ปริมาณ Malondialdehyde ต่ำ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น สับประรดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน มีอาการไส้สีน้ำตาลและดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นจากระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้น ชุดที่แช่สารละลายไซยาโนโคบาลามีน 2 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูง ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ในเนื้อติดแกนสับประรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. คุณภาพของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตภายใต้สภาพบรรยากาศควบคุมโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์และผลของสารเคลือบผิวและสารป้องกันกำจัดเชื้อรา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 41 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางพีช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.
- จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และ จริงแท้ ศิริพานิช. 2536. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดและวิธีป้องกัน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 27(4): 421-430.
- จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 98 หน้า.
- จินดารัฐ วีระวุฒิ และ นรุธ วรามีตร. 2546. สับปะรด ใน “พืชเศรษฐกิจ”. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 55 หน้า
- จินดารัตน์ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.
- จิราพรรณ คล้ายกิจจา. 2548. สับปะรด. สำนักหอสมุดแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 87 หน้า
- ธงชัย เนมขุนทด. 2530. การปลูกสับปะรด. โรงพิมพ์เรื่องแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 72 หน้า
- วราพันธ์ จินตณวิชัย, อุทัย คันโธ, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ ปุณทริกา หาริณสุต. 2547. การศึกษาปริมาณเอนไซม์โบรมิเลน องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำคั้นสับปะรดและการนำไปใช้ประโยชน์ย่อยโปรตีนในกากถั่วเหลือง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 26-32.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563 สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563. 10 หน้า
 หยกทิพย์ สุดารีย์, วรางคณา มากำไร, วีรา คล้ายพุก, อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว, ดารากร เผ่าชู. 2558.
 สารเคมีชนิดต่าง ๆ ต่อการควบคุมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง.
 กรมวิชาการเกษตร. 13 หน้า
- อรอง จันท์ประสาทสุข. 2558. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด.
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 50 หน้า
- Asensi-Fabado, M.A. and Munne'-Bosch, S. 2010. Vitamins in plants: occurrence,
 biosynthesis and antioxidant function. *Trends Plant Science*. 15 (10): 582-592.
- Baker S. 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. and Kadzimin, S.B. 1977. Pineapple. In: P.T. Alvim, and T. T.
 Kozlowski (ed.), *Ecophysiology of Tropical Crops*. Chap. 5. Academic Press, New
 York, 113-156.
- Benzie, Iris-F.F., and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a Measure
 of "Antioxidant Power". *The FRAP Assay*. 239(1), 70-76.
- 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. *Free Radical Biology and Medicine*.
 47: 184-188.
- Brand-Williams, W.C. and M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to
 evaluate antioxidant activity. 28(1), 0-30.
- Chen, C.C., Zhou, L., Chen, N.J. and Paull, R.E. 2001. Determinants of sweetness in papaya
 and pineapple. *Acta Horticulturae*, (553) 99-100.
- 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, Springer. Berlin. pp. 21-41

- 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. *Food Chemistry*. Vol. 4 (100053).
- Dubois, M., Gilles K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Division of Biochemistry, University of Minnesota, St. Paul*. pp. 350-356.
- Dull, G.G. 1971. The pineapple. *The Biochemistry of Fruits and Their Products Vol. 2* (Hulme, A.C. ed.) London, New York: Academic Press. pp.303–24.
- 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. *J. Plant Prod Mansoura Univ.*8(4). 555-558.
- El-Baz, El., EL. T., El-Eraky, M.A., Lo'ay, A.A. and El-Deeb M.R.I. 2011. Vitamins application and persimmon (*Diospyros kaki* L. CV 'COSTATA'), fruit Quality. *J. Plant Production, Mansoura Univ.* Vol. 2 (3): 367 - 375, 2011.
- 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. *Food Chemistry*. 68, 471-474.
- Gerald, F., Combs, Jr., and James, P., McClung, Ph.D. 2017. Chapter 18 Vitamin B12. *The Vitamins*, pp. 431-452.
- Hassan, A., Othman, Z. and Siriphanich, J. 2011. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits.*, pp. 194–218.
- 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. *Scientia Horticulturae*. 151, pp. 68–74.
- Kader, A.A. 1996. Recommendation for maintaining postharvest quality of pineapple. *Perishable Handling Newsletter*.88: pp. 19-20.
- Kajuna, S., Bilanski, W.T. and Mittal, G.S. 1997. Textural changes of Banana and plantain pulp during ripening. *J. Sci. Food Agric.*, 75: 244250.

- 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, pp. 44-550.
- Krook, J., Van-slot, KAE., Vreugdenhil, D., Dijkema, C. and van der Plas, LHW. 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 Plant Physiol. 156: 595-604.
- Lo'ay, A.A. 2010. Cyanocobalamin control fruit ripening of persimmon fruit. Journal of Plant Production. pp. 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, Dequan., 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. Scientia Horticulturae. pp. 97-101.
- 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. pp. 137.
- McCollum, T.G. and McDonald, R.E. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. Horticultural Science, 26(9) : 1191-1192.
- Nakos M., Pepelanova I., Beutel S., Krings U., Berger R.G. and Scheper T. 2017. Isolation and analysis of vitamin B12 from plant samples. Food Chemistry. pp. 301-308.
- Nilprapruck, P., Praditthakarn, N., Authanithe, F. and Keejan, P. 2008. Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Quality of Pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. Science and Technology Journal. Silapakorn University 2(2): 33-42.

- Nukuntornprakit, O., Luengwilai, K. and Siriphanich, J. 2020. Chilling injury in pineapple fruit is related to mitochondrial antioxidative metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 170, 111330.
- Paull, R.E. and Rohrbach, K.G. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit (*Ananas comosus*) *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 110: 100-105.
- Paull, R.E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. In: C.Y. Wang (ed) *Chilling Injury of Horticultural Crops*. CRC Press, Boca Raton FL. pp. 17-36.
- 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.
- Py, C., Lacoeyllhe J.J. and Teisson C. 1987. *The pineapple cultivation and uses*. Editions G-P Maisonneuve & Larose, Paris. pp. 568.
- Roje, S. 2007. Vitamin B biosynthesis in plant. *Phytochemistry*. 68(14): 1904-1921.
- Sally, P. and Stabler, MD. 2020. Chapter 15 - Vitamin B12. *Present Knowledge in Nutrition*. pp. 257-271.
- 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.
- Selvarajah, S., Bauchot, A.D. and John, P. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 23: 167-170.
- Shetty, K. 1997. Biotechnology to harness the benefits of dietary phenolics focus on Laminaceae. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 6:162-71.
- 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
- Smith, A.G., Croft, M.T., Moulin, M. and Webb, M.E. 2007. Plants need their vitamins too. *Current in Plant Biol.* 10: 266-275.

- Supapvanich, S., Pimsaka, J. and Srisujan, P. 2011. Physiochemical change in fresh-cut wax Apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill and L. M. Perry) during storage Journal of Food Chemistry. 127: 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, Postharvest Biology and Technology. 160. (111033).
- Supapvanich, S., Samransuk, L., Somanusorn, T. and Mesa, N. 2014. Effect of glutathione on browning of fresh-cut wax apple fruit during refrigerated storage. 339-346.
- Szterk, A., Roszko M., Matek, K., Czerwonka, M. and Waszkiewicz-Robak, B. 2012. Application of the SPE reversed phase HPLC/MS technique to determine vitamin B12 bio-active forms in beef Meat Science 91 (4). 408-413.
- Teisson, C. 1979. Internal browning of pineapples: I. History, II. Materials and Methods. Fruits. 34(4): 245-261.
- Walker, J.R.L. 1977. Enzymatic browning in foods. Its chemistry and control. 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. Food chemistry. 91: 99-104.
- Wen, L. and Wrolstad, R.E. 2002. Phenolic composition of authentic pineapple juice. Journal of Food Science, 67(1), 155-161.
- 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. Postharvest Technology. 59: 205–213.
- 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.

- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S. and Kanlayanarat, S. 2008. Internal browning occurrences of ‘Queen’ pineapple under various low temperatures. *Acta Horticulturae*, (804), 555–560.
- Zhang, Q., Liu, Y., He., C. and Zhu, S. 2015. Postharvest exogenous application of abscissic acid reduces internal browning in pineapple. *Journal Agric Food Chem*, 63(22): 5313–5320.
- Zhean, X., Tian, S.P., Meng, X.H. and Li. B.Q. 2007. Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry*. 104: 156-162.
- Zhou, Y., Dahler, J.M., Underhill, S.J.R. and Wills, R.B.H. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. *Food Chemistry*, 80: 565-572.
- Zisheng, L. 2006. Extending shelf-life of persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit by hot air treatment. *European Food Research and Technology*, 222(1): 149–154.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารสำหรับ Malondialdehyde (MDA)

การเตรียมสาร Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Trichloroacetic acid 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

การเตรียมสาร Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Trichloroacetic acid 150 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

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

เตรียมสารสำหรับ Titratable acidity (TA)

การเตรียมสาร Sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยการชั่ง NaOH 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

การเตรียมสาร Phenolphthalein ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง 31.832 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

เตรียมสารสำหรับ Total sugar

การเตรียม Phenol 80 เปอร์เซ็นต์ Phenol 80 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นครบ 100 มิลลิลิตร

เตรียมสารสำหรับการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี Antioxidant Activity (DPPH)

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

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

เตรียมสารสำหรับการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี antioxidant capacity (FRAP)

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

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

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

เตรียมสารสำหรับการสกัด Total phenolic content (TPC)

การเตรียม Folin 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้ Folin 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

การเตรียม Na_2CO_3 7.5 เปอร์เซ็นต์ ชั่ง Na_2CO_3 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดลอง

Table A1. Internal browning score of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Internal Browning (score)	
	Day 7	Day 14
Control	0.700	3.111
Cyanocobalamin 1 μ M	0.300	2.667
Cyanocobalamin 2 μ M	0.600	2.800
Cyanocobalamin 3 μ M	0.600	3.000
Cyanocobalamin 4 μ M	0.300	3.200
Cyanocobalamin 5 μ M	0.300	2.300
F-test	ns	ns

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

Table A2. Changes colour (L*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Colour L*	
	Day 7	Day 14
Control	78.38	62.70
Cyanocobalamin 1 μ M	75.35	73.84
Cyanocobalamin 2 μ M	77.55	67.46
Cyanocobalamin 3 μ M	75.59	65.77
Cyanocobalamin 4 μ M	75.65	64.35
Cyanocobalamin 5 μ M	75.11	73.92
F-test	ns	ns

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

Table A3. Changes colour (a*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Colour a*	
	Day 7	Day 14
Control	-4.64	-2.23
Cyanocobalamin 1 μ M	-4.25	-4.40
Cyanocobalamin 2 μ M	-4.49	-2.70
Cyanocobalamin 3 μ M	-4.41	-2.59
Cyanocobalamin 4 μ M	-4.48	-3.09
Cyanocobalamin 5 μ M	-4.63	-3.95
F-test	ns	ns

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

Table A4. Changes colour (b*) of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Colour b*	
	Day 7	Day 14
Control	31.26	30.35
Cyanocobalamin 1 μ M	31.68	33.66
Cyanocobalamin 2 μ M	32.60	34.63
Cyanocobalamin 3 μ M	31.97	32.64
Cyanocobalamin 4 μ M	33.96	35.51
Cyanocobalamin 5 μ M	35.81	36.20
F-test	ns	ns

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

Table A5. Browning index of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Browning index (%)	
	Day 7	Day 14
Control	0.617	0.755
Cyanocobalamin 1 μ M	0.499	0.628
Cyanocobalamin 2 μ M	0.549	0.769
Cyanocobalamin 3 μ M	0.550	0.722
Cyanocobalamin 4 μ M	0.514	0.642
Cyanocobalamin 5 μ M	0.504	0.750
F-test	ns	ns

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

Table A6. Malondialdehyde content of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	MDA content (nmol g ⁻¹ FW)	
	Day 7	Day 14
Control	0.189 ^b	0.299 ^b
Cyanocobalamin 1 μ M	0.245 ^a	0.288 ^b
Cyanocobalamin 2 μ M	0.254 ^a	0.399 ^a
Cyanocobalamin 3 μ M	0.180 ^b	0.353 ^{ab}
Cyanocobalamin 4 μ M	0.173 ^b	0.355 ^{ab}
Cyanocobalamin 5 μ M	0.134 ^c	0.318 ^{ab}
F-test	**	*

Mean with different lower case letters within the same column are significantly different ($P < 0.05$)

Table A7. Electrolyte leakage of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Electrolyte leakage (%)	
	Day 7	Day 14
Control	9.315	31.6056 ^b
Cyanocobalamin 1 μ M	11.444	57.566 ^a
Cyanocobalamin 2 μ M	16.885	56.542 ^a
Cyanocobalamin 3 μ M	24.993	28.336 ^b
Cyanocobalamin 4 μ M	14.086	34.442 ^b
Cyanocobalamin 5 μ M	15.284	25.768 ^b
F-test	ns	**

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

Table A8. Titratable acidity of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Titratable acidity (% Citric acid)	
	Day 7	Day 14
Control	3.00 ^b	3.29
Cyanocobalamin 1 μ M	3.54 ^a	3.38
Cyanocobalamin 2 μ M	3.30 ^{ab}	3.73
Cyanocobalamin 3 μ M	3.23 ^{ab}	3.41
Cyanocobalamin 4 μ M	3.32 ^{ab}	3.57
Cyanocobalamin 5 μ M	3.60 ^a	3.52
F-test	*	ns

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

Table A9. Total soluble solids of pineapple fruit during storage at 13°C for 7 day and 14 day

Treatment	Total soluble solids (% Brix)	
	Day 7	Day 14
Control	12.68 ^b	13.58
Cyanocobalamin 1 μ M	14.08 ^a	13.78
Cyanocobalamin 2 μ M	12.69 ^b	14.26
Cyanocobalamin 3 μ M	14.01 ^a	13.60
Cyanocobalamin 4 μ M	14.00 ^a	13.76
Cyanocobalamin 5 μ M	13.91 ^a	13.80
F-test	**	ns

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

Table A10. Total sugar of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Total sugar (g/kg)	
	Day 7	Day 14
Control	0.521 ^c	0.711 ^c
Cyanocobalamin 1 μ M	0.973 ^{ab}	1.483 ^{ab}
Cyanocobalamin 2 μ M	0.787 ^{bc}	1.823 ^a
Cyanocobalamin 3 μ M	0.524 ^c	1.763 ^a
Cyanocobalamin 4 μ M	0.998 ^{ab}	1.768 ^a
Cyanocobalamin 5 μ M	1.174 ^a	1.308 ^b
F-test	**	**

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

Table A11. DPPH scavenging activity of pineapple fruit during storage at 13°C for 7 day and 14 day

Treatment	DPPH scavenging activity (%)	
	Day 7	Day 14
Control	19.456	21.522
Cyanocobalamin 1 μ M	25.559	26.002
Cyanocobalamin 2 μ M	26.622	27.546
Cyanocobalamin 3 μ M	23.165	25.678
Cyanocobalamin 4 μ M	20.940	26.247
Cyanocobalamin 5 μ M	20.406	22.825
F-test	ns	ns

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

Table A12. Antioxidant activity of ferric reducing antioxidant potential of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Antioxidant capacity (μ mole TE g ⁻¹ FW)	
	Day 7	Day 14
Control	22.139 ^d	23.944 ^c
Cyanocobalamin 1 μ M	26.832 ^b	28.882 ^a
Cyanocobalamin 2 μ M	23.999 ^{cd}	26.687 ^b
Cyanocobalamin 3 μ M	24.574 ^c	26.318 ^b
Cyanocobalamin 4 μ M	25.726 ^{bc}	25.162 ^{bc}
Cyanocobalamin 5 μ M	30.413 ^a	25.664 ^{bc}
F-test	**	**

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

Table A13. Total phenolic content of pineapple fruit during storage at 13° C for 7 day and 14 day

Treatment	Total phenolic content ($\mu\text{g GA g}^{-1}\text{ FW}$)	
	Day 7	Day 14
Control	227.28	261.622 ^c
Cyanocobalamin 1 μM	262.68	293.03 ^{ab}
Cyanocobalamin 2 μM	248.36	302.89 ^a
Cyanocobalamin 3 μM	256.52	293.20 ^{ab}
Cyanocobalamin 4 μM	262.47	267.09 ^{bc}
Cyanocobalamin 5 μM	257.77	283.72 ^{abc}
F-test	ns	**

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

ภาคผนวก ค
ภาพแสดงลักษณะการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

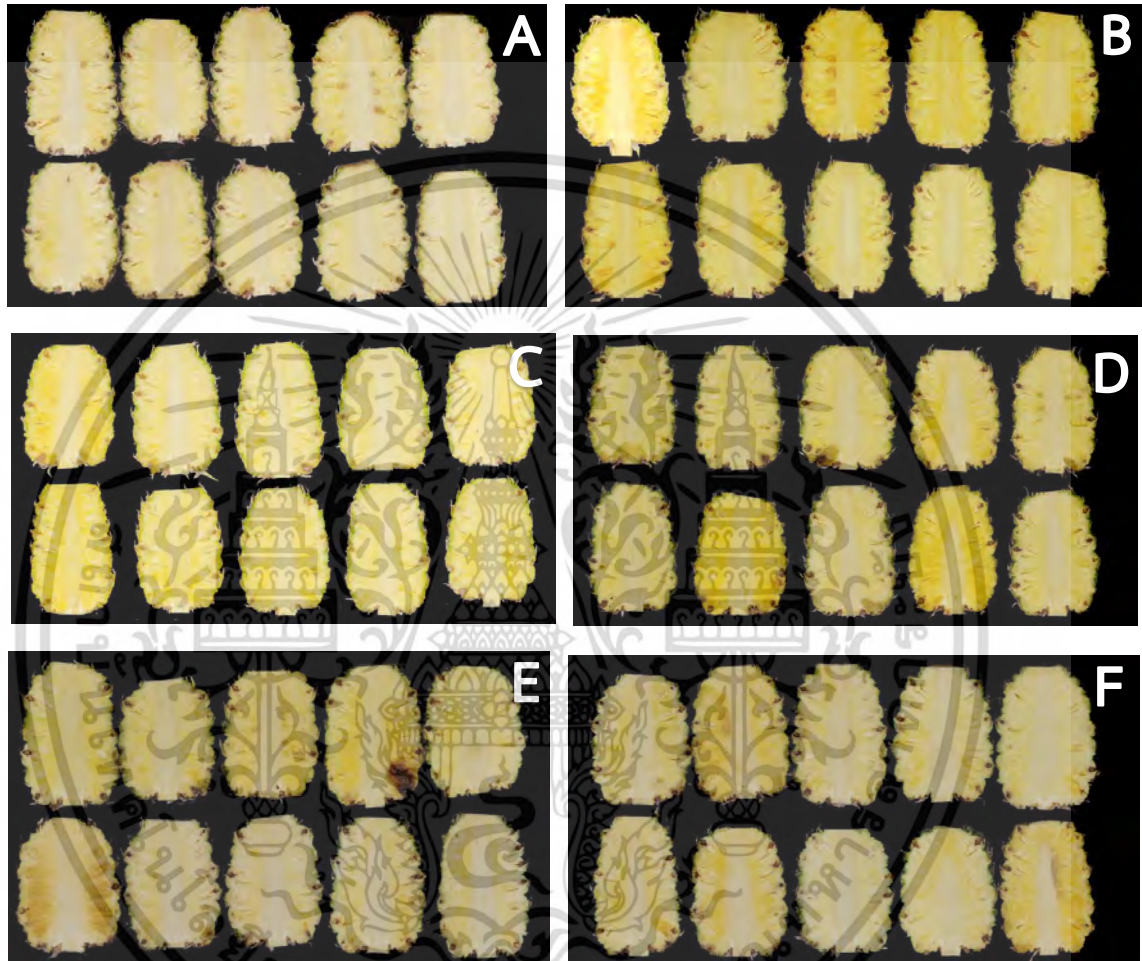


Figure A1. Visual internal browning incidence of the control (A), cyanocobalamin 1 μM (B), cyanocobalamin 2 μM (C), cyanocobalamin 3 μM (D), cyanocobalamin 4 μM (E), cyanocobalamin 5 μM (F), treated 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13 °C for 7 days followed by 2 day at room temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

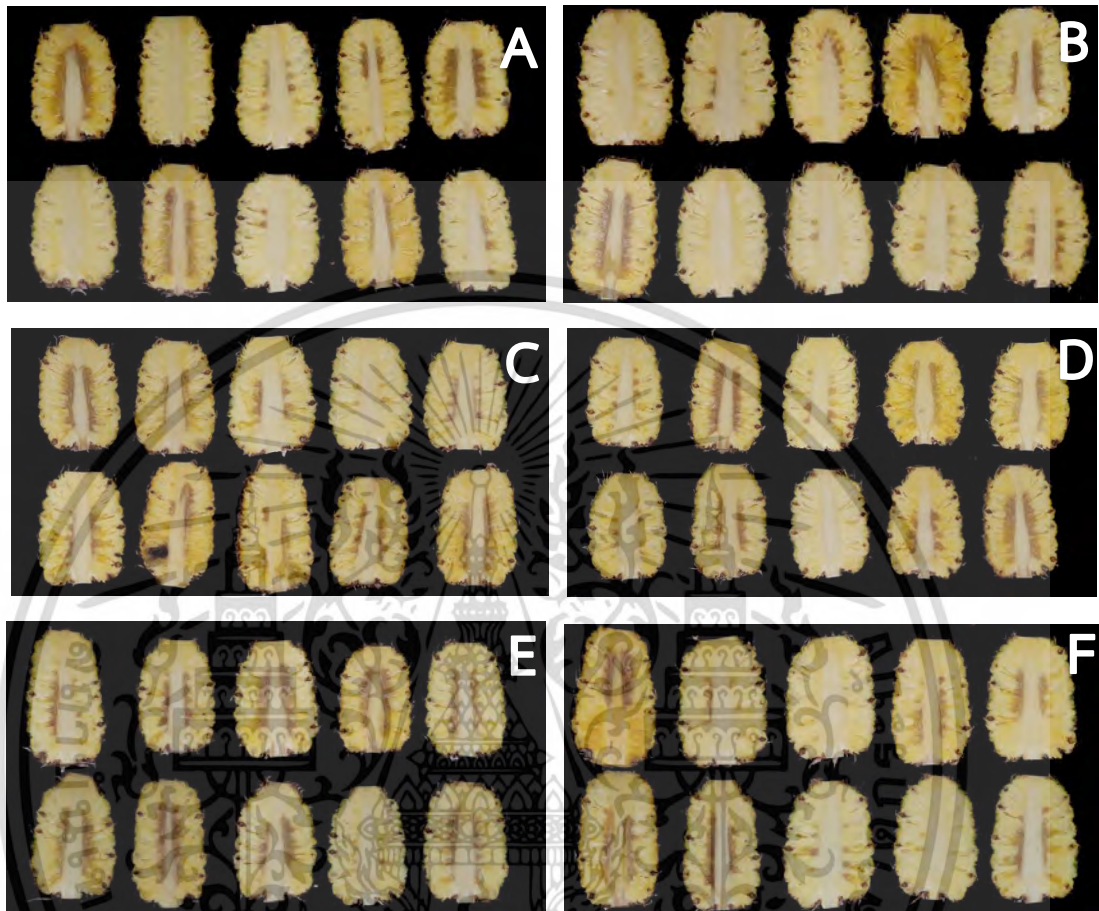


Figure A2. Visual internal browning incidence of the control (A), cyanocobalamins 1 μM (B), cyanocobalamins 2 μM (C), cyanocobalamins 3 μM (D), cyanocobalamins 4 μM (E), cyanocobalamins 5 μM (F), treated 'Sawi' pineapple fruit during storage at 13 °C for 14 days followed by 2 day at room temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นางสาวจุฑาวรรณ คงชนะ
วัน/เดือน/ปี เกิด 13 ธันวาคม 2539
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 4/2 หมู่ 3 ตำบลวิสัยเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร 86100
ประวัติการศึกษา
อนุบาล 1-2 โรงเรียนวัดเชิงกระ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
ประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนวัดเชิงกระ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
มัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนศรีราษฎร์ อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
วิทยาลัยอาชีวศึกษาชุมพร อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
สาขางานการพัฒนาโปรแกรม วิทยาลัยอาชีวศึกษาชุมพร จังหวัดชุมพร
ปัจจุบันศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช ชั้นปีที่ 4
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
เขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้