



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับประตก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
Alleviation of internal browning in pineapple fruit by
pre and postharvest treatments

นางสาวพรณิภา ย้วยล
นายเฉลิมชัย วงษ์อารี
นายสุริย์พันธ์ สุภาพวานิช
นางสาวพรประพา คงตระกูล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559-2560
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ชื่อโครงการ	การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
แหล่งเงิน	งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559-2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 1,628,700 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย	2 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 30 กันยายน 2560
หัวหน้าโครงการวิจัย	นางสาวพรธัญญา ย้วยล
ผู้ร่วมโครงการวิจัย	นายเฉลิมชัย วงษ์อารี นายสุริยัณฑ์ สุภาพวานิช นางสาวพรประพา คงตระกูล

บทคัดย่อ

สับปะรดพันธุ์สวี อยู่ในกลุ่ม Queen มีความไวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์สวี โดยใช้วิธีการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว การใช้ซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดได้ดีกว่าใช้ปุ๋ยแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียม โดยค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับค่า BI, PPO, และ MDA ที่มีค่าต่ำด้วยเช่นกัน การให้แคลเซียมและโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยว 6 วิธีการ ชุดควบคุม โบรอน แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต + แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซัลเฟต + แคลเซียมคลอไรด์ + โบรอน และ แคลเซียมซัลเฟต + โบรอน พบว่าทุกการทุกวิธีการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน การทดลองการให้ปุ๋ยและกรดอินทรีย์ร่วมกับการให้แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์แช่ก้านเป็นเวลา 3 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน และย้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 2 วัน พบว่าการให้แคลเซียมซัลเฟต + แคลเซียม + โบรอน และแคลเซียมซัลเฟต + โบรอนลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้และทุกวิธีการปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นในไส้ภายหลังจากการเก็บรักษา การศึกษาผลหลังการเก็บเกี่ยว ระยะการเก็บผลเหลืองทั้งผล 100 เปอร์เซ็นต์ อ่อนแอต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล โดยมีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล BI EL LOX และ MDA สูงกว่าระยะการสุกที่อ่อนกว่า ส่วนผลการใช้สารต้านการเกิดไส้สีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนต จุ่มแช่ก้านผล 2 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสและ 25 องศาเซลเซียส เก็บรักษา 2 สัปดาห์ แล้วย้ายเก็บรักษาอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 2 วัน การใช้แคลเซียมกลูโคเนตลดอาการไส้สีน้ำตาล และ IB ดีกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ การใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนตมีผลทำให้เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลลดลง เช่น PAL PPO และมีปริมาณฟีนอลเพิ่มขึ้น ฤดูกาลเก็บเกี่ยว (ฝน) เกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวในฤดูร้อน ส่วนพื้นที่การปลูกสับปะรดไม่มีผลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล อย่างไรก็ตามวิธีการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลจากผลการทดลองความรุนแรงของอาการมีความสัมพันธ์กับ BI EL และมีผลสัมพันธ์กับเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง ผลการทดลองนี้สามารถใช้ซาลิไซลิกและแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวลดการเกิดไส้สีน้ำตาล และหลังการเก็บเกี่ยวใช้แคลเซียมกลูโคเนตลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ : สับปะรด แคลเซียมคลอไรด์ สารเคมีต้านการเกิดไส้สีน้ำตาล

Research Title: Alleviation of internal browning in pineapple fruit by pre and postharvest treatments

Researcher: .. Dr. Pannipa Youryon
Dr. Chalermchai Wongs-Aree
Dr. Suriyan Supapvanich
Dr. Pornprapa Kongtragoul

Faculty: Prince of Chumphon Campus, Chumphon Province

Department: Agricultural Technology

ABSTRACT

'Sawi' pineapple is classified in Queen Group which is highly sensitive to chilling temperature causing internal browning symptom during storage. The purpose of this recent study was to alleviate internal browning symptom using both pre- and post-harvest means. The pre-harvest use of salicylic acid (SA) could alleviate internal browning of the fruit during cold storage (13 °C) being better than the uses of CaCl₂ and potassium fertilizers. The internal browning incidence was positively concomitant with browning index (BI), polyphenol oxidase (PPO) activity and malnoldialdehyde (MDA) content of tissues adjacent to the core. The six pre-harvest means of CaCl₂ and boron utilizations which were untreated sample (control), boron, CaSO₄, CaSO₄ + CaCl₂, CaSO₄ + CaCl₂ + boron and CaSO₄ + boron were monitored. All treatments alleviated internal browning incidence in the pineapple fruit during the cold storage compared to the control in which a severity of internal browning incidence occurred during storage for 7 days. However, after storage for 14 days, there were no significant differences in internal browning incidence between all treated samples and the control. The use of pre-harvest fertilizers treatments combined with 2% CaCl₂ postharvest means using peduncle infiltration technique were investigated. The fruit were peduncle-infiltrated in 2% CaCl₂ for 3 days and stored at 13 °C for 7 and 14 days, afterwards the fruit were held at room temperature for 2 days before investigated. The result showed that the pre-harvest uses of CaSO₄ + CaCl₂ + boron and CaSO₄ + boron combined with the postharvest CaCl₂ treatment alleviated internal browning incidence during storage and all treatments induced the concentration of calcium in the fruit core. The study of fruit maturity on internal browning incidence during the cold storage was determined. The result found that internal browning incidence of the fruit at 100% maturity (the whole turns to yellow) was greater than the fruit at 25% and 50% maturities. This was related to the higher browning index, electrolyte leakage (EL), lipoxygenase (LOX) activity and MDA content of the 100% mature fruit compared to those of the fruit at other maturities. The postharvest uses of antibrowning agents such as CaCl₂ and calcium gluconate were studied. The fruit were peduncle-infiltrated in CaCl₂ and calcium gluconate

solutions for 3 days and then stored at 13 °C and 25 °C for 2 weeks, afterwards the fruit were held at room temperature for 2 days before determined. The use of calcium gluconate could alleviate internal browning incidence being greater than the use of CaCl₂. The uses of both calcium solutions reduced browning-related enzymes activities such as phenylalanine ammoniolyase (PAL) and PPO and induced phenolic compounds in tissue adjacent to the core of the fruit. The climate affected internal browning incidence of the fruit during storage. The fruit harvested in rainy showed apparently lower internal browning incidence than the fruit harvested in summer. The location of fruit growth did not affect internal browning incidence of the fruit during the cold storage. In conclusion, internal browning alleviation means in this recent work showed that the severity of internal browning incidence was accompanied by browning index, EL and browning-related enzymes activities of tissue adjacent to the core. The pre-harvest uses of SA and CaCl₂ and post-harvest use of calcium gluconate were alternatives alleviating internal browning of the pineapple fruit during cold storage.

Keywords : pineapple, calcium chloride, antibrowning chemicals

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ขอขอบคุณบุคลากร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ คุณกาญจนา ม่วงทองคำ เจ้าหน้าที่วิจัยที่ช่วยประสานงาน เจ้าของสวนสับปะรด อำเภอสวี จังหวัดชุมพร และนักศึกษาหลักสูตรพืชสวนทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559-2560

พรณิภา ย้วยล
เฉลิมชัย วงษ์อารี
สุริยัณฑ์ สุภาพวานิช
พรประพา คงตระกูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการโครงการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 พันธุ์สับปะรดในประเทศไทย	3
2.2 สัณฐานวิทยาของสับปะรด	3
2.3 อาการไส้สีน้ำตาล	5
2.4 การลดการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดและผลไม้อื่นๆ	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	7
3.1 การศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลก่อนการเก็บเกี่ยว	7
3.2 การศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว	10
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	14
4.1 ผลศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลก่อนการเก็บเกี่ยว	14
4.2 ผลศึกษาความเข้มข้นและช่วงเวลาการใช้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยว	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	56
6.1 การตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	56
6.2 การยื่นเสนอการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ	56
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้	61
ภาคผนวก ข รายงานการใช้จ่ายเงิน	97
ประวัตินักวิจัย	98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	14
4.2 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	15
4.3 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	15
4.4 Malondialdehyde content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	16
4.5 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	17
4.6 Total phenolic content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	17
4.7 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	18
4.8 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	18
4.9 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	19
4.10 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	19
4.11 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	20

4.12 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	21
4.13 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	21
4.14 MDA content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	22
4.15 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	22
4.16 Total phenolic content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	23
4.17 Antioxidant capacity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	24
4.18 DPPH free radical scavenging of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	25
4.19 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	25
4.20 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	26
4.21 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 d or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	26
4.22 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.	27
4.23 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron CaSO_4 CaCl_2 and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	28

4.24 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	29
4.25 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	30
4.26 MDA content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	31
4.27 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	32
4.28 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	33
4.29 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	34
4.30 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	35
4.31 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.	36
4.32 Superficial colour of pulp of pineapple during storage.	37
4.33 Climate condition at Pathiu district Chumphon province during the pineapple fruit development periods.	47
4.34 Superficial colour of pulp of pineapple during storage.	53

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 Morphological structure of pineapple fruit.	5
4.1. Internal browning (IB) severity score (A) and browning index (BI) (B) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days	38
4.2 Percentage of electrolyte leakage (EL) (A) and malondialdehyde (MDA) content (B) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days.	38
4.3 Internal browning incidence of ‘Queen’ pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days	39
4.4 L^* value (A), BI (B) and IB severity score (C) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapples peduncle-infiltrated in 2% CaCl_2 or 2% CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 or 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.	42
4.5 Visual internal browning incidence of control, 2 % CaCl_2 and 2 % CaGlu treated ‘Queen’ pineapples during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT.	43
4.6 The activities of PAL (A) and PPO (B) and TP content (C) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapples treated with CaCl_2 or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$	44
4.7 Electrolyte leakage (A), LOX activity (B), MDA content (C) and farnesene content (D) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapple fruit dipped in CaCl_2 or Ca gluconate (CaGlu) solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.	45

- 4.8** Antioxidant capacity (A) and the activities of G-POD (B) and CAT (C) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapple fruit dipped in CaCl₂ or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$ 46
- 4.9.** Lightness (L^*) (A), browning index (BI) (B) and internal browning (IB) score of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=8). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [$** (P < 0.001)$; $* (P < 0.05)$]. 49
- 4.10** Internal browning (IB) incidence of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer (7 Mar 2016) and rainy (17 Oct 2016) seasons stored at 13°C for 7 and 14 days followed by 2 days at room temperature (RT). 50
- 4.11.** Polyphenol oxidase (PPO) (A), peroxidase (POD) (B) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) (C) activities of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [$** (P < 0.001)$; $* (P < 0.05)$]. 51
- 4.12** Lipoxygenase (LOX) activity (A) and malondialdehyde (MDA) content (B) of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [$** (P < 0.001)$; $* (P < 0.05)$]. 52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งกินสดและแปรรูป เป็นที่นิยมรับประทานเนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีและกลิ่นหอม ในปี 2004 ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตสับปะรดมากที่สุด (FAO, 2005) ถึงแม้ประเทศไทยจะมีการผลิตสับปะรดมากที่สุดแต่มีการส่งออกอยู่ในรูปกระป๋อง (Bartholomew et al., 2002) ผลสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น ทำให้มีการส่งออกในรูปผลสดต่ำ เนื่องจากเกิด ไล้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Abdullan et al., 1985) และเมื่อเก็บรักษาจะเกิดอาการอ่อนแอต่อเชื้อราและเกิดกลิ่นผิดปกติ (Rohrbach and Johnson, 2003) อาการไล้สีน้ำตาล (internal browning, blackheart) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส (Dull, 1971) เกิดอาการไล้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (Siriphanich et al., 2005) และเกิดไล้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 8, 13 และ 15 องศาเซลเซียส ในสับปะรดกลุ่ม Queen (Youryon et al., 2008) มีรายงานการหาวิธีการป้องกันและยับยั้งการเกิดไล้สีน้ำตาล การใช้ 1-methylcyclopropene การเคลือบผิว การใช้น้ำร้อน การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Rohrbach and paull, 1982 ; Selvarajah and Herath, 1997; Selvarajah et al., 2001) ยังไม่สามารถป้องกันการเกิดไล้สีน้ำตาลได้ มีการใช้แคลเซียมทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวสามารถลดอาการผิดปกติและยืดอายุการเก็บรักษาในผลไม้ (Conway et al, 1994) มีรายงานวิจัยการใช้แคลเซียมในรูปแบบต่างๆพบว่าทำให้ $CaCl_2$ ก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการเคลือบผิวสามารถลดอาการเกิดไล้สีน้ำตาลได้ผลร้อยละ 80 (Hewajulige et al., 2006) เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.18 M และให้ซึมผ่านผลภายใต้สภาพแบบสุญญากาศที่ความดัน 30 kPa ไม่สามารถลดการเกิดไล้สีน้ำตาลได้ในสับปะรด Smooth Cayenne และ 73-50 ส่วน Gold (MD2) เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อการเกิดไล้สีน้ำตาล (Youryon et al., 2010) การใช้แคลเซียมคลอไรด์แช่ก้านผลหลังการเก็บเกี่ยวใช้ได้ผลดีกับสับปะรดที่นำมาจากสวนโดยตรงแต่ไม่ได้ผลเมื่อใช้กับสับปะรดที่นำมาจากตลาดไท (Youryon et al., 2013) สับปะรดพันธุ์สวี (กลุ่ม Queen) แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ลดอาการได้ (Youryon and Wang-Aree., 2514) จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าแคลเซียมให้ผลต่างกันให้ผลทั้งลดและยับยั้งไม่ให้เกิดอาการ และนอกจากนี้มีการลดการเกิดสีน้ำตาลหรืออาการผิดปกติในผลไม้ เช่น การใช้แคลเซียมเพื่อลดอาการผิดปกติแอปเปิล (Lo'tze et al., 2008) ใช้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสในผลมะละกอ (Madani et al., 2014) การใช้โบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวลดการเกิดสีน้ำตาลในสาส์พันธุ์ 'Conference' (Xuan et al., 2001) ลดการเน่าในผลท้อ (Thomides and Exadaktylou., 2010) ลดอาการผิดปกติในมังคุดเมื่อใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอน (Poovarodom and Boonpland., 2010) การใช้ salicylic acid ก่อนการเก็บเกี่ยวในสับปะรดและพีชอื่น (Lu et al. 2011) potassium สับปะรด (Soates et al., 2005) Calcium gluconate ในสตอร์เบอร์รี่ (Hernández-Muñoz et al., 2006) และ ascorbic acid ในสับปะรดตัดแต่ง (Gonzalez-Aguilar et al., 2005) ดังนั้นงานทดลองนี้จะศึกษาการให้แคลเซียมกับธาตุอื่นและกรดอินทรีย์ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดการเกิดสื่อน้ำตาลในสับปะรดทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาการลดการเกิดสื่อน้ำตาลในสับปะรดสวี กลุ่ม 'Queen' อ่อนแอต่อการเกิดสื่อน้ำตาล ในพื้นที่จังหวัดชุมพร โดยจะทำการศึกษาหาวิธีการลดการเกิดสื่อน้ำตาลทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในสับปะรด

1.4 สมมติฐานงานวิจัย

สับปะรดเป็นผลไม้ในเขตร้อนที่ไม่สามารถรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำได้ เนื่องจากเกิดอาการสื่อน้ำตาล ซึ่งการเกิดสื่อน้ำตาลเริ่มจากบริเวณขอบเปลือกก่อนที่จะกระจายไปทั่วไส้และเนื้อที่บริเวณขอบเปลือก (Youryon et al., 2008) เนื้อเยื่อบริเวณไส้มีความอ่อนแอต่อการเกิดสื่อน้ำตาลมากกว่าบริเวณเนื้อและมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าบริเวณเนื้อ การให้ธาตุแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ทำให้เซลล์แข็งแรง (Gilroy et al., 1987) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บเกี่ยวเหมาะสมต่อการลดการเกิดสื่อน้ำตาลในสับปะรดสวีและพบว่าปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นในไส้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Youryon and Wangs-Aree., 2014) แต่จากงานทดลองการใช้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวทั้งให้ทางดินและการฉีดพ่นไม่สามารถลดการเกิดสื่อน้ำตาลได้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจะเป็นการต่อยอดงานวิจัยโดยเปรียบเทียบการใช้แคลเซียมกับธาตุอาหารอื่นและกรดอินทรีย์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รับวิธีการที่เหมาะสมในการลดและ/หรือยับยั้งการเกิดสื่อน้ำตาลในสับปะรดระหว่างการเก็บรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อประโยชน์ในการส่งออกผลสับปะรดสดไปต่างประเทศ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

สับปะรดจัดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีการสังเคราะห์แสงแบบ Crassulacean acid metabolism (CAM) ปากใบจะเปิดในเวลากลางคืนและปิดในเวลากลางวัน เป็นส่วนใหญ่ทำให้ลดการสูญเสียน้ำจากคายน้ำได้มาก (Taiz and Zeiger, 1998) สับปะรดเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ดีในเขตร้อนเนื่องจากสับปะรดเป็นพืชไม่สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำจนถึงจุดน้ำค้างแข็งได้ พื้นที่ที่มีการสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการปลูกคือบริเวณใกล้ชายทะเลซึ่งมีระดับอุณหภูมิและความชื้นไม่แปรปรวนมากนัก ไม่ร้อนจัด ไม่หนาวจัด หรือบริเวณที่มีระดับสูงจากระดับน้ำทะเลมาก (Barthomew and Kadzimin, 1977)

2.1 พันธุ์สับปะรดในประเทศไทย

พันธุ์สับปะรดที่ปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปอาจมีแบ่งออกได้ 5 กลุ่ม ตามรูปร่างลักษณะของใบและผล คือ Cayenne, Queen, Spanish, Pernambuco และ Mordilona สำหรับพันธุ์สับปะรดที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยมีเพียง 3 กลุ่ม (จารุพันธุ์ 2526 จินดารัฐ 2541)

1. กลุ่ม Smooth Cayenne เป็นกลุ่มที่นิยมมากที่สุด มีลักษณะขอบใบเรียบมีหนามเพียงเล็กน้อยที่ส่วนปลายใบ ผลมีขนาดประมาณ 1.0-2.5 กิโลกรัม เมื่อใกล้เก็บเกี่ยวเปลือกผลจะมีสีเขียวเข้ม และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อผลสุก เนื้อมีเยื่อใยปานกลาง มีกรดและน้ำตาลค่อนข้างสูง สับปะรดในกลุ่มนี้คือ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์ศรีราชา และพันธุ์นางแล

2. กลุ่ม Queen ขนาดผลเล็กกว่ากลุ่มแรกเล็กน้อยขอบใบมีหนามเรียงชิดติดกันตลอดความยาวใบ ผลมีขนาดประมาณ 0.5 -1 กิโลกรัม ตาค่อนข้างนูนเปลือกหนา เมื่อสุกเปลือกผลจะมีสีเหลืองเนื้อข้างในมีสีเหลืองเข้มรสหวานกรอบมีเยื่อใยน้อย และมีกลิ่นหอม สับปะรดในกลุ่มนี้คือ พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์สวี พันธุ์ตราดสีทอง และพันธุ์ภูแล

3. กลุ่ม Spanish ใบบางกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ขอบใบมีหนามแหลมรูปโค้งงอ ตานูนขนาดตาใหญ่กว่าพวก Smooth Cayenne เนื้อข้างในมีสีเหลืองจางและมีปริมาณเยื่อใยสูง แกนผลเหนียวกลืนและรสชาติแตกต่างจากสองกลุ่มแรก สับปะรดในกลุ่มนี้คือ พันธุ์อินทรชิตขาว และพันธุ์อินทรชิตแดง (จินดารัฐ, 2541; Popluechai et al., 2007)

2.2 สัณฐานวิทยาของสับปะรด (Morphology of pineapple)

สับปะรดที่ปลูกโดยทั่วไปจะใช้ส่วนของลำต้นคือ จุก (crown) หน่อ (sucker) และตะเกียง (slip) เป็นส่วนขยายพันธุ์ อายุการให้ผลของสับปะรดในประเทศไทยถ้าปลูกจากจุกจะใช้เวลาประมาณ 15-20 เดือน ผลสับปะรดนั้นพัฒนามาจากช่อดอกที่เกิดขึ้นที่ปลายยอดของลำต้น เมื่อผลเริ่มพัฒนาไปได้ ระยะหนึ่งตาที่อยู่ตามมุมใบของลำต้น จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่อ หลังจากเก็บเกี่ยวสับปะรดจากต้นแม่ (plant crop) ไปแล้ว ต้นสับปะรดต้นเดิมก็จะเสื่อมโทรมไป หน่อที่เจริญมาจากตาตามมุมใบก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นสับปะรดต้นใหม่ เรียกว่า สับปะรดหน่อรุ่นแรก (first ratoon) ซึ่งเมื่อให้ผลแล้วตาบริเวณมุมใบของหน่อรุ่นแรกก็เจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก เรียกว่า สับปะรดหน่อรุ่นที่สอง (second ratoon) การเกิดต้นใหม่ทดแทนกันเช่นนี้ จะดำเนินไปได้หลายรอบ ถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต (จินดารัฐ, 2541)

รากเป็นระยะรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยรากถาวรจำนวนมาก (adventitious root) รากที่เจริญมาจากลำต้นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน เรียกว่า รากดิน (soil root) มักกระจายอยู่บริเวณผิวดินตื้นๆ ภายในพุ่มใบของต้นสับปะรด รากที่เกิดตามมุมใบบนส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือผิวดิน เรียกว่า รากมุมใบ (axillary root) มักจะเกิดเวียนอยู่รอบลำต้นตามมุมใบซึ่งอาจช่วยดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารให้สับปะรดได้ในบางโอกาสที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมแต่ในสภาพปกติรากเหล่านี้จะมีสารชูเบอร์รินสะสมอยู่และอยู่ในสภาพพักตัว

ลำต้น

ลำต้นมีลักษณะสั้นและหนาคล้ายกระบอก ยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร ส่วนที่กว้างที่สุดกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร ลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินมักจะตั้งตรง ส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินจะโค้งเล็กน้อย ตามลำต้นจะมีลักษณะเป็นข้อและปล้องสั้นๆ ตามรอยต่อของใบที่หลุดออกไปจากลำต้น (leaf scar) ช่วงของปล้องยาวประมาณ 2-5 มิลลิเมตร ตามมุมใบตาซึ่งจะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่อได้ หน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดิน เรียกว่า หน่อข้างหรือหน่ออากาศ (shoot หรือ air sucker) ส่วนหน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่ระดับผิวดินหรือใต้ดิน เรียกว่า หน่อดิน (ground sucker)

ใบ

ใบมีลักษณะเรียวยาวและเป็นร่องโค้ง ซึ่งช่วยให้ใบสับปะรดมีความแข็งแรงและทนทานต่อการหักพับตีเป็นพิเศษ การเรียงตัวของใบเป็นแบบเวียนรอบลำต้น มีรอบการเรียงตัว (phyllotaxy) เท่ากับ 5/13 ลักษณะของใบที่เรียวยาวเป็นร่องโค้งและเรียงตัวเวียนรอบลำต้นแบบนี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย เนื่องจากละอองฝนหรือน้ำค้างที่ตกลงมาสัมผัสกับพุ่มใบจะถูกรวบรวมมาไว้ที่โคนต้นให้รากลำนำไปใช้ประโยชน์ได้

ช่อดอก

ช่อดอกของสับปะรดในปัจจุบัน มีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษที่มีช่อดอกแบบ raceme ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ดอกย่อยและ bract เชื่อมติดกันจนเกือบสมบูรณ์ และอยู่รวมกันบนแกนกลางของช่อดอก ช่อดอกแต่ละช่อมีดอกย่อยประมาณ 100-200 ดอก แกนกลางของช่อดอกเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากก้านช่อดอก ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดเดิมของต้นสับปะรด ดอกย่อยหรือผลย่อย (fruit let) จัดเรียงตัวแบบเวียนรอบแกนกลางของช่อดอก ดอกย่อยแต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีส่วนประกอบต่างๆ bract 1 อัน กลีบเลี้ยง 3 กลีบ เกสรตัวผู้ 6 อัน เรียงเป็นวงละ 3 อัน และมีรังไข่ 1 อัน แบ่งเป็น 3 ช่อง (locules) เกสรตัวเมียยาวกว่าเกสรตัวผู้เล็กน้อย รูปร่างของกลีบดอกเป็นแบบยาวรี (ligule) ยาวประมาณ 16 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร ส่วนของดอกหลังจากบานแล้วจะไม่หลุดร่วงไป

ผล

การพัฒนาของผลเกิดโดยไม่ต้องมีการผสมเกสร (parthenocarpy) ส่วนการผสมตัวเองเกิดขึ้นไม่ได้ เนื่องจากหลอดเกสรตัวผู้ (pollen tube) ในดอกของสับปะรดพันธุ์เดียวกันไม่สามารถเจริญผ่านก้านเกสรตัวเมียไปจนถึงรังไข่ได้ ผลสับปะรดเป็นแบบผลรวม (multiple fruit) เกิดจากการเชื่อมติดกันของรังไข่ และส่วนประกอบของดอกย่อยที่เรียงตัวอยู่ติดกันอยู่บนแกนกลางของช่อดอกถ้าผลมีขนาดใหญ่จะมีรูปร่างแบบกรวย (conical) คือ ส่วนโคนผลกว้างกว่าปลายผล หากผลมีความกว้างใกล้เคียงกัน และ

ผลมีขนาดเล็กมักจะมีรูปร่างแบบทรงกลม (spherical) คือ ส่วนกลางผลมีความกว้างมากกว่าส่วนโคนผล และปลายผล ความยาวของผลใกล้เคียงกับความกว้าง (จินดารัฐ, 2541)

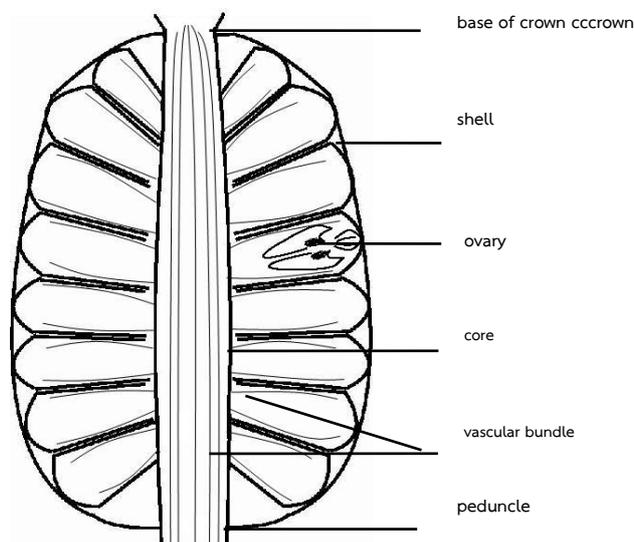


Figure 2.1 Morphological structure of pineapple fruit. (Youryon, 2011)

2.3 อาการไส้สีน้ำตาล

อาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด(internal browning หรือ endogenous brown spot หรือ black heart) เป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้ผลไม่เกิดความเสียหายและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลไม้ที่เกิดอันตรายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำส่วนใหญ่มิถันกำเนิดในเขตร้อนเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 องศาเซลเซียส เช่น มะม่วง กล้วย มะละกอ ฝรั่ง (จริงแท้, 2541) สับปะรด (Paull and Rohrbach, 1985) และเกิดในพืชเมืองหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0-2 องศาเซลเซียส ลักษณะอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมีหลายลักษณะ เช่น ผิวหรือเนื้อของผลิตผลเกิดรอยแผลเป็นสีน้ำตาลหรือดำ และอาจเกิดรอยบวมด้วยเนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นตายไป อาการไส้สีน้ำตาลพบได้ทั้งในสับปะรดและผักผลไม้หลายชนิด เช่น มันฝรั่ง สาเล่ ในสับปะรดจะแสดงอาการการเกิดไส้สีน้ำตาลเริ่มจากบริเวณขอบเปลือกก่อนที่จะกระจายไปทั่วไส้และเนื้อที่บริเวณขอบไส้ แล้วค่อยๆขยายรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลขนาดใหญ่ขึ้น (Kader, 1996 ; Youryon et al., 2008) อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาสับปะรดกลุ่ม Smooth Cayenne ที่มีผลสีเขียวควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7-12 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 14-20 วัน (Paull, 1993) แต่ในกลุ่ม Queen เกิดเกิดไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 8 13 และ 15 องศาเซลเซียส เมื่ออายุการเก็บรักษา 7 วัน (Youryon et al., 2008) สับปะรดในกลุ่ม Smooth Cayenne ระยะการสุก 35-70 เปอร์เซ็นต์เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เกิดอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงกว่าระยะสีเขียว (Soares et al., 2005) ผลสีเขียวทั้งกลุ่ม Smooth Cayenne และ Queen ที่ปลูกในประเทศศรีลังกาเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าผลที่สุก Weerahewa and

Adikaram, (2005) ซึ่งแตกต่างในรายงานของ Zhou et al (2003) ผลสุกแก่ (mature)แสดงอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงกว่าระยะอ่อนและสุกงอม และนอกพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่เกี่ยวกับการเกิดสีน้ำตาล เอนไซม์ดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับระดับความรุนแรงของการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลและในผลสับปะรดที่แกมกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงกว่าในผลอ่อนและผลสุกงอม

2.4 การลดการเกิดสีน้ำตาลสับปะรดและผลไม้อื่นๆ

การใช้แคลเซียมกับผลิตผลทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมีผลลดการผิปกติและยืดอายุการเก็บรักษา(Conway and Sames, 1983 ; Ferguson,1984) เนื่องจากแคลเซียมเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ทำให้ควบคุมการผ่านเข้าออกของเซลล์ (Gilroy et al 1987) สับปะรดกลุ่ม Smooth Cayenne ('Kew') และกลุ่ม Queen ('Mauritius') มีปริมาณแคลเซียมในเนื้อใกล้เคียงมากกว่าแกนผล (Hewajulige et al., 2003) และมีการใช้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการเคลือบผิวได้ผลร้อยละ 80 (Hewajulige et al., 2006) อย่างไรก็ตามมีการใช้แคลเซียมกับสับปะรดโดยวิธีการ Vacuum infiltration ในสับปะรดพันธุ์ 'Gold' '73-50' และ 'Gold' อยู่ในกลุ่ม Smooth Cayenne ไม่สามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลได้ (Youryon et al., 2012) จากการทดลองให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.18 M ผ่านทางก้านผล 3 วันก่อนห่อหุ้มเก็บรักษา สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ในผลิตผลที่นำมาจากสวนโดยตรง แต่ลดอาการได้ไม่ดีในผลที่ซื้อมาจากตลาดไท (Youryon et al., 2013)

การใช้โบรอนในสาสีพันธุ์ 'Conference' ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (Xuan et al., 2001) ในมังคุดสามารถการเกิดยางไหลและเป็นแก้วเมื่อใส่ยิปซัม 4 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ และโบรอน (Poovarodom and Boonpland., 2010)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลก่อนการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 3.1.1 ศึกษาผลชนิดของปุ๋ยและกรดอินทรีย์ต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล

ไถพรวนดินเตรียมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์สวี ระยะปลูกเป็นแถวเดี่ยว 50x150 เซนติเมตร กำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมีควบคุมในช่วงแรกและตัดหญ้าระหว่างการเจริญเติบโต วางแผนการทดลอง Completely random design (CRD) มีวิธีการให้ปุ๋ย 4 วิธีการ วิธีการละ 1,000 ต้น เมื่อผลถึงระยะที่เก็บเกี่ยวได้ (สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 2 แถว) วิธีการละ 100 ผล นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกมาที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน แล้วผ่าตามยาวเพื่อดูการเกิดไส้สีน้ำตาล

วิธีการ

- 1) Control ให้ปุ๋ยตามปกติ
- 2) Calcium chloride 2 เปอร์เซ็นต์ ฉีดพ่นที่ผลก่อนเก็บเกี่ยว จำนวน 4 ครั้ง (หลังบังคับออกดอกเดือนที่ 2 3 4 และ 5)
- 3) Potassium K_2O 20 กรัมต่อต้น จำนวน 4 ครั้งหลังปลูก
- 4) Salicylic acid 2 mM ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์

การบันทึกผล

- 1) การเจริญเติบโตของสับปะรด D-leaves และน้ำหนักผล
- 2) การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษา (คะแนน) ตัดแปลงจาก Teisson, 1979
0=เนื้อผลปกติ
1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50
4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75
5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75
- 3) ปริมาณ (Total soluble solid) TSS จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 4) ปริมาณ (Titratable acidity) TA จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 5) ปริมาณวิตามินซี ตามวิธี (AOAC, 1999) จำนวน 10 ซ้ำ
- 6) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012) ในส่วนของไส้ จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 7) ปริมาณธาตุ Ca ไส้และเนื้อสับปะรด โดยวิธีการย่อยแบบเปียก (wet digestion) ตามวิธีของ (AOAC, 2000) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณแคลเซียม ด้วย atomic absorption spectrophotometry

- 8) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977) ในส่วนระหว่างไส้กับเนื้อ
- 9) กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000) ในส่วนระหว่างไส้กับเนื้อ
- 10) กิจกรรมของ POD ดัดแปลงจาก
- 11) กิจกรรมของ SOD ดัดแปลงจาก
- 12) กิจกรรมของ CAT ดัดแปลงจาก

การทดลองที่ 3.1.2 ศึกษาผลของแคลเซียมและโบรอนต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล

ไถพรวนดินเตรียมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์สวี ระยะปลูกเป็นแถวเดี่ยว 50x150 เซนติเมตร กำจัดวัชพืช โดยการใช้สารเคมีควบคุมในช่วงแรกและตัดหญ้าระหว่างการเจริญเติบโต วางแผนการทดลอง completely random design (CRD) มีวิธีการให้ปุ๋ย 6 วิธีการ แคลเซียมทางดินใส่ก่อนการปลูก ส่วนวิธีการฉีดพ่นแคลเซียมและโบรอนหลังจากการบังคับการออกดอกหนึ่งเดือน คือเดือนที่ 2 3 4 และ เดือนที่ 5 เมื่อผลถึงระยะที่เก็บเกี่ยวได้ (สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 2 แถว) วิธีการละ 100 ผล นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกมาที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน แล้วผ่าตามยาวเพื่อดูการเกิดไส้สีน้ำตาล

วิธีการให้ปุ๋ย วิธีการละ 1,000 ต้น

- 1) Control
- 2) Calcium ทางดิน ยิปซัม 100 กิโลกรัม/ไร่
- 3) โบรอน 0.25 % จำนวน 4 ครั้งก่อนการเก็บเกี่ยว
- 4) Calcium ทางดิน (ยิปซัม 100 กิโลกรัม/ไร่) + Calcium chloride 2 เปอร์เซ็นต์ ฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว จำนวน 4 ครั้งก่อนการเก็บเกี่ยว
- 5) Calcium ทางดิน (ยิปซัม 100 กิโลกรัม/ไร่) + Calcium chloride 2 เปอร์เซ็นต์ + โบรอน 0.25 % จำนวน 4 ครั้ง ฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยว
- 6) Calcium ทางดิน (ยิปซัม 100 กิโลกรัม/ไร่) + โบรอน 0.25 เปอร์เซ็นต์ ฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว จำนวน 4 ครั้ง

การบันทึกผล

- 1) การเจริญเติบโตของสับปะรด D-leaves และน้ำหนักผล
- 2) การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษา (คะแนน) ดัดแปลงจาก Teisson, 1979
 - 0=เนื้อผลปกติ
 - 1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
 - 2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
 - 3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50
 - 4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75

5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75

- 3) ปริมาณ (Total soluble solid) TSS จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 4) ปริมาณ (Titratable acidity) TA จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 5) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012) ในส่วนของไส้ จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 6) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977) ในส่วนของไส้และเนื้อ
- 7) กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000) ในส่วนของไส้และเนื้อ
- 8) ปริมาณธาตุ Ca ไส้และเนื้อสับปะรด โดยวิธีการย่อยแบบเปียก (wet digestion) ตามวิธีของ (AOAC, 2000) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณแคลเซียม ด้วย atomic absorption spectrophotometry

การทดลองที่ 3.1.3 ศึกษาผลของปุ๋ยร่วมกับการให้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยว

ผลสับปะรดจากการทดลอง 1.1 และ 1.2 ทุกวิธีการ วิธีการละ 100 ผล (จำนวน 10 ซ้ำๆ ละ 10 ผล) ตัดจุกและแช่ก้านสับปะรดด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วันแล้วย้ายเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน บันทึกผลการทดลองภายหลังการเก็บรักษา ดังนี้

- 1) อาการไส้สีน้ำตาล โดยให้เป็นคะแนน ตามระดับคะแนนของ Teisson, 1979
 - 0=เนื้อผลปกติ
 - 1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
 - 2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
 - 3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50
 - 4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75
 - 5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75
- 2) อัตราการดูดสารละลายของสับปะรด
- 3) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012) ในส่วนของไส้ จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 4) ปริมาณธาตุ Ca ไส้และเนื้อสับปะรด โดยวิธีการย่อยแบบเปียก (wet digestion) ตามวิธีของ (AOAC, 2000) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณแคลเซียม ด้วย atomic absorption spectrophotometry

- 5) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977) ในส่วนของไส้และเนื้อ
- 6) กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000) ในส่วนของไส้และเนื้อ

3.2. การศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว

การทดลอง 3.2.1 ระยะเวลาการสุกต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล

สับประรดพันธุ์สวีที่ระยะการสุกต่างกัน 4 ระยะ โดยซื้อจากสวน อำเภอสวี จังหวัดชุมพร โดยวางแผนการทดลอง Completely random design (CRD) ระยะเวลาการสุกสับประรด 4 ระยะ จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล เก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกที่ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน บันทึกผลอาการไส้สีน้ำตาล โดยให้เป็นคะแนน ตามระดับคะแนนของ Teisson, 1979

ระยะเวลาการสุกสับประรด

เปลือกสีเขียวทั้งผล

เปลือกสีเหลือง 2 แถว

เปลือกสีเหลือง ครึ่งผล

เปลือกสีเหลืองทั้งผล

การบันทึกผล

- 1) การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษา (คะแนน) ดัดแปลงจาก Teisson, 1979

0=เนื้อผลปกติ

1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10

2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25

3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50

4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75

5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75

- 2) ปริมาณ (Total soluble solid) TSS

- 3) ปริมาณ (Titratable acidity) TA

- 4) ปริมาณวิตามินซี ตามวิธี AOAC, 1999

การทดลอง 3.2.2 ศึกษาการใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาลในสับประรด

ผลสับประรดระยะเปลี่ยนสีสองแถว วางแผนการทดลอง Completely random design (CRD) ใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาล 6วิธีการ จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล (วิธีการละ 50 ผล) โดยวิธีการจุ่มก้านสับประรดเป็นเวลา 2 วัน นำไปเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกที่ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน

วิธีการ

control
 Calcium chloride 2 เปอร์เซ็นต์
 Calcium gluconat 2 เปอร์เซ็นต์
 Salicylic acid 2mM
 Ascorbic acid 0.1M

การบันทึกผล

- 1) อาการไส้สีน้ำตาล โดยให้เป็นคะแนน ตามระดับคะแนนของ Teisson, 1979
 - 0=เนื้อผลปกติ
 - 1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
 - 2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
 - 3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50
 - 4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75
 - 5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75
- 2) อัตราการดูดสารละลายของสับปะรด
- 3) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012) ในส่วนของไส้ จำนวน 10 ซ้ำ ก่อนและหลังการเก็บรักษา
- 4) ปริมาณธาตุ Ca ไส้และเนื้อสับปะรด โดยวิธีการย่อยแบบเปียก (wet digestion) ตามวิธีของ (AOAC, 2000) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณแคลเซียม ด้วย atomic absorption spectrophotometry
- 5) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977) ในส่วนของไส้และเนื้อ
- 6) กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000) ในส่วนของไส้และเนื้อ
- 7) ปริมาณวิตามินซี ตามวิธี (AOAC, 1999)

การทดลองที่ 3.2.3 ศึกษาผลของฤดูกาลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล

สับปะรดพันธุ์สวี ตำบลทุ่งระยง อำเภอสวี จังหวัดชุมพร วางแผนการทดลอง Factorial in completely random design (Factorial in CRD) ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ น้ำจุ่มแช่ก้านสับปะรดเป็นเวลา 3 วัน และชุดควบคุม นำไปเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกที่ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 วัน

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว

กุมภาพันธ์ ฤดูร้อน

มิถุนายน ต้นฤดูฝน

ตุลาคม ฤดูฝน

การบันทึกผล

- 1) อาการไส้สีน้ำตาล โดยให้เป็นคะแนน ตามระดับคะแนนของ Teisson, 1979
 - 0=เนื้อผลปกติ
 - 1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
 - 2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
 - 3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50
 - 4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75
 - 5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75
- 2) อัตราการดูดสารละลายของสับปะรด
- 3) อาการฉ่ำน้ำโดยนับจำนวนผลที่มีลักษณะเนื้อฉ่ำน้ำเทียบเป็นร้อยละกับเนื้อปกติ
- 4) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012)
- 5) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977)
- 6) กิจกรรมของ PPO ดัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000)

การทดลองที่ 3.2.4 ศึกษาพื้นที่ปลูกต่อการการเกิดสีน้ำตาล

เลือกสารที่ลดการเกิดสีน้ำตาลที่ได้ผลดีที่สุด วางแผนการทดลอง 2x2 Factorial in completely random design (Factorial in CRD) โดยใช้สับปะรด 2 พื้นที่ อำเภอสวีและอำเภอบะพิว (จากการทดลองที่ 1) วิธีการการใช้สารเลือกวิธีการที่ดีที่สุดจากการทดลอง 2.2 แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายออกที่ 25 องศาเซลเซียส 3 วัน

สับปะรด

1. พันธุ์สวีปลูกในพื้นที่ ต.ทุ่งระยะ อ.สวี จ.ชุมพร
2. พันธุ์สวีปลูกในพื้นที่ ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร

วิธีการใช้สาร

1. control
2. จุ่มก้านผล 3 วัน

การบันทึกผล

- 1) อาการไส้สีน้ำตาล โดยให้เป็นคะแนน ตามระดับคะแนนของ Teisson, 1979
 - 0=เนื้อผลปกติ
 - 1=เนื้อผลแสดงอาการน้อยกว่าร้อยละ 10
 - 2=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 10-25
 - 3=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 25-50

4=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 50-75

5=เนื้อผลแสดงอาการมากกว่าร้อยละ 75

- 2) อัตราการดูดสารละลายของสับปะรด
- 3) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Leakage; EL) ตามวิธีการของ (Promyou et al., 2012)
- 4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1977)
- 5) กิจกรรมของ PPO ตัดแปลงจาก (Yang et al., 2000 ; Lichter et al., 2000)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาการลดไส้สีน้ำตาลก่อนการเก็บเกี่ยวสับปะรด

4.1.1 ผลการศึกษาผลชนิดของปุ๋ยและกรดอินทรีย์ต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล ค่าสีเนื้อ

ค่าสีเนื้อของเนื้อสับปะรด พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวค่าความสว่าง(L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ภายหลังเก็บรักษาที่ 7 วัน ค่า(L*)และค่า (b*) เพิ่มขึ้น และลดลง ภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน ซึ่งตลอดการเก็บรักษาพบว่า สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยกรด Salicylic(SA) มีค่า (L*)และค่า (b*) สูงกว่าทุกชุดการทดลอง เนื่องจาก SA มีส่วนช่วยในการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของสี ทำ ให้สีของสับปะรดคงสภาพเดิมไว้ได้ (Sayyari et al., 2011) (Table 1)

Table 4.1 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl₂ K₂O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Day 0				Day 7				Day14			
	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h
control	76.41	-3.42 ^b	31.99	96.22	83.59 ^b	-3.81	40.69 ^a	95.43 ^b	73.86	-1.99	32.15 ^{ab}	92.98
CaCl ₂	76.77	-3.58 ^b	30.58	96.79	79.95 ^a	-3.81	38.09 ^a	95.67 ^b	73.14	-2.58	32.29 ^{ab}	94.31
K ₂ O	76.53	-3.94 ^a	32.89	96.89	82.64 ^b	-4.17	37.68 ^b	96.48 ^a	71.58	-1.96	19.70 ^b	93.46
SA	77.45	-3.67 ^b	31.35	96.83	83.87 ^b	-4.14	41.12 ^a	95.90 ^{ab}	74.68	-2.07	33.54 ^a	93.22
F-test	ns	**	ns	ns	*	ns	**	**	ns	ns	*	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

ภายหลังการนำสับปะรดมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วง 7 วันแรก สับปะรดที่ให้ปุ๋ยในแต่ละชุดการทดลอง คณะกรรมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยสุด รองลงมาเป็น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2.)

Table 4.2 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl₂ K₂O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Internal browning (score)	
	Day7	Day14
control	1.25	2.56 ^a
CaCl ₂	1.71	3.06 ^a
K ₂ O	1.88	3.00 ^a
SA	1.06	1.59 ^b
F-test	ns	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Browning index (BI)

การวัดดัชนีความเป็นสีน้ำตาล พบว่าการให้ปุ๋ยก่อนการเก็บเกี่ยวมีผลต่อดัชนีความเป็นสีน้ำตาลของสับปะรด เนื่องจากปริมาณความเป็นสีน้ำตาลของสับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติ กับสับปะรดที่ให้ปุ๋ยสูตรอื่นๆ และเมื่อเก็บรักษาสับปะรดเป็นเวลา 7 วันพบว่าสับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ ยังคงมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันสับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ มีคะแนนต่ำสุดเช่นกัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl₂ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 4.3)

Table 4.3 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl₂ K₂O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Browning index (%)		
	Day0	Day7	Day14
control	0.47 ^b	0.36	0.57 ^b
CaCl ₂	0.41 ^a	0.34	0.46 ^{ab}
K ₂ O	0.47 ^b	0.39	0.57 ^b
SA	0.47 ^b	0.37	0.40 ^a
F-test	*	.ns	*

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

ปริมาณ Malondialdehyde

ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) พบว่าปริมาณ MDA ในสับประรดที่เก็บเกี่ยว สับประรดชุดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ และสับประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl_2 มีปริมาณ MDA ต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติ และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับประรดทุกชุดการทดลองมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับประรดชุดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีปริมาณ MDA ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย K_2O มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตามการให้ SA ลดการอาการเกิดไส้สีน้ำตาลมีความสัมพันธ์ปริมาณ MDA BI และ IB ที่ลดลง (Table 4)

Table 4.4 Malondialdehyde content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	MDA content (nmol g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
control	0.41 ^a	1.24 ^a	1.33 ^c
CaCl_2	0.41 ^a	1.37 ^{ab}	1.15 ^b
K_2O	0.61 ^b	1.64 ^c	0.61 ^a
SA	0.54 ^{ab}	1.52 ^b	0.50 ^a
F-test	*	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ (EL)

การวัดปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์หรือการเสื่อมสภาพของเซลล์ พบว่าในวันแรก สับประรดชุดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย K_2O และสับประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaCl_2 มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์สูงสุด มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และ 14 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองสับประรดมีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์สูงขึ้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม สับประรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ ยังคงมีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด (Table 5)

Table 4.5 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl₂ K₂O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Electrolyte leakage (%)		
	Day 0	Day7	Day14
control	32.32 ^a	50.88	52.11
CaCl ₂	40.61 ^b	55.68	56.29
K ₂ O	37.85 ^{ab}	64.34	62.66
SA	38.52 ^{ab}	54.95	57.63
F-test	*	ns	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

ปริมาณฟีนอล (phenolic content)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีปริมาณ ฟีนอลิกเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ย SA แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันพบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย K₂O ส่วนสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีปริมาณฟีนอลิกต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA ยังคงมีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย K₂O มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 4.6)

Table 4.6 Total phenolic content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl₂ K₂O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Phenolic content ($\mu\text{g GA g}^{-1}$ FW)		
	Day0	Day7	Day14
control	186.27	343.73 ^c	444.29 ^{ab}
CaCl ₂	168.53	390.79 ^b	431.49 ^b
K ₂ O	164.70	407.96 ^{ab}	435.89 ^{ab}
SA	180.27	425.27 ^a	463.46 ^a
F-test	ns	**	*

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรม PPO

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่า หลังการเก็บรักษาสัปดาห์เป็นเวลา 7 วัน กิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย CaCl_2 มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำสุด และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน กิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นทุกชุดการทดลอง สัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย SA มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 9.)

กิจกรรม POD

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD พบว่าหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงขึ้น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย SA มีค่าต่ำสุด รองลงมาเป็นสัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย CaCl_2 แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่า ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD น้อยกว่าสัปดาห์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีความแตกต่างทางสถิติ สัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย K_2O มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำสุด รองลงมาเป็นสัปดาห์สุดท้ายให้ปุ๋ยด้วย CaCl_2 (Table 4.10)

Table 4.7 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	PPO activity (Units g^{-1} FW)		
	Day 0	Day7	Day14
control	0.55 ^b	0.63 ^b	0.69
CaCl_2	0.50 ^a	0.52 ^b	0.72
K_2O	0.49 ^a	0.56 ^b	0.70
SA	0.56 ^b	0.57 ^a	0.68
F-test	**	**	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Table 4.8 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	G-POD activity (units g^{-1} FW)		
	Day0	Day7	Day14
control	2.68 ^b	2.81 ^b	2.12 ^{ab}
CaCl_2	2.40 ^a	2.77 ^b	2.00 ^a
K_2O	2.25 ^a	2.87 ^b	1.97 ^a
SA	2.51 ^{ab}	2.46 ^a	2.33 ^b
F-test	*	**	*

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรม CAT

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ CAT พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้น หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ชุดควบคุมมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็น CaCl_2 และ K_2O ตามลำดับ และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน กิจกรรมเอนไซม์ CAT ชุดควบคุมยังคงมีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดชุดที่แช่ K_2O

กิจกรรม LOX

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ LOX พบว่า หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน กิจกรรมเอนไซม์ LOX ลดลง โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด รองลงมาเป็น K_2O แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Table 4.9 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	CAT activity (Units g^{-1} FW)		
	Day0	Day7	Day14
control	72.09 ^c	82.43 ^a	84.23 ^a
CaCl_2	72.81 ^{bc}	81.37 ^{ab}	82.52 ^b
K_2O	73.59 ^{ab}	81.19 ^{ab}	84.15 ^a
SA	74.61 ^a	80.31 ^b	82.66 ^b
F-test	**	*	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Table 4.10 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with CaCl_2 K_2O and SA for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	LOX activity (Units g^{-1} FW)		
	Day0	Day7	Day14
control	55.09	55.23 ^{ab}	58.46
CaCl_2	58.67	56.23 ^a	58.27
K_2O	59.47	54.91 ^{ab}	59.08
SA	59.38	52.92 ^b	59.36
F-test	ns	*	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

4.1.2 การศึกษาผลของแคลเซียมและโบรอนต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล

ค่าสี

การวัดค่าสีเนื้อ พบว่าค่าความสว่าง(L*) มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ค่า (L*) สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีค่าความสว่างสูงสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าค่า (L*) มีค่าลดลงทุกชุดการทดลอง สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีค่าต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ค่า (L*) มีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และพบค่าสีเหลือง(b*) มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีค่าต่ำสุด ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันและ 14 วัน (Table 4.11)

Table 4.11 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Day 0				Day 7				Day14			
	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h
Control	77.38 ^a	-3.78 ^c	32.46 ^{bc}	96.74 ^a	67.38 ^b	-2.31	32.57 ^b	93.97 ^b	56.80	-1.73	27.59 ^b	93.58
Boron	74.46 ^b	-3.73 ^c	34.47 ^a	96.30 ^{ab}	72.73 ^a	-2.86	35.29 ^a	94.67 ^{ab}	68.65	-2.14	34.68 ^a	93.49
CaSO ₄	76.31 ^{ab}	-3.67 ^{bc}	33.56 ^{abc}	96.35 ^{ab}	73.28 ^a	-2.93	35.54 ^a	94.82 ^{ab}	64.34	-1.90	34.25 ^a	93.08
CaSO ₄ +CaCl ₂	76.89 ^a	-3.71 ^c	32.12 ^c	96.61 ^{ab}	72.04 ^{ab}	-3.05	32.91 ^c	94.92 ^{ab}	66.42	-2.12	33.61 ^{ab}	93.88
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	74.56 ^b	-3.22 ^a	34.03 ^{ab}	95.50 ^c	70.14 ^{ab}	-3.11	32.49 ^{bc}	95.47 ^a	67.92	-1.85	32.51 ^{ab}	93.27
CaSO ₄ +B	75.61 ^{ab}	-3.36 ^{ab}	33.05 ^{abc}	95.88 ^{bc}	72.94 ^a	-3.08	33.52 ^b	95.38 ^a	68.83	-1.85	33.99 ^{ab}	93.14
F-test	**	**	*	**	*	ns	**	*	ns	ns	*	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

ภายหลังจากการนำสับปะรดมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยสูตร Boron และสูตร CaSO₄ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยสูตร CaSO₄+B และ สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลสูงสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันสับปะรดทุกชุดการทดลองมีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้น พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยสูตร CaSO₄+CaCl₂ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำสุด และสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 4.12)

Browning index (BI)

การวัดดัชนีความเป็นสีน้ำตาล พบว่าภายหลังจากการเก็บรักษา สับปะรดมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron หลังการเก็บเกี่ยวมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B และสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+ CaCl₂มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B และภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B มีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron, CaSO₄+ CaCl₂ และ CaSO₄+CaCl₂+B (Table 4.13)

Table 4.12 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Internal browning (score)	
	Day7	Day14
Control	2.2 ^c	4.27
Boron	0.88 ^a	2.33
CaSO ₄	0.88 ^a	2.91
CaSO ₄ +CaCl ₂	1.13 ^b	2.09
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	1.86 ^{bc}	2.95
CaSO ₄ +B	0.95 ^{ab}	2.61
F-test	*	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Table 4.13 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Browning index (%)		
	Day0	Day7	Day14
Control	0.59 ^a	0.87 ^d	0.81 ^b
Boron	0.58 ^a	0.67 ^{bc}	0.58 ^a
CaSO ₄	0.68 ^a	0.72 ^a	0.79 ^b
CaSO ₄ +CaCl ₂	0.65 ^a	0.52 ^a	0.59 ^a
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	0.59 ^a	0.58 ^{ab}	0.59 ^a
CaSO ₄ +B	0.60 ^a	0.62 ^{abc}	0.50 ^a
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

ปริมาณ Malondialdehyde

ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันและ 14 วัน พบว่า สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron มีปริมาณ MDA สูงสุด และสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂ มีปริมาณ MDA ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄ ซึ่งมีความสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล และดัชนีความเป็นสีน้ำตาลซึ่งมีค่าต่ำสุด (Table 4.14)

Table 4.14 MDA content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	MDA content (nmol g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	0.85	0.87 ^{ab}	0.56 ^a
Boron	0.83	0.96 ^b	0.82 ^c
CaSO ₄	0.75	0.86 ^{ab}	0.53 ^a
CaSO ₄ + CaCl ₂	0.75	0.76 ^a	0.49 ^a
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	1.11	0.81 ^{ab}	0.65 ^b
CaSO ₄ +B	0.72	0.86 ^{ab}	0.56 ^a
F-test	ns	*	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

การวัดปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์หรือการเสื่อมสภาพของเซลล์ พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์สูงขึ้น ตลอดการเก็บรักษา โดยในวันแรกสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron มีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron ยังคงมีปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดการเก็บรักษา (Table 4.15)

Table 4.15 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Electrolyte leakage (%)		
	Day0	Day7	Day14
Control	36.72	43.13	46.70
Boron	38.33	39.29	59.25
CaSO ₄	40.82	39.68	55.69
CaSO ₄ + CaCl ₂	40.52	45.83	55.31
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	45.17	46.66	53.70
CaSO ₄ +B	45.17	46.56	49.75
F-test	ns	ns	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Phenolic content

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอล พบว่ามีปริมาณฟีนอลลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันและ 14 วัน สับปะรดที่ให้ ปุ๋ยด้วย Boron มีปริมาณฟีนอลสูงสุด รองลงมาเป็น $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมี นัยสำคัญยิ่ง (Table 4.16)

Table 4.16 Total phenolic content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Phenolic content ($\mu\text{g GA g}^{-1}$ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	398.77 ^b	392.89 ^{ab}	291.74 ^b
Boron	444.62 ^a	413.55 ^a	404.44 ^a
CaSO_4	407.08 ^b	389.81 ^{ab}	306.17 ^b
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2$	391.14 ^b	378.59 ^{bc}	298.85 ^b
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$	396.22 ^b	400.58 ^{ab}	308.19 ^b
CaSO_4+B	404.22 ^b	354.32 ^c	289.09 ^b
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) พบว่าในวันแรกสับปะรดที่ให้ปุ๋ย ด้วย Boron มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สูงสุด แต่ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดมีปริมาณ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้น โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$ มีปริมาณสูงสุด รองลงมาเป็น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO_4 มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ลดลง สับปะรดที่เก็บรักษาด้วย Boron มีปริมาณสูงสุด รองลงมาเป็น $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2$ มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.17)

Table 4.17 Antioxidant capacity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	Antioxidant capacity (μmol TE g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	6.27 ^b	17.33 ^c	16.46 ^{ab}
Boron	7.94 ^a	19.17 ^b	18.89 ^a
CaSO ₄	5.62 ^b	20.07 ^b	17.11 ^{ab}
CaSO ₄ CaCl ₂	3.40 ^c	19.87 ^b	17.51 ^{ab}
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	3.35 ^c	21.62 ^a	15.44 ^b
CaSO ₄ +B	2.92 ^a	19.39 ^b	16.19 ^b
F-test	**	**	*

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH free radical scavenging) พบว่ามีการกำจัดอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B มีปริมาณสูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B มีการกำจัดอนุมูลอิสระ สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 4.18)

กิจกรรม PPO

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่าหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO สูงสุดรองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.19)

Table 4.18 DPPH free radical scavenging of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	DPPH free radical scavenging (%)		
	Day0	Day7	Day14
Control	6.37	7.02	11.07
Boron	6.02	7.23	11.64
CaSO ₄	4.36	8.10	12.54
CaSO ₄ +CaCl ₂	5.68	6.86	11.94
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	5.68	9.98	11.50
CaSO ₄ +B	6.86	9.21	14.12
F-test	ns	ns	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Table 4.19 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	PPO activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day 0	Day7	Day14
Control	0.56 ^a	0.78 ^a	0.93 ^b
Boron	0.60 ^a	0.90 ^b	0.90 ^b
CaSO ₄	0.61 ^a	0.84 ^{ab}	0.84 ^b
CaSO ₄ + CaCl ₂	0.61 ^a	0.85 ^{ab}	0.85 ^b
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	0.59 ^a	0.81 ^{ab}	0.81 ^b
CaSO ₄ +B	0.69 ^b	1.06 ^c	1.06 ^a
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรม POD

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD พบว่าหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มสูงขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีกิจกรรมเอนไซม์ POD ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.20)

Table 4.20 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	G-POD activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day 0	Day7	Day14
Control	2.22 ^b	3.25 ^b	2.74 ^a
Boron	2.06 ^{ab}	3.26 ^b	3.39 ^d
CaSO ₄	1.91 ^a	3.36 ^{bc}	2.83 ^{ab}
CaSO ₄ +CaCl ₂	1.98 ^{ab}	3.65 ^c	3.22 ^{cd}
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	1.95 ^a	2.88 ^a	3.03 ^{bc}
CaSO ₄ +B	2.61 ^c	3.57 ^{bc}	3.15 ^c
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมของเอนไซม์ CAT

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ CAT ภายหลังจากการเก็บรักษาพบว่า มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+B มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำ ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้อาจช่วยในการกำจัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างที่ผลสับปะรดได้รับความเครียดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน สับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+B มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.21)

Table 4.21 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO₄ and CaCl₂ for 7 d or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	CAT activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day 0	Day7	Day14
Control	71.03	85.09 ^c	88.54 ^a
Boron	71.92	84.37 ^{abc}	86.90 ^b
CaSO ₄	71.28	84.95 ^{bc}	85.40 ^{cd}
CaSO ₄ + CaCl ₂	70.74	83.68 ^{ab}	85.13 ^d
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	71.13	83.18 ^c	86.42 ^{bc}
CaSO ₄ +B	71.92	85.42 ^a	85.48 ^{cd}
F-test	ns	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมเอนไซม์ LOX

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX พบว่าภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO_4+B มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้มีความสอดคล้องกับค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์ LOX มีหน้าที่เร่งปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันในชั้น membrane ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น (จริงแท้, 2550) และภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX ลดลง สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$ มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO_4 และ $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2$ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.22)

Table 4.22 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with Boron CaSO_4 and CaCl_2 for 7 or 14 days followed by 2 days during at room temperature.

Treatment	LOX activity (units g^{-1}FW)		
	Day 0	Day7	Day14
Control	68.96 ^{cd}	79.51 ^b	59.57 ^a
Boron	70.31 ^d	78.76 ^b	62.58 ^b
CaSO_4	64.61 ^{bc}	71.04 ^a	59.67 ^{ab}
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2$	61.94 ^{ab}	77.68 ^a	59.52 ^{ab}
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$	63.13 ^{ab}	68.24 ^a	57.79 ^{ab}
CaSO_4+B	57.74 ^a	65.19 ^a	61.89 ^{ab}
F-test	**	**	*

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

4.1.3 การศึกษาผลของปุ๋ยร่วมกับการให้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยว

ผลสัประรดจากการทดลองที่ 4.1.1 และ 4.1.2 นำมาแช่ก้านผลด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน และย้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองดังนี้

ค่าสี

การวัดค่าสีเนื้อ พบว่าหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ค่าความสว่าง(L*)และค่าค่าสีเหลือง(b*) มีค่าเพิ่มขึ้น โดยสัประรดชุดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์สูงสุด รองลงมาเป็นสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าค่า (L*)และ(b*) ลดลง สัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$ มีค่า(L*)สูงสุด รองลงมาเป็นสัประรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และสัประรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีค่า (b*) สูงสุด รองลงมาเป็นสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO_4+B และสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ตามลำดับ(Table 4.23)

Table 4.23 Changes colour of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron CaSO_4 CaCl_2 and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	Day 0				Day 7				Day14			
	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h	L*	a*	b*	h
Control	76.41 ^b	-3.42	31.99 ^{cd}	96.22	80.21 ^b	-3.48 ^b	36.43 ^{bcd}	95.47 ^b	69.57 ^{ab}	-2.95 ^c	36.99 ^a	94.58 ^{ab}
CaCl_2	76.77 ^{ab}	-3.58	30.58 ^d	96.79	84.19 ^a	-4.61 ^c	40.33 ^a	96.55 ^a	69.55 ^{ab}	-2.87 ^c	34.89 ^{ab}	94.71 ^{ab}
K_2O	76.53 ^{ab}	-3.94	32.89 ^c	96.89	81.07 ^{ab}	-4.31 ^c	37.30 ^{abc}	96.59 ^a	65.50 ^{bc}	-2.73 ^c	30.21 ^{cd}	95.81 ^a
SA 5mm	77.45 ^a	-3.67	31.35 ^c	96.83	82.55 ^{ab}	-4.49 ^c	37.81 ^{ab}	96.77 ^a	66.21 ^{bc}	-2.82 ^c	28.79 ^d	95.54 ^a
control	77.38 ^a	-3.78	32.46 ^{ab}	96.74	66.98 ^d	-2.48 ^a	33.02 ^d	94.23 ^c	58.66 ^d	-1.29 ^a	28.15 ^d	91.43 ^c
Boron	74.46 ^c	-3.73	34.47 ^a	96.30	67.84 ^{cd}	-2.41 ^a	33.79 ^{cd}	94.15 ^c	61.69 ^{cd}	-1.64 ^{ab}	30.41 ^{cd}	93.39 ^b
CaSO_4	76.31 ^b	-3.67	33.56 ^b	96.35	71.69 ^c	-2.99 ^{ab}	34.97 ^{cd}	94.84 ^{bc}	64.64 ^{bc}	-2.25 ^{cd}	33.78 ^{abc}	93.77 ^b
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2$	76.89 ^{ab}	.3.71	32.12 ^b	96.61	70.27 ^{cd}	-3.00 ^{ab}	33.87 ^{cd}	95.02 ^{bc}	65.86 ^{bc}	-2.20 ^{cd}	31.85 ^{bcd}	94.17 ^{ab}
$\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{B}$	74.56 ^c	-3.22	34.03 ^a	95.50	70.18 ^{cd}	-3.35 ^b	37.07 ^{abc}	95.23 ^{bc}	72.52 ^a	-2.30 ^{bc}	35.34 ^{ab}	93.59 ^b
CaSO_4+B	75.61 ^{bc}	-3.36	33.05 ^a	95.88	71.62 ^c	-2.85 ^{ab}	36.29 ^{bcd}	94.51 ^{bc}	67.88 ^{ab}	-2.33 ^{bc}	36.11 ^a	93.81 ^b
F-test	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

ภายหลังการนำสัประรดมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C เป็นเวลา 7 วัน พบว่าสัประรดชุดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลสูงสุด และสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{Boron}$ มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยสุด รองลงมาเป็นสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย SA มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่า มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้น สัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย Boron ไม่สามารถยับยั้งการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้เนื่องจากมีคะแนนการเกิดอาการสูงเท่ากับสัประรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ และสัประรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $\text{CaSO}_4+\text{CaCl}_2+\text{Boron}$ และ $\text{CaSO}_4+\text{Boron}$ สามารถยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาลได้ เนื่องจากมีคะแนนต่ำสุด ภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 4.24)

Table 4.24 Internal browning score of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	Internal browning (score)	
	Day7	Day14
Control	1.00 ^a	2.00 ^{ab}
Calcium Chloride	1.00 ^a	1.50 ^a
K_2O	1.20 ^{ab}	2.80 ^{ab}
SA 5mm	0.60 ^a	1.60 ^a
control	2.50 ^b	3.60 ^b
Boron	1.40 ^{ab}	3.60 ^b
$CaSO_4$	0.90 ^a	2.35 ^{ab}
$CaSO_4+CaCl_2$	0.75 ^a	2.1 ^{ab}
$CaSO_4+CaCl_2+Boron$	1.20 ^{ab}	1.10 ^a
$CaSO_4+Boron$	0.20 ^a	1.30 ^a
F-test	*	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

Browning index (BI)

การวัดดัชนีความเป็นสีน้ำตาล ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลลดต่ำลงเล็กน้อย สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $CaSO_4+CaCl_2$ มีค่าต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย K_2O , SA และ $CaSO_4+Boron$ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่ามีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ มีค่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยซาลิไซลิก และโพแทสเซียม มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าดัชนีความเป็นสีน้ำตาลมีความสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล สับปะรดที่มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำ ก็จะมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำด้วย (Table 4.25)

Table 4.25 Browning index of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K₂O SA Boron CaSO₄ CaCl₂ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	Browning index (%)		
	Day 0	Day7	Day14
Control	0.47 ^a	0.52 ^{abc}	0.49 ^a
Calcium Chloride	0.41 ^a	0.47 ^{ab}	0.38 ^a
K ₂ O	0.47 ^a	0.44 ^{ab}	0.48 ^a
SA 5mm	0.47 ^a	0.44 ^{ab}	0.44 ^a
control	0.59 ^b	0.58 ^c	1.36 ^e
Boron	0.58 ^b	0.45 ^{bc}	1.12 ^{cd}
CaSO ₄	0.68 ^c	0.52 ^{abc}	1.22 ^{de}
CaSO ₄ +CaCl ₂	0.65 ^{ab}	0.43 ^a	1.01 ^c
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	0.59 ^b	0.55 ^{bc}	0.81 ^b
CaSO ₄ +B	0.60 ^b	0.44 ^{bc}	1.16 ^{cd}
F-test	*	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การวิเคราะห์ปริมาณ Malondialdehyde

ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นสับปะรดที่เก็บรักษาด้วยแคลเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียม ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีค่าลดลงต่ำสุด โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียม มีปริมาณ MDA ต่ำสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วันพบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยมีปริมาณ MDA สูงขึ้น แต่ยังคงต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดที่ให้ปุ๋ยสูตรอื่นๆ รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.26)

Table 4.26 MDA content of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K₂O SA Boron CaSO₄ CaCl₂ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	MDA content (nmol g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	0.41 ^a	0.42 ^c	1.30 ^c
Calcium Chloride	0.41 ^a	0.34 ^{bc}	0.82 ^b
K ₂ O	0.61 ^b	0.15 ^a	0.40 ^a
SA 5mm	0.54 ^{ab}	0.23 ^{ab}	0.57 ^{ab}
control	0.85 ^{bc}	0.76 ^d	0.57 ^{ab}
Boron	0.83 ^{bc}	0.86 ^{de}	0.48 ^a
CaSO ₄	0.75 ^b	0.90 ^e	0.47 ^a
CaSO ₄ +CaCl ₂	0.75 ^b	0.82 ^{de}	0.46 ^a
CaSO ₄ +CaCl ₂ +B	1.11 ^c	0.84 ^{de}	0.56 ^{ab}
CaSO ₄ +B	0.72 ^b	0.79 ^{de}	0.68 ^{ab}
F-test	*	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

การวัดปริมาณการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์หรือการเสื่อมสภาพของเซลล์ พบว่าภายหลังการเก็บรักษาสับปะรดมีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์สูงขึ้น โดยภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันพบว่าสับปะรดชุดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+CaCl₂+Boron มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์มีความสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล สับปะรดที่มีคะแนนไส้สีน้ำตาลต่ำจะมีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ต่ำไปด้วย (Table 4.27)

Table 4.27 Electrolyte leakage of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	Electrolyte leakage (%)		
	Day0	Day7	Day14
Control	32.32 ^a	42.11	49.41 ^{ab}
Calcium Chloride	40.61 ^b	44.12	38.21 ^a
K_2O	37.85 ^{ab}	51.59	48.59 ^{ab}
SA 5mm	38.52 ^{ab}	48.15	48.17 ^{ab}
control	36.72 ^a	45.83	53.01 ^{ab}
Boron	38.33 ^a	44.81	55.32 ^{ab}
$CaSO_4$	40.82 ^b	49.61	49.49 ^{ab}
$CaSO_4+CaCl_2$	40.52 ^b	44.60	57.28 ^b
$CaSO_4+CaCl_2+Boron$	45.17 ^c	46.75	45.70 ^{ab}
$CaSO_4+Boron$	45.17 ^c	49.80	49.96 ^{ab}
F-test	**	ns	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมเอนไซม์ PPO

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่า ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียม มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด รองลงมาเป็น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดลง โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียมยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $CaSO_4$ และ Boron มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.28)

Table 4.28 PPO activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K₂O SA Boron CaSO₄ CaCl₂ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	PPO activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	0.55 ^b	0.67 ^a	0.60 ^c
Calcium Chloride	0.50 ^a	0.73 ^{abc}	0.53 ^{bc}
K ₂ O	0.49 ^a	0.66 ^a	0.39 ^a
SA 5mm	0.56 ^{bc}	0.88 ^d	0.56 ^{bc}
control	0.56 ^{bc}	0.69 ^{ab}	0.49 ^{ab}
Boron	0.60 ^{bc}	0.77 ^{bcd}	0.47 ^{ab}
CaSO ₄	0.61 ^{bc}	0.78 ^{bcd}	0.46 ^{ab}
CaSO ₄ +CaCl ₂	0.62 ^c	0.75 ^{bcd}	0.49 ^{ab}
CaSO ₄ +CaCl ₂ +Boron	0.59 ^{bc}	0.82 ^{bcd}	0.52 ^{bc}
CaSO ₄ +Boron	0.69 ^d	0.84 ^{cd}	0.55 ^{bc}
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมเอนไซม์ POD

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD พบว่าภายหลังการเก็บเกี่ยวในวันแรก สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄ และ CaSO₄+CaCl₂+Boron มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน สับปะรดมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลง โดยสับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียม และแคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดต่ำลง สับปะรดที่ให้ปุ๋ยตามปกติมีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียม และแคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.29)

Table 4.29 POD activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K₂O SA Boron CaSO₄ CaCl₂ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	G-POD activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	2.68 ^f	1.01 ^a	1.02 ^a
Calcium Chloride	2.40 ^{cd}	1.03 ^a	1.35 ^b
K ₂ O	2.25 ^{cd}	1.02 ^a	1.36 ^b
SA 5mm	2.51 ^{cd}	1.23 ^b	1.44 ^{bc}
control	2.22 ^{ef}	1.00 ^a	1.59 ^c
Boron	2.06 ^{bcd}	1.04 ^a	1.60 ^c
CaSO ₄	1.91 ^a	1.21 ^b	1.46 ^{bc}
CaSO ₄ +CaCl ₂	1.98 ^{ab}	1.50 ^c	1.64 ^c
CaSO ₄ +CaCl ₂ +Boron	1.95 ^a	1.27 ^b	1.47 ^{bc}
CaSO ₄ +Boron	2.60 ^{ef}	1.26 ^b	1.58 ^c
F-test	**	**	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมเอนไซม์ CAT

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ CAT พบว่าในวันแรกของการเก็บเกี่ยว สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยชาลิโซลิก มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยโพแทสเซียมและแคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มขึ้น สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย CaSO₄+Boron ซึ่งมีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำ มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงสุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยในบางสูตรมีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลง ยกเว้นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยชาลิโซลิก ซึ่งมีดัชนีความเป็นสีน้ำตาลต่ำ แต่มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT เพิ่มสูงขึ้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ CAT สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดให้ปุ๋ยสูตรอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 4.30)

Table 4.30 CAT activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K_2O SA Boron $CaSO_4$ $CaCl_2$ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	CAT activity (units $g^{-1}FW$)		
	Day0	Day7	Day14
Control	72.08 ^{cd}	76.83 ^{ab}	74.72
Calcium Chloride	72.81 ^{bc}	74.49 ^d	73.34
K_2O	73.59 ^{ab}	74.73 ^{cd}	75.36
SA 5mm	74.61 ^a	75.11 ^{cd}	81.46
control	71.03 ^c	75.53 ^{bcd}	76.38
Boron	71.92 ^{cd}	75.60 ^{bcd}	74.38
$CaSO_4$	71.28 ^d	74.61 ^{cd}	75.52
$CaSO_4+CaCl_2$	70.47 ^d	75.95 ^{cd}	74.20
$CaSO_4+CaCl_2+Boron$	71.13 ^d	75.99 ^{abc}	73.35
$CaSO_4+Boron$	71.92 ^{cd}	77.20 ^a	74.22
F-test	**	**	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

กิจกรรมเอนไซม์ LOX

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ LOX พบว่าภายหลังการเก็บรักษา มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ลดต่ำลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันพบว่า สับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยซาลิไซลิก มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $CaSO_4+Boron$ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วย $CaSO_4+Boron$ ซึ่งมีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำ มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ต่ำสุด รองลงมาเป็นสับปะรดที่ให้ปุ๋ยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 4.31)

Table 4.31 LOX activity of tissue adjacent to core ‘Sawi’ pineapple fruit treated with pre-harvest K₂O SA Boron CaSO₄ CaCl₂ and infiltrated with 2% calcium chloride by transpiration via the peduncle following cool storage for 14 days plus 2 days at room temperature.

Treatment	LOX activity (units g ⁻¹ FW)		
	Day0	Day7	Day14
Control	55.09 ^a	58.33	57.70 ^{bcd}
Calcium Chloride	58.68 ^{ab}	57.77	55.22 ^{ab}
K ₂ O	59.47 ^{abc}	57.07	60.30 ^d
SA 5mm	59.38 ^{abc}	58.76	59.84 ^d
control	68.96 ^{de}	54.06	55.81 ^{ab}
Boron	70.31 ^e	57.40	59.07 ^d
CaSO ₄	64.61 ^{cd}	54.61	55.50 ^{ab}
CaSO ₄ +CaCl ₂	61.94 ^{bc}	54.03	56.64 ^{abc}
CaSO ₄ +CaCl ₂ +Boron	63.13 ^{bc}	56.46	56.23 ^{abc}
CaSO ₄ +Boron	57.74 ^{ab}	58.10	54.00 ^a
F-test	**	ns	**

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.
 ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

4.2 ผลการใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาลในสับประรดหลังการเก็บเกี่ยว

4.2.1 ระยะเวลาสุกต่อการเกิดไล้สีน้ำตาล

ค่าสี L*

ระยะบริบูรณ์สีเขียว มีค่า L* (ความสว่าง) สูงสุดที่ระยะการเก็บเกี่ยวและตลอดการเก็บรักษา (Table 1) รองลงมาคือระยะ 25 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะที่สุกจะมีสีเหลืองเข้มมีผลต่อค่า L* ต่ำกว่าระยะบริบูรณ์ที่ยังเป็นสีเขียว แต่อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่เก็บเกี่ยว ภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน และย้ายเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Table 4.32 Superficial colour of pulp of pineapple during storage.

Stages of maturity	Colour L*		
	Day 0	Day 7	Day 14
MG	80.24a	77.07a	69.59
25 %	77.37b	75.56ab	68.72
50 %	77.04ab	75.32ab	66.89
100 %	73.94c	72.62b	68.97
F -test	**	*	ns

Means with different lower case letters within the same column are significantly different.

ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

การเกิดไล้สีน้ำตาล BI และ ปริมาณMDA

ระยะบริบูรณ์สีเหลืองทั้งผล เกิดอาการไล้สีน้ำตาลสูงสุดระหว่างการเก็บรักษา 7 และ 14 วัน ภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ที่ระยะสีเขียวและระยะสีเหลืองทั้งผลมีค่าคะแนนที่ใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่า BI มีค่าเหมือนกันค่าคะแนนการเกิดอาการไล้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และย้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (Figure 4.1) ปริมาณ MDA สับประรดระยะสีเหลืองทั้งผลมีค่าสูงระหว่างการเก็บรักษาและภายหลังจากการเก็บรักษา

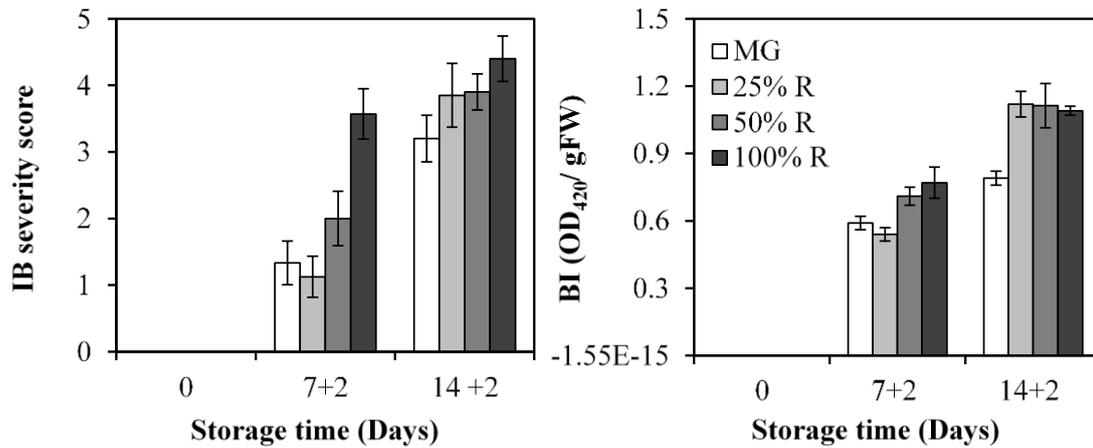


Figure 4.1. Internal browning (IB) severity score (A) and browning index (BI) (B) of tissue adjacent to core of 'Queen' pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days

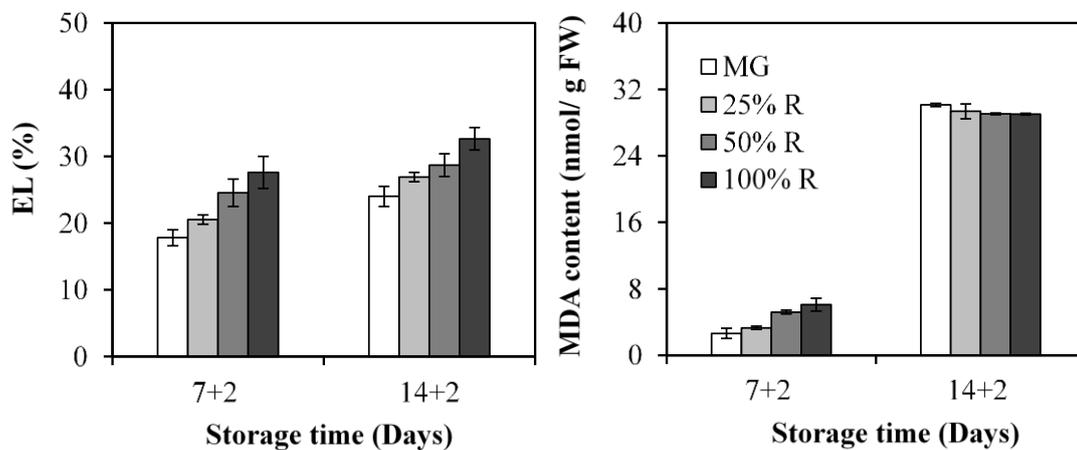


Figure 4.2 Percentage of electrolyte leakage (EL) (A) and malondialdehyde (MDA) content (B) of tissue adjacent to core of 'Queen' pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days.



Figure 4.3 Internal browning incidence of 'Queen' pineapple fruits cv. Sawee at various stages of maturities held at 13 ± 1 °C for 7 and 14 days followed by at room temperature (30 ± 2 °C) for 2 days

4.2.2 ผลการใช้สารลดการเกิดสีน้ำตาลในสับประรด

การใช้สารเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลในสับประรด 6 วิธี (รายงานผล 3 วิธี) โดยการแช่ก้านผลด้วย แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมกลูโคเนต และซูดควบคุม มีผลดังนี้

ค่าสี L* และดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและคะแนนการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลระหว่างใส่กับเนื้อผลสับประรด พบว่าในซูดควบคุมมีค่า L* (ค่าความสว่าง) ต่ำกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนต ทั้งการ BI และ IB มีค่าสูงในซูดควบคุม การใช้แคลเซียมกลูโคเนตมีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลโดยมีผลให้ค่า BI และ IB (Hernández-Muñoz, et al., 2008) การใช้แคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ ค่า L* ลดลง Hopfinger et al. (1984) การใช้แคลเซียมคลอไรด์ลดอาการสีน้ำตาลโดยไปลดกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม Castañer et al. (1996) รายงานว่า การใช้ gluconic acid ลดอาการสีน้ำตาลในผักกาดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Figure 4.3 A)

ลักษณะการเกิดสีน้ำตาล

ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา (Figure 4.5) เกิดอาการน้ำใสในซูดควบคุมเมื่อเก็บรักษา 7 วันที่ 13 องศาเซลเซียส และย้ายมาเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ลักษณะการเกิดเหมือนกับที่เกิดในพันธุ์ตราดสีทองและ กลุ่ม Smooth Cayenne (Youryon et al., 2013) เกิดอาการน้ำใสเล็กน้อยบริเวณขอบสีเมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์จุ่มก้าน ในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ส่วนการใช้ แคลเซียมกลูโคเนตลดการเกิดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามภายหลังการเก็บรักษาการใช้แคลเซียมคลอไรด์ลดการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้แคลเซียมกลูโคเนต (Figure 4.4 C)

กิจกรรม PAL และ PPO และ ฟีนอล

กิจกรรมของ PAL ของการใช้สารทุกวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บรักษาที่ 1 สัปดาห์ แต่การใช้แคลเซียมคลอไรด์ จุ่มก้านผลสับประรดมีกิจกรรมของ PAL มากกว่าซูดควบคุมเล็กน้อย ภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ กิจกรรม PAL เพิ่มขึ้นในซูดควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ การใช้แคลเซียมกลูโคเนต จุ่มก้านสับประรดมีผลทำให้กิจกรรม PAL สูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์เมื่ออายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ (Figure 4.6 A) ส่วนฟีนอลไม่มีความแตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา การใช้แคลเซียมคลอไรด์ ปริมาณฟีนอลสูงเมื่อเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 มีรายงาน Pal เป็นเอนไซม์ที่อยู่ในกระบวนการเกิดสีน้ำตาลรวมทั้ง phenolic (A 2003) ปริมาณฟีนอลในซูดควบคุมสูงมีผลทำให้ PAL สูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากฟีนอลเป็นซับสเตรทของ PPO ทำให้ PPO สูงเมื่อมีการเกิดสีน้ำตาล (Figure 4.6 B) การใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนตลดเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลโดยลดกิจกรรมของ PAL และ PPO และปริมาณฟีนอล (Figure 4.6 C)

ค่า EL LOX MDA และ Farnescene

ซูดควบคุมมีค่า EL สูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนตภายหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ แต่มีค่าใกล้เคียงเมื่อเก็บรักษาในสัปดาห์แรก การใช้แคลเซียมคลอไรด์มีค่าสูงกว่าการให้แคลเซียมกลูโคเนต เช่นเดียวกันซูดควบคุมกิจกรรมสูงกว่าการใช้สารควบคุมการเกิดสีน้ำตาลทั้งสองวิธี ส่วนปริมาณ MDA สูงในซูดควบคุมภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน Farnescene ในซูดควบคุมสูงการใช้แคลเซียมคลอไรด์ภายหลังการเก็บรักษา 1 สัปดาห์ แต่ภายหลังการเก็บรักษาซูดควบคุมต่ำกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์

ไรต์และการใช้แคลเซียมกลูโคเนต (Figure 4.7D) จากการทดลองการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนตสามารถรักษาเมมเบรนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ (Kukura et al., 1998; Picchioni et al., 1998)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และกิจกรรม G-POD และ CAT

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเอ็นไซม์ เช่น G-POD และ CAT ภายหลังจากเก็บรักษา 1 สัปดาห์ ทั้งการใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมกลูโคเนตจุ่มแช่ก้านสับประรดมีความแตกต่างกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) (Figure 4.8 B) การใช้แคลเซียมกลูโคเนตจุ่มแช่ก้านสับประรดมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์และชุดควบคุมภายหลังจากเก็บรักษา 2 สัปดาห์ กิจกรรมของ G-POD ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่การใช้แคลเซียมกลูโคเนตมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและการใช้แคลเซียมคลอไรด์ เมื่อภายหลังจากเก็บรักษา 2 สัปดาห์การใช้แคลเซียมกลูโคเนตมีค่าสูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) (Figure 4.8 B) ส่วนกิจกรรม CAT ในชุดควบคุมสูงกว่าทุกวิธีการระหว่างการเก็บรักษา แต่ภายหลังจากเก็บรักษา 2 สัปดาห์ การใช้แคลเซียมกลูโคเนตมีกิจกรรม CAT สูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์และชุดควบคุม Ji (2001) การใช้แคลเซียมสามารถรักษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระและเอ็นไซม์ CAT POD และ SOD ในพืช จากผลการทดลองการใช้แคลเซียมกลูโคเนตความสามารถต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นภายหลังจากเก็บรักษา (Figure 4.8) Wang et al (2014) การใช้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวมีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในเนื้อระหว่างการเก็บรักษา

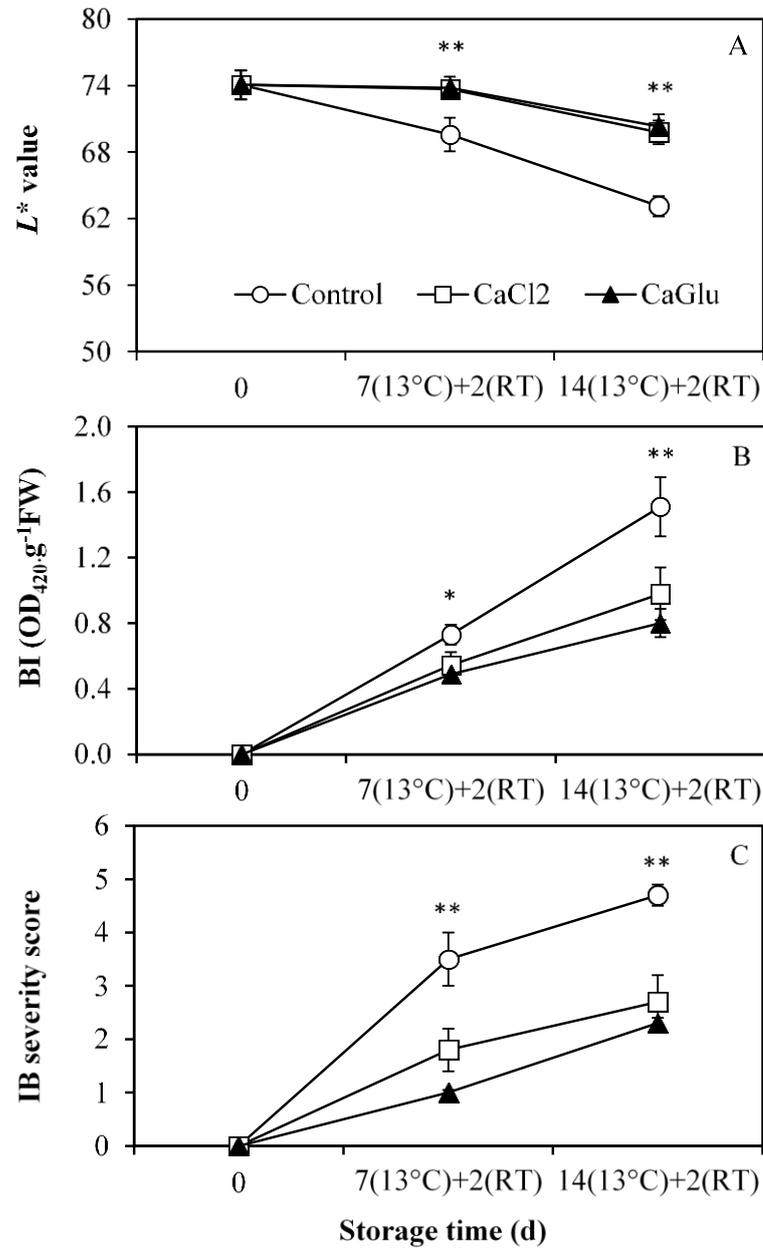


Figure 4.4 L^* value (A), BI (B) and IB severity score (C) of tissue adjacent to core of ‘Queen’ pineapples peduncle-infiltrated in 2% CaCl₂ or 2% CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 or 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean ($n = 4$). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

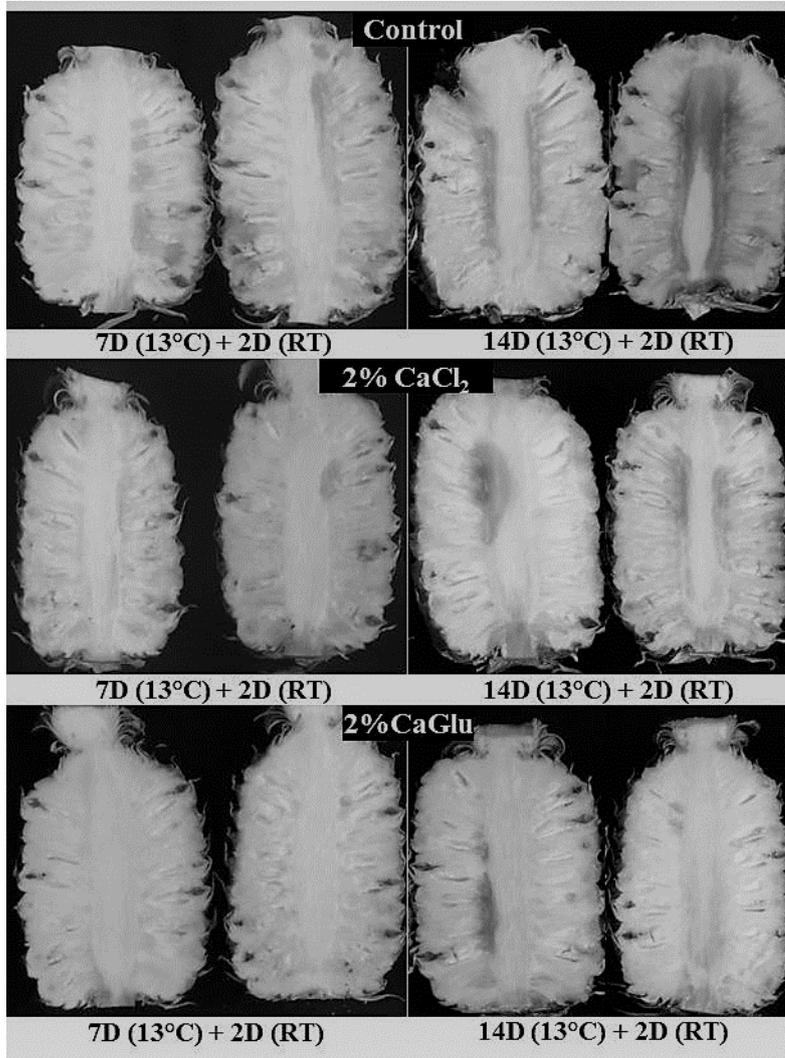


Figure 4.5 Visual internal browning incidence of control, 2 % CaCl₂ and 2 % CaGlu treated 'Queen' pineapples during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT.

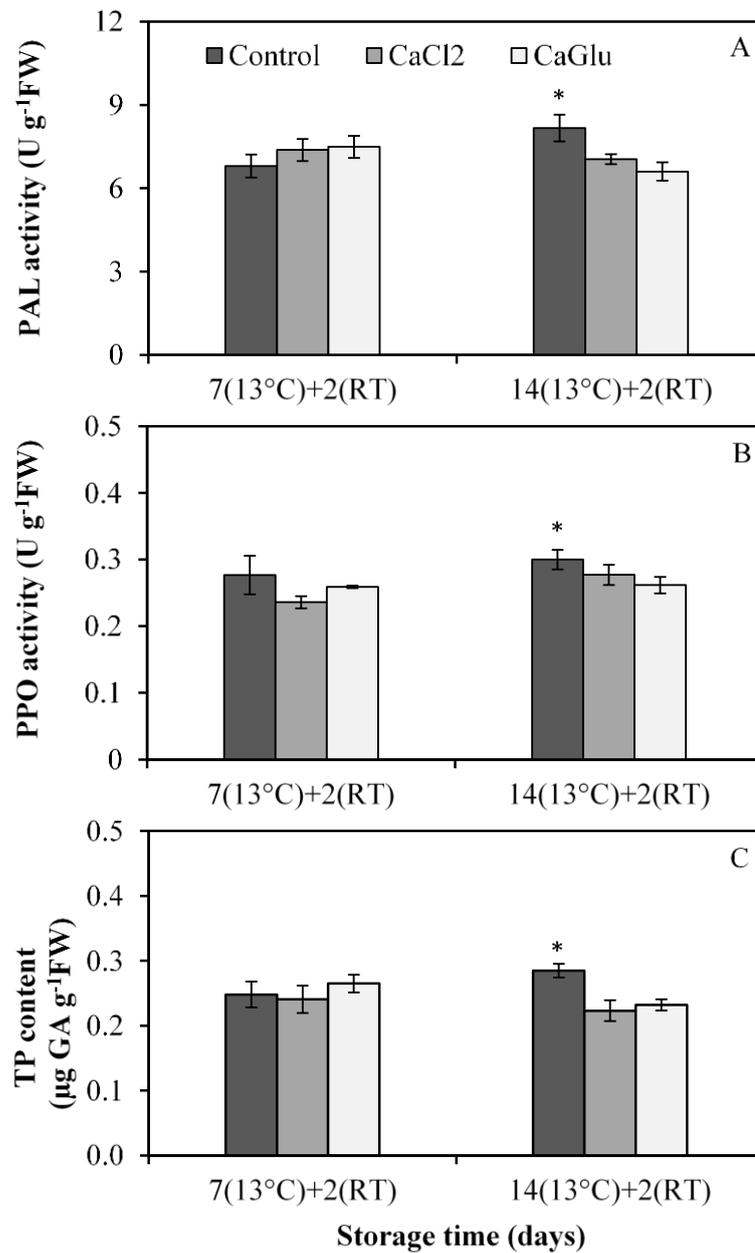


Figure 4.6 The activities of PAL (A) and PPO (B) and TP content (C) of tissue adjacent to core of 'Queen' pineapples treated with CaCl₂ or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

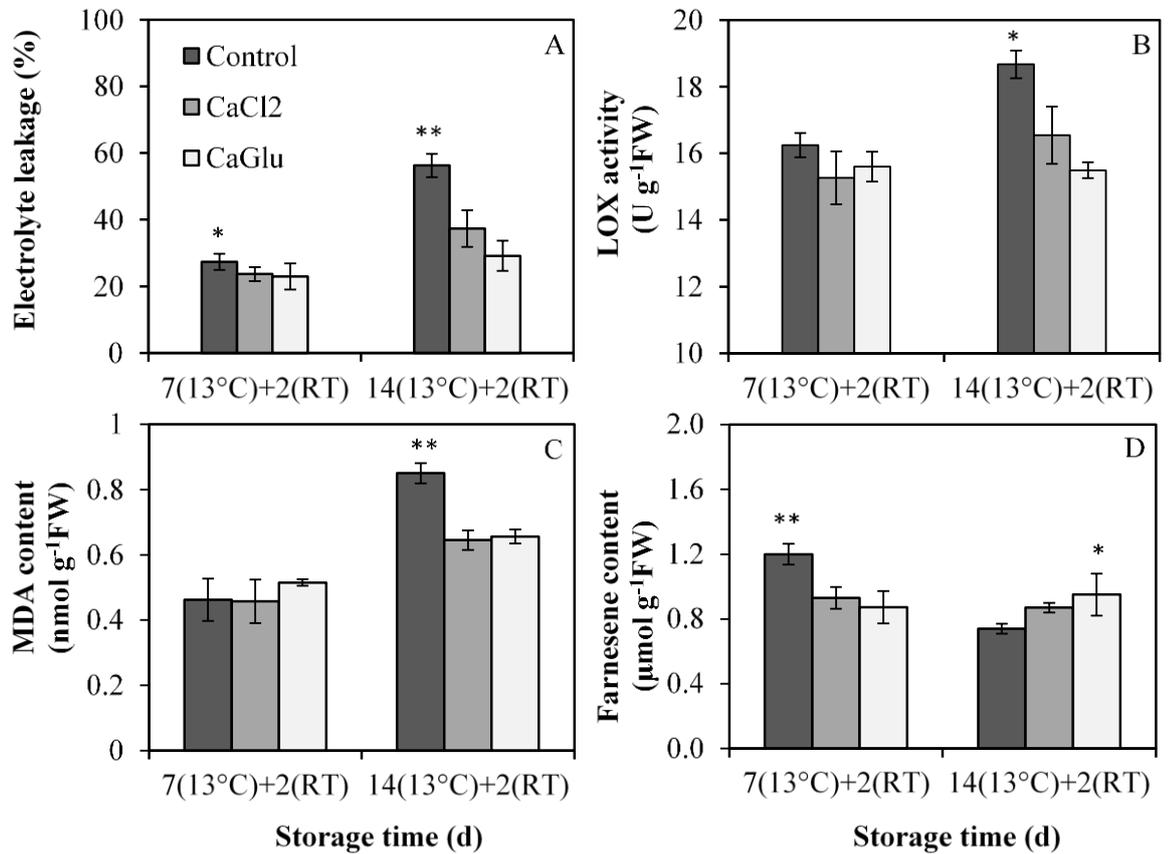
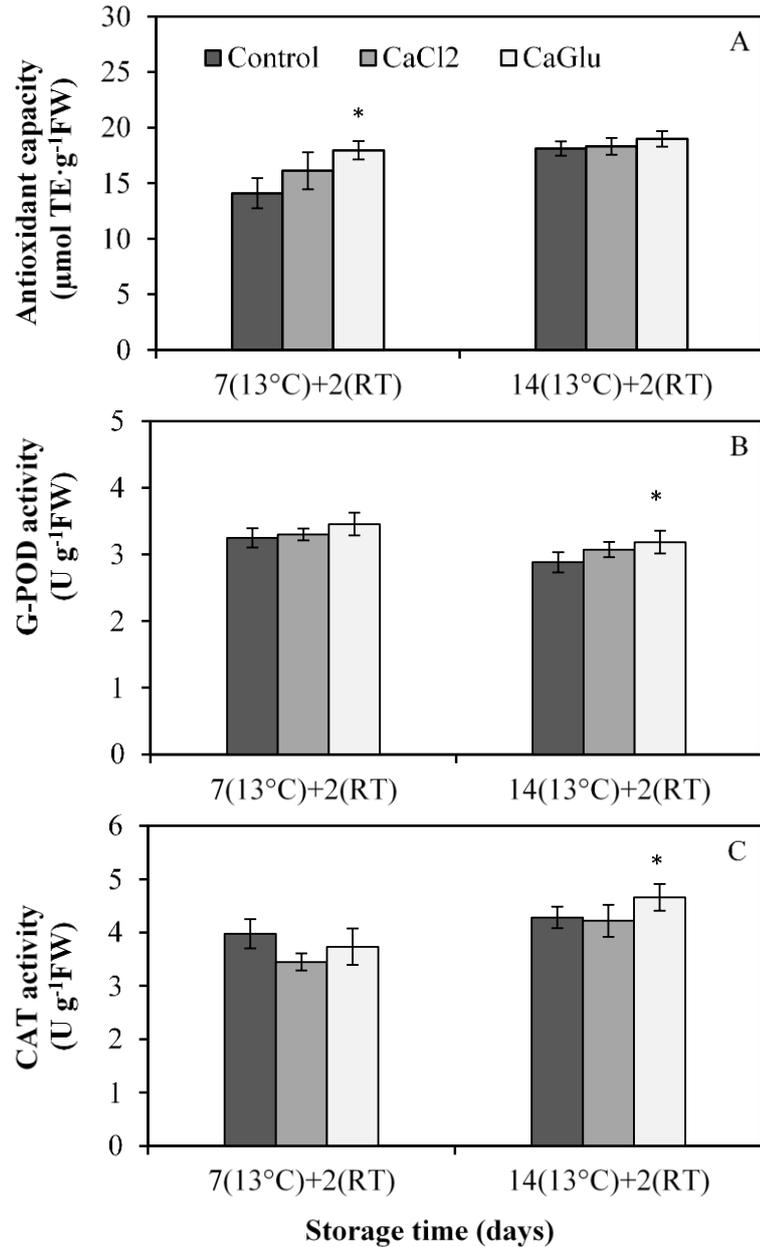


Figure 4.7 Electrolyte leakage (A), LOX activity (B), MDA content (C) and farnesene content (D) of tissue adjacent to core of 'Queen' pineapple fruit dipped in CaCl₂ or Ca gluconate (CaGlu) solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.



Figuer 4.8 Antioxidant capacity (A) and the activities of G-POD (B) and CAT (C) of tissue adjacent to core of 'Queen' pineapple fruit dipped in CaCl₂ or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 days followed by 2 days at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$

4.2.3 ผลของฤดูกาลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล น้ำฝนและอุณหภูมิระหว่างการเจริญเติบโตของผล

จากรายงาน Soler (1994), Paull and Reyes (1996) and Zhang et al. (2015) อุณหภูมิและน้ำฝนระหว่างการเจริญเติบโตเป็นปัจจัยที่ทำให้แสดงอาการสีน้ำตาล ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิระหว่างตุลาคม 2015 ถึง ตุลาคม 2016 อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร เก็บเกี่ยวผลเดือนพฤษภาคม 2016(ฤดูร้อน) และตุลาคม 2016 (ฤดูฝน) ปริมาณน้ำฝนการเก็บเกี่ยวเดือน พฤษภาคม (ฤดูร้อน) มีปริมาณน้ำฝน 1161.5 mm ส่วนการเก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม 2016 (ฤดูฝน) มีน้ำฝน 706.5 mm อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างฤดูร้อนและฝน 27-28 องศาเซลเซียส การเก็บเกี่ยวช่วงฤดูร้อน ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผลมีปริมาณน้ำฝนมากกว่าการเก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม (Table 4.33)

Table 4.33. Climate condition at Pathiu district Chumphon province during the pineapple fruit development periods.

Climate condition	Month											
	Year 2015			Year 2016								
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	May	June	July	Aug	Sep	Oct
Rainfall rate (mm/day)	308.8	452.4	283.8	108.0	8.5	88.6	87.5	99.4	272.4	154.8	92.4	287.3
Temperature (°C)	27.3	27.3	26.7	27.1	26.8	28.4	29.4	28.1	28.5	27.8	27.1	26.9

ค่าสี BI และ IB

ค่า L* ความสว่าง BI และ IB เริ่มเกิดบริเวณไส้ (Figure 4.9 A) ค่า L*ทั้งสองฤดูกาลเก็บเกี่ยว ร้อนและฝน ค่าลดลงเล็กน้อยภายหลังการเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (Figure) ภายหลังเก็บรักษา 14 วัน อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วย้ายเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน ค่า L* ลดลงทั้งสองฤดูกาล แต่ฤดูร้อนลดมากกว่าฤดูฝนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4.9 A) BI และ IB ฤดูกาลการเก็บเกี่ยวร้อนมีค่ามากกว่าฤดูกาลฝน ซึ่งสอดคล้องกับกับค่า L* ส่วนลักษณะที่ปรากฏ (Figure 4.10) อาการไส้สีน้ำเกิดเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษา 7 วัน และแสดงอาการชัดเจนภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน อย่างไรก็ตามฤดูกาลการเก็บเกี่ยวช่วงฤดูร้อนเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าฤดูกาลฝน ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ Paull and Reyes (1996) รายงานการเกิดอาการฉ่ำน้ำน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญระหว่างการเจริญเติบโตของผล

เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับอาการไส้สีน้ำตาล

กิจกรรมของ PPO POD และ PAL ส่วนของระหว่างเนื้อและไส้สับปะรด สูงระหว่างการเก็บรักษา ภายหลังการเก็บรักษา อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส 14 วัน และย้ายเก็บรักษาอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน กิจกรรมของ PPO และ PAL ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวฤดูร้อนสูงกว่าฤดูฝน จากผลการทดลองออกซิเดชันของฟีนอลมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการเกิดไส้สีน้ำตาล (Zhan et al., 2015) ส่วนกิจกรรมของ POD สูงในช่วงการเก็บเกี่ยวฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับรายการ POD เป็นเอ็นไซม์ที่ถูกกระตุ้นโดยความเครียดจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต (Supapvanich and Promyou, 2013) น้ำฝนมีผลต่อการเกิดไส้สี

น้ำตาลโดยเฉพาะช่วงการเจริญเติบโตของผลมีผลทำให้มีความรุนแรงต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลเนื่องจากชักนำกิจกรรมเอ็นไซม์ PPO และ PAL (Figure 4.11)

กิจกรรม LOX และ MDA

การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรม LOX และปริมาณ MDA บริเวณขอบไส้ของสับปะรดที่เก็บเกี่ยวช่วงฤดูการร้อนสูงกว่าฤดูฝน (Figure 4.12) LOX และMDA เกี่ยวข้องเมมเบรนที่ส่งผลให้เซลล์เสียหายและเมมเบรนเสื่อมสภาพ (Zhang et al., 2015) ตำแหน่งที่เนื้อเยื่อเสียหายมีผลทำให้เมมเบรนเสื่อมสภาพในสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา (Soler (1994) ; Weerahewa and Adikaram (2005) กิจกรรม LOX และ ปริมาณ MDA สูงช่วงการเก็บเกี่ยวฤดูร้อนเป็นผลมาจากได้รับน้ำฝนระหว่างเจริญเติบโตของผล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Yen et al (1996) การดูตุน้ำชักนำ lipid peroxidation

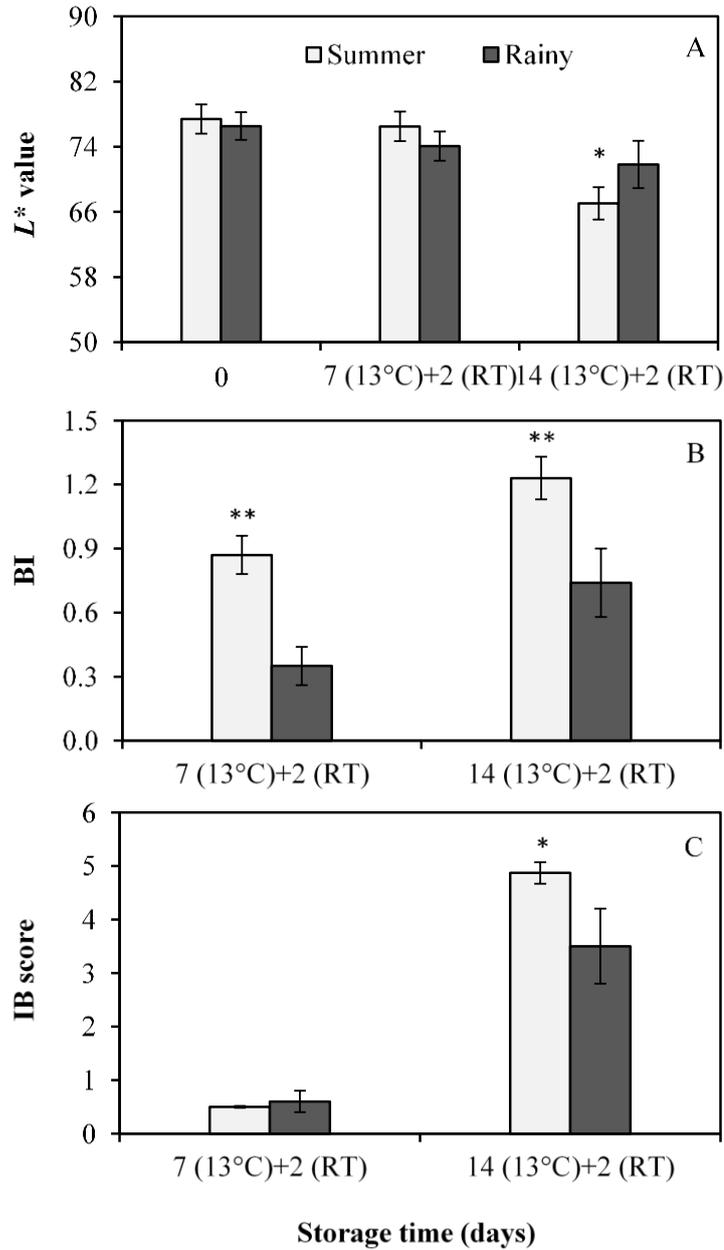


Figure 4.9. Lightness (L^*) (A), browning index (BI) (B) and internal browning (IB) score of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=8). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [**($P < 0.001$); *($P < 0.05$).

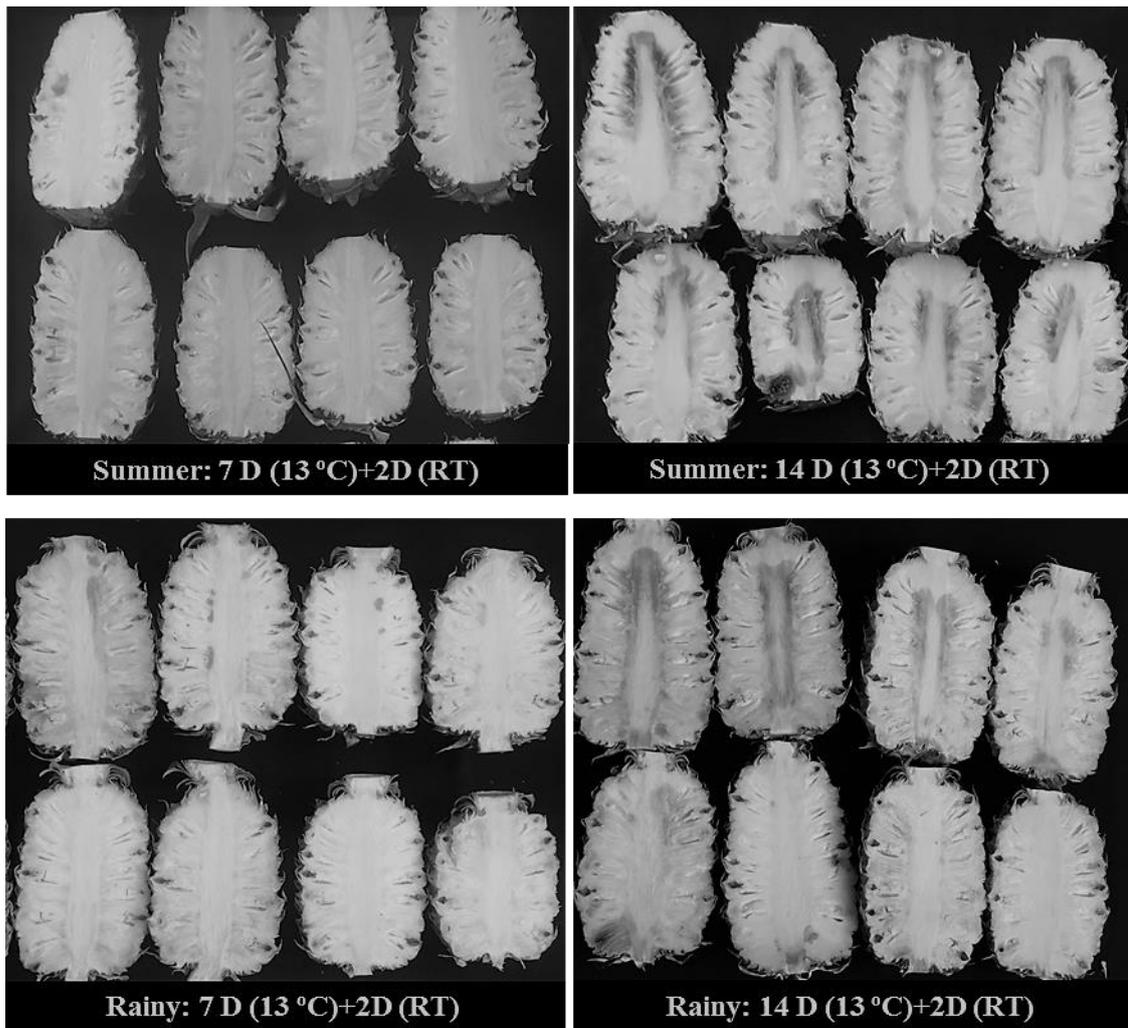


Figure 4.10 Internal browning (IB) incidence of 'Sawee' pineapple fruits harvested in summer (7 Mar 2016) and rainy (17 Oct 2016) seasons stored at 13°C for 7 and 14 days followed by 2 days at room temperature (RT).

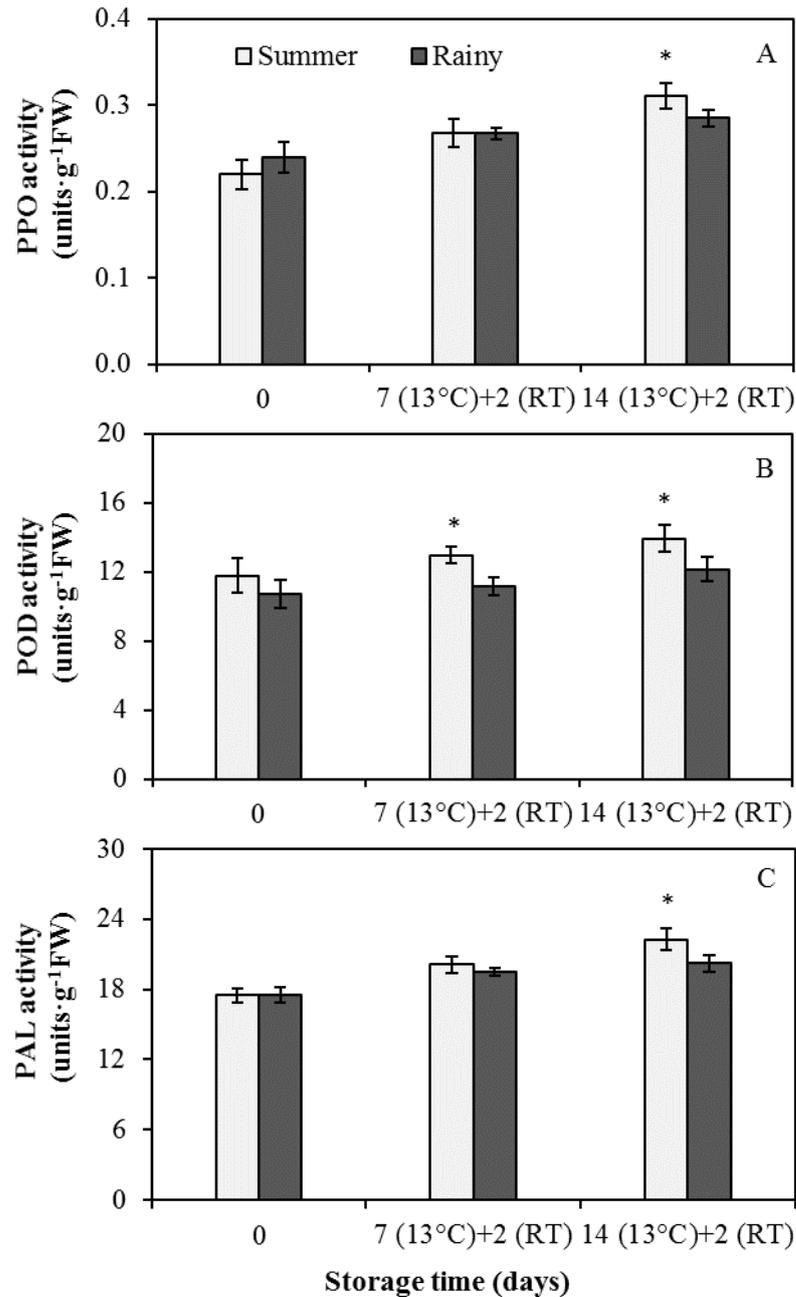


Figure 4.11. Polyphenol oxidase (PPO) (A), peroxidase (POD) (B) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) (C) activities of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [**($P < 0.001$); *($P < 0.05$)].

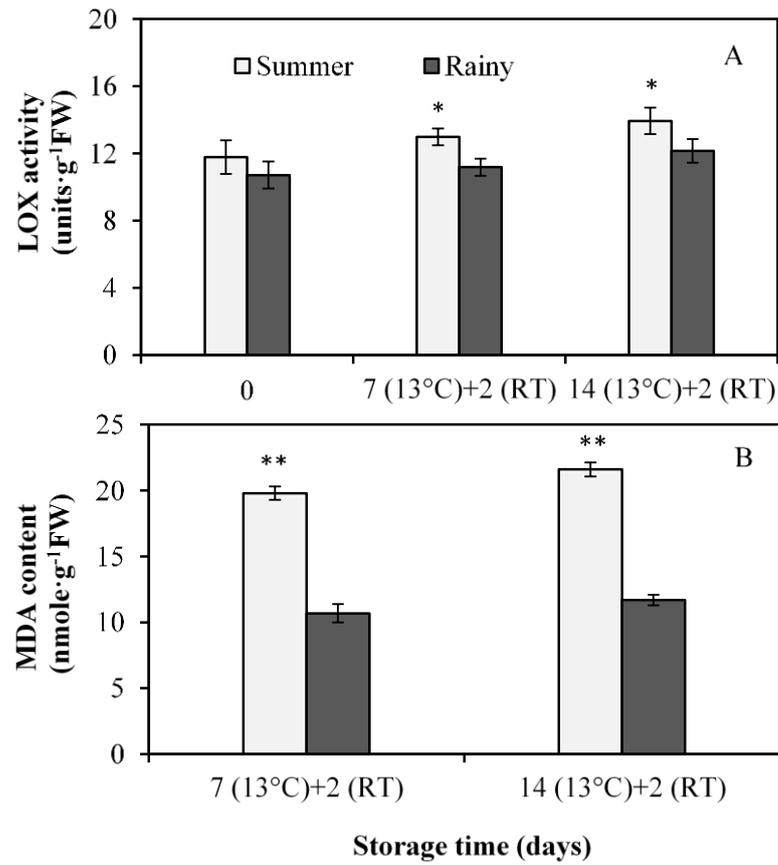


Figure 4.12 Lipoxigenase (LOX) activity (A) and malondialdehyde (MDA) content (B) of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [**($P < 0.001$); *($P < 0.05$)].

4.2.4 ผลพื้นที่ปลูกต่อการเกิดการเกิดไส้สีน้ำตาล

ค่าสี L* และ b*

ค่า L* ความสว่างของเนื้อสับประรดพื้นที่ปลูก อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร มีค่ามากกว่าสับประรดปลูกในพื้นที่ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร ส่วนค่า b* (ค่าสีเหลือง) สับประรดปลูกในพื้นที่สวีมีค่าสูงกว่าพื้นที่อำเภอปะทิว ซึ่งจากผลการทดลองสับประรดปลูกในพื้นที่ อำเภอสวีมีสีเหลืองเข้มกว่าสับประรดปลูกในพื้นที่อำเภอปะทิว

Table 4.34 Superficial colour of pulp of pineapple during storage.

Treatment	Colour L*			Colour b*		
	Day 0	Day 7	Day 14	Day 0	Day 7	Day 14
Pathiu	74.43	75.58	75.98	34.28	37.83	36.83
Pathiu+CaGlu		76.36	75.17		35.97	38.20
Sawi	72.23	71.84	72.88	38.44	43.25	43.57
Sawi+CaGlu		68.62	73.13		43.19	41.90
T-test	ns	**	**	*	**	**

¹ Means (n=10) with different lower case letters within the same column are significantly different. ns: non significant, ** Significant difference at $P \leq 0.01$

อาการไส้สีน้ำตาล การรั่วไหลของของสารอิเล็กโทรไลต์ ค่าBI MDA

อาการไส้สีน้ำตาลระหว่างพื้นที่การปลูกไม่มีต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล เช่นเดียวกับค่าการรั่วไหลของสารค่า BI และปริมาณ MDA ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่การปลูก แต่มีความแตกต่างกันระหว่างการผลิตที่ใช้ CaGlu ซึ่งการใช้ CaGlu มีผลทำให้ลดการเกิดไส้สีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษาอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และย้ายเก็บรักษาอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลก่อนการเก็บเกี่ยวโดยใช้ปุ๋ยและกรดอินทรีย์ การให้ซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยแคลเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ และมีค่า browning index , PPO และปริมาณ MDA ที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของเซลล์ต่ำกว่าวิธีการอื่นการศึกษาการให้แคลเซียมร่วมกับการให้โบรอนพบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในแปลงในรูปของ CaCl_2 และ CaSO_4 พบว่าลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้แต่ความแตกต่างกันทางสถิติภายหลังการเก็บรักษา 14 วันที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และย้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลและค่า BI ต่ำกว่าชุดควบคุม ส่วนการทดลองการให้ปุ๋ยและซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการให้แคลเซียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ แซ่ก้านสับประรดเป็นเวลา 3 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 และ 14 วัน และย้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน และแคลเซียมซัลเฟตร่วมกับโบรอนลดการเกิดไส้สีน้ำตาลรองลงมาคือการใช้ซาลิไซลิกภายหลังการเก็บรักษา 7 วัน ภายหลังการเก็บรักษา 14 วัน การให้แคลเซียมซัลเฟต+แคลเซียมคลอไรด์+โบรอน และ การให้แคลเซียมซัลเฟต+โบรอน ให้ผลลดการเกิดไส้สีน้ำตาลดีที่สุด

การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยว ระยะการเก็บเกี่ยวระยะผลสีเขียวเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด การใช้แคลเซียมกลูโคเนตได้ผลดีกว่าการใช้แคลเซียมและสารควบคุมการเจริญเติบโต ส่วนพื้นที่การปลูกในพื้นที่อำเภอบึงสามพันและอำเภอสวี ทั้งสองพื้นที่ไม่มีความแตกต่างกันแต่เมื่อให้แคลเซียมกลูโคเนตหลังการเก็บรักษาสามารถลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ทั้งสองพื้นที่การปลูก จากผลการทดลองการใช้สารหลังการเก็บเกี่ยวลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่าก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลผลิตมาจากสภาพแวดล้อมแต่ละปีต่างกัน ควรมีการทำการทดลองมากกว่าหนึ่งปี โดยเฉพาะการให้ปุ๋ยก่อนการเก็บเกี่ยวและการทดลองฤดูกาล และนอกจากนี้ลักษณะสับประรดพันธุ์สวีมีลักษณะต้นและผลต่างกันอาจมีผลทำให้การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ผลต่างกัน ดังนั้นควรศึกษาลักษณะต้นสับประรดสวี และการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเกิดไส้สีน้ำตาล เช่นการกำจัดวัชพืชอาจมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา และศึกษาการให้แคลเซียมและกรดอินทรีย์ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการเกิดไส้สีน้ำตาล

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 การตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

ได้รับการตอบรับตีพิมพ์เรื่องเต็มใน Horticulture, Environment, and Biotechnology ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูล ISI

(1) Effects of calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations on internal browning alleviation of Queen pineapple under refrigerated storage

6.2 การยื่นเสนอการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ยังไม่ได้รับการตอบรับ)

(1) Impact of seasonal characteristics (rainfall and temperature) on internal browning incidence of Queen pineapple fruit during cold storage

เอกสารอ้างอิง

- จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 196 หน้า
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.
- นภัสนันท์ ชุมพรพันธุ์, ฤกษ์ ภัทรดิลล, อัจฉรา จิตตลดากร. 2556. การพัฒนาการจัดการการผลิต สับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกสับปะรดภูเก็ต ตำบลเทพกระษัตรี อำเภอถลาง จังหวัด ภูเก็ต. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3.
- เบ็ญจวรรณ จันทร์ผล, ชัยรัตน์ เตชะวุฒิพร, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, และ เฉลิมชัย วงษ์อารี. 2556. การใช้แคลเซียมคลอไรด์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกในการลด การเกิดไส้สีน้ำตาล. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ). 44 : 3. 37-40.
- ภาวิณี พัทธ์วงค์, จริงแท้ ศิริพานิช, และเกียรติสุดา เหลืองวิลัย. 2556. ความสัมพันธ์ของปริมาณ แคลเซียมและความไวต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวของสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร (พิเศษ). 44 : 3. 101-104.
- วิภาพร วีระไวทยะ, รวิพิมพ์ ฉวีสุข, ปรรธนา ปรรธนาดี, ธัญญา วสุศรี, เจริญชัย โขมพัตราภรณ์. 2550. สถานภาพการผลิตสับปะรดเพื่อการแปรรูปในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. การประชุม วิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45.
- อิชยา ภูลีทธิกุล และ จริงแท้ ศิริพานิช. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมต่อการเกิดอาการไส้ สีน้ำตาลของสับปะรด. Postharvest Newsletter. ปีที่ 9 (1):1-3.
- Abdullah, H., Rohaya, M.A., Zaipun, M.Z.,** (1985) Effect of modified atmosphere on black heart development and ascorbic acid contents in ‘Mauritius’ pineapple (*Ananas comosus* cv. ‘Mauritius’) during storage at low temperature. ASEAN Food J. 1, 15-18
- Aghdam MS, Bodbodak S** (2013) Physiological and biochemical mechanism regulating chilling tolerance in fruit and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. Sci Hort 156: 73-85
- Akhtar I, Rab A** (2014) Influence of calcium sources and concentration on the storage performance of strawberry fruit. J Agric Sci Technol B 4: 661–673
- Castañer M, Gil MI, Artes F, Tomas-Barberan FA** (1996) Inhibition of browning of harvested head lettuce. J Food Sci 61(2): 314–316
- Conway WS, Sams CE, Wang CY, Abbott JA.,** 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatments on reducing decay and maintaining quality in apples. J Am Soc Hort Sci 119: 49-53

- Dull GG (1972) The Pineapple: General.** In AC Hulme, ed, The Biochemistry of Fruit and their Products, Vol 2. Academic Press, New York, pp 303-323
- De La Cruz Medina J, García HS (2005)** Pineapple: Post-harvest operations. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compndium_-_Pineapple.pdf. Accessed 2 May 2017.
- FAO (2005)** Pineapple production statistics 2004. In. <http://apps.fao.org>
- Ferguson, B.,** 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell and Environ.* 7, 477-489
- Galeazzi MAM, Sgarbieri VC, Constantinides SM (1981)** Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L). *J Food Sci* 46: 150-155
- Gilroy S, Blowers DP, Trewavas AJ (1987)** Calcium: a regulation system emerges in plant cells. *Development* 100: 181-184.
- Hassan A, Othman Z, Siriphanich J (2011)** Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.); Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, Yahia EA (Ed.), Cambridge, Woodhead Publishing Limited.
- Heath RL, Packer L (1968)** Photoperoxidation in isolated chloroplasts: II. Role of electron transfer. *Arch Biochem Biophys* 125: 850-857
- Herath HMI, Bandara DC, Abeysinghe Banda DMG (2003)** Effect of pre-harvest calcium fertilizer application on the control of internal browning development during the cold storage of pineapple 'Mauritius' (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *J Hortic Sci Biotechnol* 78 (6): 762-767
- Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valle VD, Velez D, Gavara R (2008)** Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem* 110: 428-435
- Hewajulige IGN, Wilson Wijeratnam RS, Wejesundera RLC (2006)** Pre-harvest application of calcium to control black heart disorder in Mauritius pineapples during low-temperature storage. *J Sci Food Agric* 86: 420-424

- Hewajulige IGN, Wilson Wijeratnam RS, Wejesundera RLC, Abeysekere M** (2003) Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. *J Sci Food Agric* 83: 1451-1454
- Hopfinger JA, Poovaiah BW, Patterson ME** (1984) Calcium and magnesium interactions in browning of 'Golden Delicious' apples with bitter pit. *Sci Hortic* 23(4): 345-351.
- Huelin FE, Coggiola IM** (1970) Superficial scald, a functional disorder of stored apples: V. Oxidation of α -farnesene and its inhibition by diphenylamine. *J Sci Food Agric* 21: 44-48
- Jiang Y, Huang B** (2001) Effects of calcium on antioxidant activities and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. *J Exp Bot* 52(355): 341-349
- Kou XH, Guo W, Guo R, Li X, Xue Z** (2014) Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang Guan" during storage. *Food Bioprocess Tech* 7(3): 671-681
- Kukura JL, Beelman RB, Peiffer M, Walsh R** (1998) Calcium chloride added to irrigation water of mushrooms (*Agaricus Bisporus*) reduces postharvest browning. *J Food Sci* 63(3): 454-457
- LabinGoldscher R, Edenstein S** (1996) Calcium citrate: a revised look at calcium fortification. *Food Technol* 50: 96-98.
- Matinéz GA, Chaves AR, Anon MC** (1996) Effect of exogenous application of gibberellic acid on color change and phenylalanine ammonia-lyase, chlorophyllase, and peroxidase activities during ripening of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.). *J Plant Growth Regul* 15(3): 139-146.
- Office of Agricultural Economics** (2017) Export statistics. <http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/amphoe/pineapple-amphoe57.pdf>. Accessed 2 May 2017.
- Om-arun N, Siriphanich J** (2005) Hydrogen peroxide and ascorbic acid contents, superoxide dismutase and catalase activities in Smooth Cayenne and Queen pineapples during cold storage. *Acta Hortic* 682: 611-616.

- Pérez AG, Sanz C, Olías R, Olías JM** (1999) Lipoxygenase and hyperoxide lyase activities in ripening strawberry fruits. *J Agric Food Chem* 47: 249-253
- Picchioni GA, Watada AE, Conway WS, Whitaker BD, Sams CE** (1998) Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid metabolism in apple fruit. *J Agric Food Chem* 46: 2452-2457
- Ramezani A, Rahemi M, Maftoun M, Kholdebarin B, Eshghi S, Safizadeh MR, Tavallali V** (2010) The ameliorative effects of spermidine and calcium chloride on chilling injury in pomegranate fruits after long-term storage. *Fruits* 65(3): 169-178
- Rensburg van E, Engelbrecht AHP** (1986) Effect of calcium salts on susceptibility to browning of avocado fruit. *J Food Sci* 51(4): 1067-1068
- Roura SI, Pereyra L, del Valle CE** (2008) Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives. *LWT-Food Sci Technol* 41(5): 919-924
- Slinkard K, Singleton VL** (1997) Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28: 49-55.
- Supapvanich S, Pimsaga J, Srisujan P** (2011) Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L. M. Perry) during storage. *Food Chem* 127: 912-917
- Wang Y, Xie X, Long L** (2014) The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chem* 160: 22-30
- Weerahewa D, Adikaram NKB** (2005) Some biochemical factors underlying the differential susceptibility of two pineapple cultivars to internal browning disorder. *Ceylon J Sci Biol Sci* 34: 7-20
- Wilson Wijeratnam RS, Abeyesakere M, Surjani P** (1993) Studies on black heart disorder in pineapple varieties grown in Sri Lanka. *Acta Horti* 334: 317-324
- Wilson Wijeratnam RS, Hewajulige IGN, Wejesundera RLC, Abeysekere M** (2006) Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. *Acta Horti* 702: 203-208.

- Youryon P, Wongs-Aree C, McGlasson WB, Glahan S, 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. *Inter Food Res J* 20(1): 239-246
- Zhang J, Huang W, Pan Q, Lui Y (2005)** Improvement of chilling tolerance and accumulation of heat shock proteins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Jingxiu) by heat pretreatment. *Postharvest Biol Technol* 38: 80-90
- Zhang Q, Liu Y, He C, Zhu S (2015)**. Postharvest exogenous application of abscissic acid reduces internal browning in pineapple. *J Agric Food Chem* 63: 5313-5320
- Zhou Y, Tan X (1992)** Mechanism of blackheart development induced by low temperature and gibberellic acid in pineapple fruit. *Acta Horti* 425: 587-593
- Zhou Y, Dahler JM, Underhill SJR, Wills RBH (2003)** Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. *Food Chem* 80: 565-572
- Zoffoli JP, Richardson D, Chen P, Sugar D (1998)** Spectrophotometric characterization of superficial and senescent scald in pear fruits relative to different stages of maturity. *Acta Horti* 475: 543-558

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้
ใบตอบรับการตีพิมพ์



Date: 12 Sep 2017
To: "[Suriyan Supapvanich](mailto:caper4444@hotmail.com)" caper4444@hotmail.com
From: "HEB Editorial Office" Jenine.Navarro@springer.com
Subject: Your Submission HEAB-D-17-00181R2

Dear [Dr. Supapvanich](#),

We are pleased to inform you that your manuscript, "Effects of calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations on internal browning alleviation of Queen pineapple under refrigerated storage", has been accepted for publication in Horticulture, Environment, and Biotechnology.

You will receive an e-mail in due course regarding the production process.

Please remember to quote the manuscript number, HEAB-D-17-00181R2, whenever inquiring about your manuscript.

With kind regards,
Gung [Pyo Lee](#)
Editor in Chief
Horticulture, Environment, and Biotechnology

Comments to the author (if any):

Effects of calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations on internal browning alleviation of Queen pineapple under refrigerated storage

Pannipa Youryon

Department of Agricultural Technology, Prince of Chumphon campus, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Pathiu, Chumphon 86160, Thailand

Suriyan Supapvanich*

Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

Pornprapa Kongtragoul

Department of Agricultural Technology, Prince of Chumphon campus, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Pathiu, Chumphon 86160, Thailand

Chalermchai Wongs-Aree

Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: suriyan.su@kmitl.ac.th

Abstract

The aim was to determine the effects of calcium chloride (CaCl₂) and calcium gluconate (CaGlu) on alleviation of internal browning (IB) incidence in 'Queen' pineapple cv. 'Sawi' by using peduncle infiltrations during stored at 13 °C. The pineapples were peduncle-infiltrated in 2 % CaCl₂ or 2 % CaGlu for 48 h. The IB incidence and browning-related factors of the tissue adjacent to core were investigated on day 7 and 14 of cold storage followed by 2

days (d) at room temperature (RT). CaGlu peduncle-infiltration alleviated browning intensity (BI) and IB severity greater than CaCl₂ peduncle-infiltration. A low tissue electrolyte leakage and lipoxygenase (LOX) activity and high antioxidant capacity and antioxidant enzymes activities were found in CaGlu peduncle-infiltrated pineapples compared to CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples. Both CaCl₂ and CaGlu applications retarded membrane peroxidation, the activities of browning enzymes such as phenylalanine ammonialyase (PAL) and polyphenol oxidase (PPO) and the increase in total phenols (TP) content. This evidence suggests that CaGlu peduncle infiltration has more effect alleviating IB incidence in 'Queen' pineapple than CaCl₂ peduncle infiltration.

Keywords; 'Queen' pineapple, CaCl₂, calcium gluconate, internal browning

Introduction

Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) is the third most commercially important tropical fruit after bananas and citrus (De La Cruz Medina and García, 2005). It is originated from South America and has been currently cultivated over tropical regions (Hassan et al., 2011). Thailand has been claimed as a top 5 countries producing pineapple. Of the total of 1,789,890 tons (in 2016), approximate 83% and 17% were processed and fresh-consumed, respectively (Murray, 2017). In 2016, 2,355 tons of fresh and chilled pineapple fruit were exported from Thailand (Office of Agricultural Economics, 2017). There are two main groups of pineapples, Cayenne and Queen, grown for commercial which the most Queen pineapple are produced for fresh consumption. It is commonly accepted that Queen pineapples are more susceptible to IB and translucency than Cayenne pineapples (Wilson Wijeratnam et al., 1993). Translucency and browning of tissue adjacent to core are normally occurred in the fruit during refrigerated storage. Om-arun and Siriphanich (2005) reported that no IB was found in Cayenne pineapples during cold storage for 3 weeks whilst IB in Queen pineapples increased progressively. Previous works demonstrated that IB in pineapple is linked to the loss of membrane integrity and the stress-

induced browning enzymes, especially PAL and PPO (Zhou and Tan, 1992; Weerahewa and Adikaram, 2005; Zhang et al., 2015).

Now a day, it has been proven that calcium usage alleviates translucency and browning of tissue adjacent to core of pineapples (Wilson Wijeratnam et al., 1993; Youryon et al., 2013). Calcium does not only strengthen cell wall structure by binding with pectin substances but it also plays a key role regulating protein kinase signaling (Gilroy et al., 1987), increasing membrane integrity and retarding membrane lipid peroxidation in plants (Kukura et al., 1998; Picchioni et al., 1998). Hewajulige et al. (2003) demonstrated that IB incidence in core and tissue adjacent to core of pineapples was associated with the low calcium content compared to peel. Increase of calcium accumulation in pineapples could alleviate IB incidence (Wilson Wijeratnam et al., 2006). Herath et al. (2003) suggested that preharvest calcium fertilizer application alleviated IB development in 'Mauritius' pineapples during cold storage. In our previous work, peduncle infiltration with CaCl_2 solution reduces IB incidence in Queen and Cayenne pineapples which the alleviated IB incidence is associated with the increased calcium concentration in the tissue adjacent to core (Youryon et al., 2013). CaCl_2 is the main inorganic calcium salt exerting beneficial effect on postharvest quality maintenance of fresh commodities; however, its bitter and salty tastes might affect organoleptic quality. LabinGoldscher and Edenstein (1996) suggested that organic calcium salts such as lactate, citrate or gluconate enhance nutritional value without undesirable taste and are more bioavailable than inorganic salt like CaCl_2 . Thus, the aim of this work was to investigate the effects CaCl_2 (inorganic salt) and CaGlu (organic salt) solutions on alleviation of IB incidence in Queen pineapple cv. 'Sawi' by using peduncle infiltration approach.

Materials and Methods

Plant Materials

Queen pineapple plant cv. Sawi was grown at Prince of Chumphon Campus, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Pratieu District, Thailand. The pineapples were harvested after flowering 5 months and were then screened on the basis of uniformity in size (average weight about 600 g) and free from physical damage. Afterward, the

pineapples were peduncle-infiltrated with 2% CaCl₂ or 2% CaGlu solutions for 48 h at 13°C and the untreated fruit were used as control. All treatments were stored at 13 °C and 93 % RH for 7 and 14 days and then transferred to RT (28 °C) for 2 days. IB appearance, BI, IB score, L* value, the contents of TP, MDA and farnesene and the activities of PPO, POD, PAL and LOX of tissue adjacent to core were determined. The experiments were replicated four times (3 fruit per replicate).

IB Appearance and IB Severity Score Evaluations

IB appearance and IB score were evaluated after half-cut. IB appearance was observed by taking photographs. Ten trained panels were used to evaluate IB score by using 5 points hedonic test. A simplified IB score from 0 to 5 along the tissue adjacent to core: score 0, no symptom; score 1, presence of small translucent spots turning brown (not more than 5%); score 2 present of 5-10% IB symptom; score 3, presence of 11-20% IB symptom; score 4, presence of 21-30% IB symptom; score 5, presence of more than 30% IB symptom.

L* Value and BI Measurements

The L* value of the tissue adjacent to the core was measured using a HunterLab MiniScan@ XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA). BI was assayed using the method described by Supapvanich et al. (2011). The tissue adjacent to the core were homogenized with 65 % (v/v) ethanol and then left at ambient temperature for 2 h. The extract was filtered and the absorbance at 420 nm was recorded. Data was expressed as OD₄₂₀ g⁻¹ fresh weight (FW).

Total Phenols Assay

A 5 g of tissue adjacent to the core was homogenized with 80 % ethanol and then the volume was adjusted to 50 mL with distilled water. The homogenate was stirred for 1 h and filtered through Whatman No. 1 filter paper. TP was assayed by using the method of Slinkard and Singleton (1977). The extract was mixed with 50% (v/v) Folin-Ciocalteu reagent solution and saturated Na₂CO₃ solution in the ratio of 1:1:2. The mixture was held at room

temperature for 30 min and the absorbance at 750 nm was observed. Data was expressed as μg gallic acid (GA) g^{-1} FW.

PPO and POD Activities Assays

Enzymes in the tissue was extracted with 0.1 M sodium phosphate buffer pH 7.0 containing 0.3 g of polyvinylpyrrolidone (PVPP) and then stirred at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 30 min. Supernatant was collected. PPO activity was assayed using the method of Galeazzi et al. (1981). The reaction was begun when the enzyme extract was added into the solution of 1.25 mL sodium phosphate buffer pH 7.0 and 0.5 mL 100 mM catechol. Unit (U) of PPO activity was defined as a change of 0.01 in absorbance at 420 nm min^{-1} . POD activity was determined by using the method of Zhang et al. (2005). The reaction started when the extract was mixed into the solution of 1 % H_2O_2 and 0.5% (v/v) guaiacol solution in sodium phosphate buffer pH 7.0. U of POD activity was defined as a change of 0.01 in absorbance at 470 nm min^{-1} . Data of both enzymes activities were expressed as U g^{-1} FW.

PAL Activity Assay

The flesh adjacent to core was extracted with the mixture of 0.1M borate buffer pH 8, 5mM β -mercaptoethanol, 2mM EDTA and 1% (w/v) PVPP and then stirred for 30 min at 4°C . The sample was filtered using filter paper and the supernatant was collected. PAL yield was determined using the method carried out by Matinéz et al. (1996). The substrate contained 60 mM L-phenylalanine in 0.1 M borate buffer pH 8. The substrate was pre-incubated at 37°C for 15 min. The reaction was started when the extract was mixed with the warm substrate solution. The reaction was operated for 30 min and stopped by adding 6 N HCl. U of PAL activity was defined as a change of 0.01 in absorbance at $\text{OD}_{290}\text{ min}^{-1}$. Data was expressed as U g^{-1} FW.

LOX Activity Assay

The tissue was extracted with Tris-HCl buffer pH 7.0 containing 0.3 g of PVPP. The method of Pérez et al. (1999) was used to assay LOX activity. The extract was mixed with 0.1 M sodium phosphate buffer pH 6.0. The reaction started when 0.01 M linoleic acid

sodium salt was added. An increased absorbance at 234 nm was observed. Unit was expressed as 1 μmol formed hydroperoxide min^{-1} . Data was expressed as U g^{-1} FW.

Membrane Lipid Oxidation Determination

Malondialdehyde (MDA) and α -farnesene contents were determined indicating membrane peroxidation. MDA content was determined using the method of Heath and Packer (1968). The tissue was extracted in of 5 % trichloroacetic acid and then filtered through Whatman No.1 filter paper. The extract was reacted with 15 % TCA containing 0.5 % thiobarbituric acid and then heated at 70 °C for 30 min. After that the solution was immediately moved to an ice bath. The absorbance at 532 and 600 nm were recorded. The MDA concentration was calculated using an extinction coefficient of $1.55 \text{ mM}\cdot\text{cm}^{-1}$ as follows: $\text{MDA content} = [(\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600}) \times 2 \text{ mL} \times (\text{total volume of extract} \times 1 \text{ mL})] / (1.55 \times 10^{-1} \times \text{sample weight})$. Data was defined as nmol g^{-1} FW. α -Farnesene was assayed using the method of Zoffoli et al. (1998). Twelve cubes of the tissue of 1.0 cm^3 were excised from 3 pineapples. The sample was weighted before extracted with hexane at 4 °C for 24 h. The absorbance at 232 nm was observed. α -Farnesene was calculated using extinction coefficient at 27,700 (Huelin and Coggiola, 1968). Data was expressed as nmol g^{-1} FW.

Statistical Analysis

The experiments were performed according to a completed randomized design (CRD). Statistical analysis was carried out using the Analysis of Variances (ANOVA). Significant differences between means of data were compared using the Least Significant Difference (LSD) method at a significance level of $P \leq 0.05$. Data are shown as mean \pm standard deviation (SD).

Results and Discussion

***L** Value, Bbrowning Index (BI) and Internal Browning (IB) Severity**

Fig. 1 show L^* value, BI and IB severity score of the tissue adjacent to the core of Queen pineapples. The L^* value of control was obviously decreased over storage whilst that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples were similar and seemed constant in the first week of storage. Afterward, it decreased slightly. Both BI and IB severity score of the control were increased and significantly higher than those of both calcium peduncle-infiltrated pineapples ($P < 0.05$). The lowest of both BI and IB severity score were found in the CaGlu peduncle-infiltrated pineapples. The reduction of L^* value in fruit indicates darkening increase (Hernández-Muñoz, et al., 2008) which the both calcium applications reduced the decrease in L^* value and the increases in both BI and IB severity score. Hopfinger et al. (1984) described that calcium reduces browning incidence in fresh commodities by decreasing enzymatic browning reaction. Interestingly, we found that CaGlu usage could decrease BI and IB severity better than CaCl_2 usage. We presume that gluconic acid might also affect enzymatic browning reaction. Castañer et al. (1996) reported that gluconic acid usage could retard the darkening of head lettuce during cold storage. However, this evidence should be proven.

Visual Appearance of Internal Browning (IB) Incidence

The IB appearance of the pineapples during storage was shown in Fig. 2. Translucency of the tissue adjacent to core was obviously occurred in the control stored for 7 days at 13°C followed by 2 days at RT. Afterward, browning incidence was developed. IB appearance in the control was greater than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples. This evidence was similar to our previous work which calcium decreased IB in 'Trad-Srithong' and Cayenne pineapples (Youryon et al., 2013). A slight translucency of the tissue was found in CaCl_2 peduncle-infiltrated pineapples after stored for a week but no translucency was detected in the CaGlu peduncle-infiltrated pineapples. At the end of storage, IB appearance of CaCl_2 peduncle-infiltrated pineapples looked greater than that of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples. This evidence was concomitant with the results shown in Fig 1. Similarly, Akhtar and Rab (2014) had reported that CaGlu usage provided

high organoleptic quality including appearance and colour in strawberries compared to CaCl_2 usage.

The Activities of PAL and PPO and Total Phenols Content

As shown in Fig. 3, there was no significant difference in PAL activity of all treatments during stored for a week; however, the PAL activity of both calcium peduncle-infiltrated pineapples was slightly higher than that of control. At the end of storage, the PAL activity of control was increased and significantly higher than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples ($P < 0.05$) whilst that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples decreased at the end of storage. Although no significant difference in PPO activity between CaCl_2 and CaGlu peduncle-infiltrated pineapples during storage, PPO activity of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples was slight lower than that of CaCl_2 peduncle-infiltrated pineapples stored for two weeks. On the first week, TP content of all treatments did not differ. At the end of storage, TP content of the control increased significantly whilst that of the both calcium treated pineapples remained constant ($P < 0.05$). The evidence showed the positive relationship of the activities of PAL and PPO and TP content. PAL is commonly acknowledged as the key enzyme triggering phenylpropanoid pathway resulting in the accumulation of phenolic compounds (Zhou et al., 2003; Aghdam et al., 2013). Thus the increase in TP content of the control at the end of storage was accompanied with the increase in PAL activity. As the substrate of PPO reaction, the increase in TP content was also related to the increase in PPO activity resulting in high IB incidence in the control compared to the both calcium peduncle-infiltrated pineapples as shown in Fig. 1 and 2. Previous works had confirmed that severity of IB incidence in pineapple fruit is positively concomitant with the increases in PAL and PPO activities during storage (Zhou and Tan, 1992; Weerahewa and Adikaram, 2005; Zhang et al., 2015). Exogenous calcium usage could alleviate IB incidence in fruit due to the decrease in enzymatic browning reaction (Hopfinger et al., 1984). Previous works had reported that calcium application suppressed PPO activity and reduced the content of TP in avocados (Rensburg and Engelbrecht, 1986) and reduced the activity of PAL in fresh-cut lettuce (Roura et al., 2008). Ramezani et al. (2010) explained that calcium is able to bind

negatively charged molecules resulting in the decrease in PPO activity. This evidence suggest that both CaCl₂ and CaGlu usages decrease enzymatic browning reaction by reducing the activities of PAL and PPO and the content of TP in the tissue adjacent to core of pineapples during cold storage.

Electrolyte Leakage, LOX Activity and the Contents of MDA and Farnesene

The electrolyte leakage, LOX activity and the products of membrane lipid peroxidation such as MDA and farnesene of the tissue adjacent to core were shown in Fig. 4. Electrolyte leakage of all treatments increased significantly throughout storage ($P < 0.05$). The control had higher electrolyte leakage than both calcium peduncle-infiltrated pineapples over the storage. The electrolyte leakage of both calcium peduncle-infiltrated pineapples stored for a week was similar. We found that electrolyte leakage of the control was markedly higher than that of both calcium treated pineapples. The electrolyte leakage of CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples was significantly higher than that of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples. The pattern of LOX activity change was similar to that of electrolyte leakage which LOX activity of the control was higher than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples. At the end of storage, LOX activity of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples was significantly lower than that of CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples and control, respectively ($P < 0.05$). It is commonly acknowledged that MDA and farnesene are the products of membrane lipid peroxidation. We found that there was no significant difference in MDA content of all treatments stored at 13 °C for 7 days followed by 2 days at RT. Afterward, the MDA content of the control was markedly increased and significantly higher than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples which was similar. Interestingly, we found farnesene content of control was significantly higher than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples stored for a week. At the end of storage, the farnesene content of the control was obviously decreased and significantly lower than that of both calcium peduncle-infiltrated pineapples. The farnesene of both calcium peduncle-infiltrated pineapples was similar and seemed constant during storage. The increases in LOX activity and both MDA and farnesene contents indicated the increase in membrane peroxidation of the pineapples during storage. This evidence

indicates that both CaCl₂ and CaGlu usages could maintain membrane integrity and retarded membrane peroxidation in the pineapples. The decrease in membrane integrity of chilling-injured fruit is commonly associated with the loss of cell turgor and the increase in cell collapse which calcium increases vacuolar membrane integrity and stability, maintains cell turgor and delays membrane lipid catabolism in fresh commodities during cold storage (Kukura et al., 1998; Picchioni et al., 1998). Moreover, Ramezani et al. (2010) also reported that the maintenance of membrane integrity and stability by calcium might account for the decrease in K leakage and membrane permeability. Thus, IB incidence of the both CaCl₂ and CaGlu treated pineapples was inhibited, possibly via retarding membrane peroxidation.

Antioxidant Capacity and the Activities of G-POD and CAT

Fig. 5 shows antioxidant capacity and the activities of antioxidant enzymes such as G-POD and CAT. Increases in antioxidant capacity and CAT activity were found whilst G-POD activity was, in contrast, declined in all treatments during storage. Antioxidant capacity of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples was significantly higher than that of CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples and control, consequently, stored at 13 °C for 7 days followed by 2 days at RT ($P < 0.05$). At the end of storage, antioxidant capacity of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples was also slightly higher than that of CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples and control; however, no significant difference was found. Although no significant difference in G-POD activity between both calcium treatments and control stored at 13 °C for 7 days were found, the G-POD of CaGlu peduncle-infiltrated pineapples was higher than that of CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples and control. A significant decrease in G-POD activity was found in the control stored at 13 °C for 14 days followed by 2 days at RT ($P < 0.05$) whilst G-POD activity of both calcium peduncle-infiltrated pineapples was slightly declined. CaGlu peduncle-infiltrated pineapples stored at 13 °C for 14 days followed by 2 days at RT had higher G-POD activity than CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples and control, consequently. After storage at 13 °C for 7 days followed by 2 days at RT, the CAT activity of control was slightly higher than that of CaGlu and CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapples, respectively; however, no significant

difference between treatments was found. The CAT activity of both calcium peduncle-infiltrated pineapples increased markedly during storage compared to that of the control. At the end of storage, the highest CAT activity was found in CaGlu peduncle-infiltrated pineapples whilst that of both CaCl₂ peduncle-infiltrated pineapple and control was similar. In a similar vein, Kou et al. (2014) suggested that Ca treatment maintained CAT activity and antioxidant capacity in 'Huang guan' Pears compared to the untreated fruit. Wang et al. (2014) reported that postharvest calcium treatment enhanced total antioxidant capacity in sweet cherries during storage. Aghdam et al. (2013) suggested that an enhancing of antioxidant capacity by Ca treatment is due to stimulating the shikimate-phenylpropanoid-flavonoid pathways by increasing the PAL activity. Jiang and Huang (2001) demonstrated that Ca²⁺ treatment maintained antioxidant capacity and enhanced the activities of antioxidant enzymes such as CAT, POD and SOD in plants. An enhanced antioxidant enzymes activity such as CAT and POD by Ca treatment alleviates the damage of cell membrane due to the reduction of H₂O₂ accumulation (Jiang and Huang, 2001). Thus, the inhibition of IB incidence of both Ca peduncle-infiltrated pineapples was due to the enhanced antioxidant capacity and antioxidant enzymes activities and the decrease in membrane permeability and membrane lipid peroxidation. Interestingly, we found that CaGlu peduncle infiltration could induce antioxidant capacity and CAT activity and delayed the reduction of G-POD in the pineapples rather than CaCl₂ application.

Conclusion

Both calcium peduncle infiltrations could retard the occurrence and severity of IB incidence in 'Queen' pineapple during cold storage. The increased IB incidence in the pineapples obviously associated with the increases in membrane dysfunction, lipid peroxidation, TP content and the activities of browning enzymes such as PAL and POD. Both calcium peduncle infiltrations retarded the increases in membrane lipid peroxidation, TP content and the activities of both browning enzymes. CaGlu peduncle infiltration had higher effect retarding IB incidence including enzymatic browning reaction and delaying membrane degradation than CaCl₂ peduncle infiltration. Moreover, CaGlu peduncle infiltration also induced antioxidants and CAT activity in the pineapple during cold

storage. We suggest that CaGlu peduncle infiltration is an alternative technique effectively alleviating IB incidence in pineapple fruit.

Acknowledgements: This work was financially supported by National Research Council Thailand. We thank King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon campus for supporting facilities in this project.

Literature Cited

- Aghdam MS, Bodbodak S** (2013) Physiological and biochemical mechanism regulating chilling tolerance in fruit and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. *Sci Hort* 156: 73-85
- Akhtar I, Rab A** (2014) Influence of calcium sources and concentration on the storage performance of strawberry fruit. *J Agric Sci Technol B* 4: 661–673
- Castañer M, Gil MI, Artes F, Tomas-Barberan FA** (1996) Inhibition of browning of harvested head lettuce. *J Food Sci* 61(2): 314–316
- De La Cruz Medina J, García HS** (2005) Pineapple: Post-harvest operations. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compndium_-_Pineapple.pdf. Accessed 2 May 2017.
- Galeazzi MAM, Sgarbieri VC, Constantinides SM** (1981) Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L). *J Food Sci* 46: 150-155
- Gilroy S, Blowers DP, Trewavas AJ** (1987) Calcium: a regulation system emerges in plant cells. *Development* 100: 181-184.
- Hassan A, Othman Z, Siriphanich J** (2011) Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.); Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, Yahia EA (Ed.), Cambridge, Woodhead Publishing Limited.
- Heath RL, Packer L** (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: II. Role of electron transfer. *Arch Biochem Biophys* 125: 850-857

- Herath HMI, Bandara DC, Abeysinghe Banda DMG** (2003) Effect of pre-harvest calcium fertilizer application on the control of internal browning development during the cold storage of pineapple 'Mauritius' (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *J Hortic Sci Biotechnol* 78 (6): 762-767
- Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valle VD , Velez D, Gavara R** (2008) Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem* 110: 428-435
- Hewajulige IGN , Wilson Wijeratnam RS, Wejesundera RLC** (2006) Pre-harvest application of calcium to control black heart disorder in Mauritius pineapples during low-temperature storage. *J Sci Food Agric* 86: 420-424
- Hewajulige IGN , Wilson Wijeratnam RS , Wejesundera RLC, Abeysekere M** (2003) Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. *J Sci Food Agric* 83: 1451-1454
- Hopfinger JA, Poovaiah BW, Patterson ME** (1984) Calcium and magnesium interactions in browning of 'Golden Delicious' apples with bitter pit. *Sci Hortic* 23(4): 345-351.
- Huelin FE, Coggiola IM** (1970) Superficial scald, a functional disorder of stored apples: V. Oxidation of α -farnesene and its inhibition by diphenylamine. *J Sci Food Agric* 21: 44-48
- Jiang Y, Huang B** (2001) Effects of calcium on antioxidant activities and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. *J Exp Bot* 52(355): 341-349
- Kou XH, Guo W, Guo R, Li X, Xue Z** (2014) Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang Guan" during storage. *Food Bioprocess Tech* 7(3): 671-681
- Kukura JL, Beelman RB, Peiffer M, Walsh R** (1998) Calcium chloride added to irrigation water of mushrooms (*Agaricus Bisporus*) reduces postharvest browning. *J Food Sci* 63(3): 454-457
- Labingoldscher R, Edenstein S** (1996) Calcium citrate: a revised look at calcium fortification. *Food Technol* 50: 96-98.

- Matinéz GA, Chaves AR, Anon MC** (1996) Effect of exogenous application of gibberellic acid on color change and phenylalanine ammonia-lyase, chlorophyllase, and peroxidase activities during ripening of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.). *J Plant Growth Regul* 15(3): 139-146.
- Office of Agricultural Economics** (2017) Export statistics. <http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/amphoe/pineapple-amphoe57.pdf>. Accessed 2 May 2017.
- Om-arun N, Siriphanich J** (2005) Hydrogen peroxide and ascorbic acid contents, superoxide dismutase and catalase activities in Smooth Cayenne and Queen pineapples during cold storage. *Acta Hort* 682: 611-616.
- Pérez AG, Sanz C, Olías R, Olías JM** (1999) Lipoxygenase and hyperoxide lyase activities in ripening strawberry fruits. *J Agric Food Chem* 47: 249-253
- Picchioni GA, Watada AE, Conway WS, Whitaker BD, Sams CE** (1998) Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid metabolism in apple fruit. *J Agric Food Chem* 46: 2452-2457
- Ramezani A, Rahemi M, Maftoun M, Kholdebarin B, Eshghi S, Safizadeh MR, Tavallali V** (2010) The ameliorative effects of spermidine and calcium chloride on chilling injury in pomegranate fruits after long-term storage. *Fruits* 65(3): 169-178
- Rensburg van E, Engelbrecht AHP** (1986) Effect of calcium salts on susceptibility to browning of avocado fruit. *J Food Sci* 51(4): 1067-1068
- Roura SI, Pereyra L, del Valle CE** (2008) Phenylalanine ammonia lyase activity in fresh cut lettuce subjected to the combined action of heat mild shocks and chemical additives. *LWT-Food Sci Technol* 41(5): 919-924
- Slinkard K, Singleton VL** (1997) Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28: 49-55.
- Supapvanich S, Pimsaga J, Srisujan P** (2011) Physiochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L. M. Perry) during storage. *Food Chem* 127: 912-917

- Wang Y, Xie X, Long L** (2014) The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chem* 160: 22-30
- Weerahewa D, Adikaram NKB** (2005) Some biochemical factors underlying the differential susceptibility of two pineapple cultivars to internal browning disorder. *Ceylon J Sci Biol Sci* 34: 7-20
- Wilson Wijeratnam RS, Abeyesakere M, Surjani P** (1993) Studies on black heart disorder in pineapple varieties grown in Sri Lanka. *Acta Hortic* 334: 317-324
- Wilson Wijeratnam RS, Hewajulige IGN, Wejesundera RLC, Abeysekere M** (2006) Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. *Acta Hortic* 702: 203-208.
- Youryon P, Wongs-Aree C, McGlasson WB, Glahan S, 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. *Inter Food Res J* 20(1): 239-246
- Zhang J, Huang W, Pan Q, Lui Y** (2005) Improvement of chilling tolerance and accumulation of heat shock proteins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Jingxiu) by heat pretreatment. *Postharvest Biol Technol* 38: 80-90
- Zhang Q, Liu Y, He C, Zhu S** (2015). Postharvest exogenous application of abscissic acid reduces internal browning in pineapple. *J Agric Food Chem* 63: 5313-5320
- Zhou Y, Tan X** (1992) Mechanism of blackheart development induced by low temperature and gibberellic acid in pineapple fruit. *Acta Hortic* 425: 587-593
- Zhou Y, Dahler JM, Underhill SJR, Wills RBH** (2003) Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. *Food Chem* 80: 565-572
- Zoffoli JP, Richardson D, Chen P, Sugar D** (1998) Spectrophotometric characterization of superficial and senescent scald in pear fruits relative to different stages of maturity. *Acta Hortic* 475: 543-558

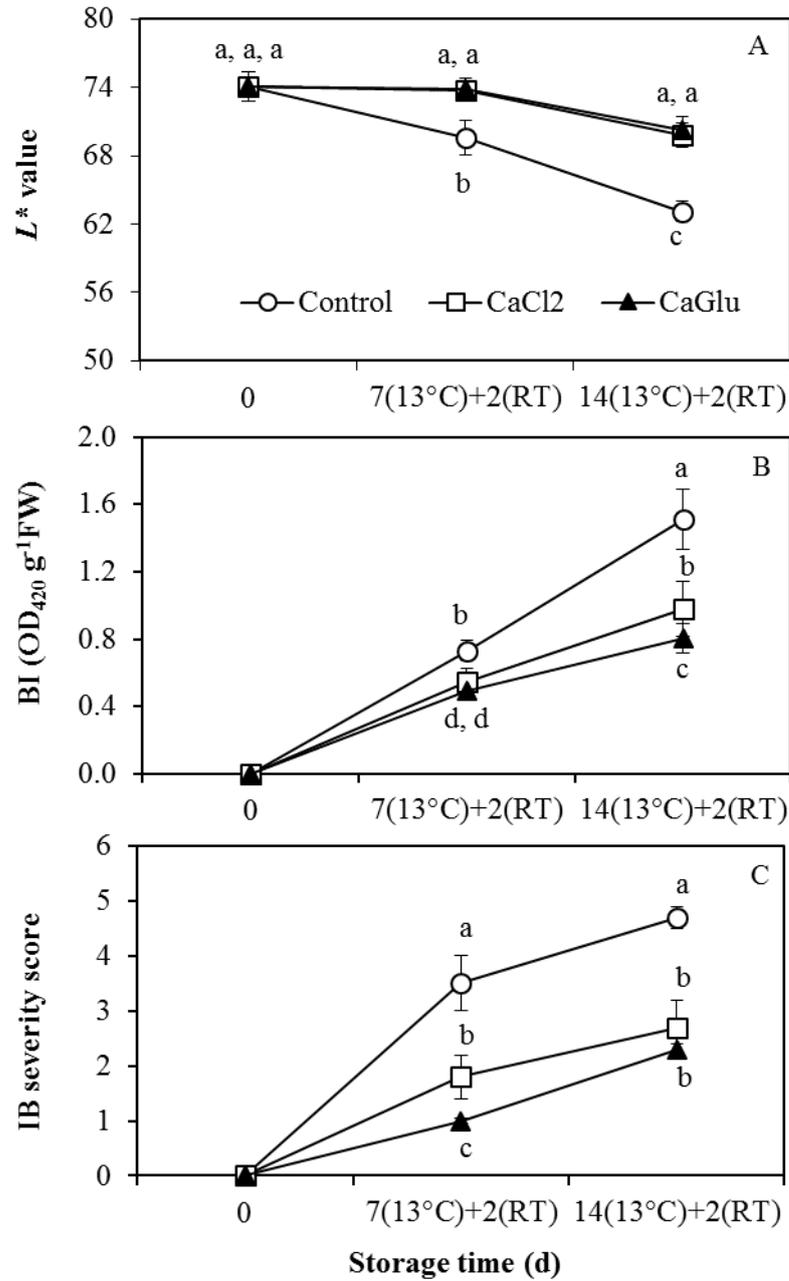


Fig. 1. L* value (A), BI (B) and IB severity score (C) of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit treated with 2 % CaCl₂ or 2 % CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 or 14 d followed by 2 d at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

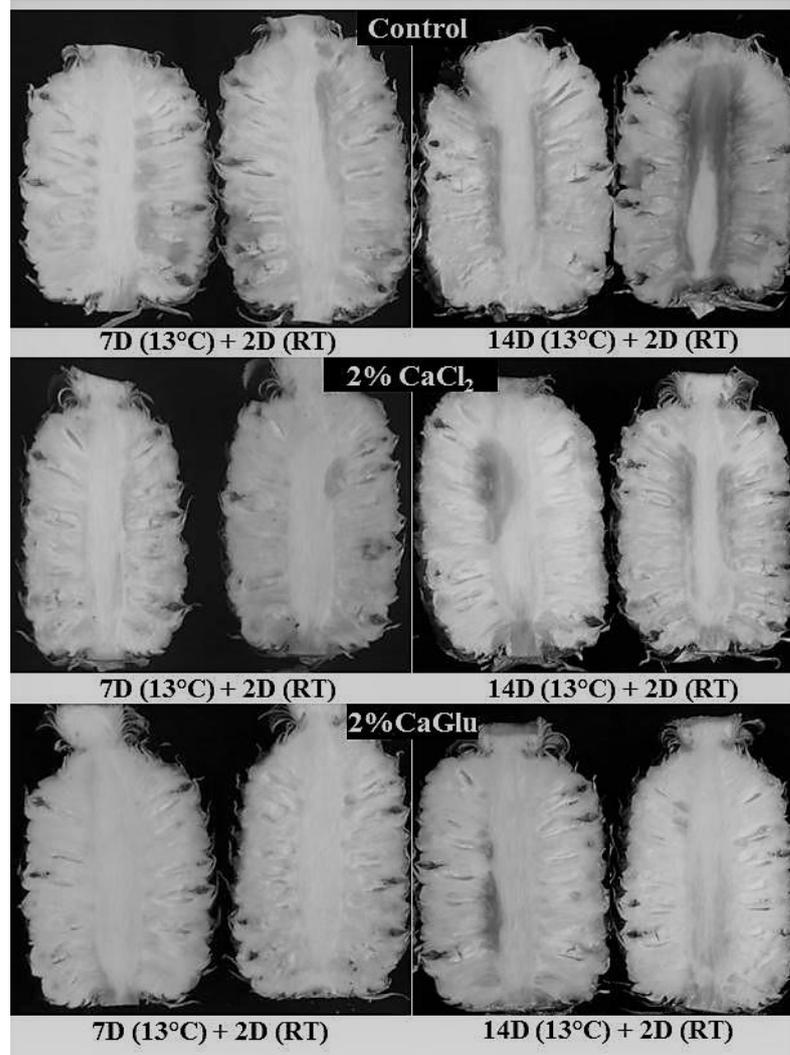


Fig. 2. Visual internal browning incidence of control, 2 % CaCl₂ and 2 % CaGlu treated 'Sawi' pineapple fruit during stored at 13 °C for 7 and 14 d followed by 2 d at RT.

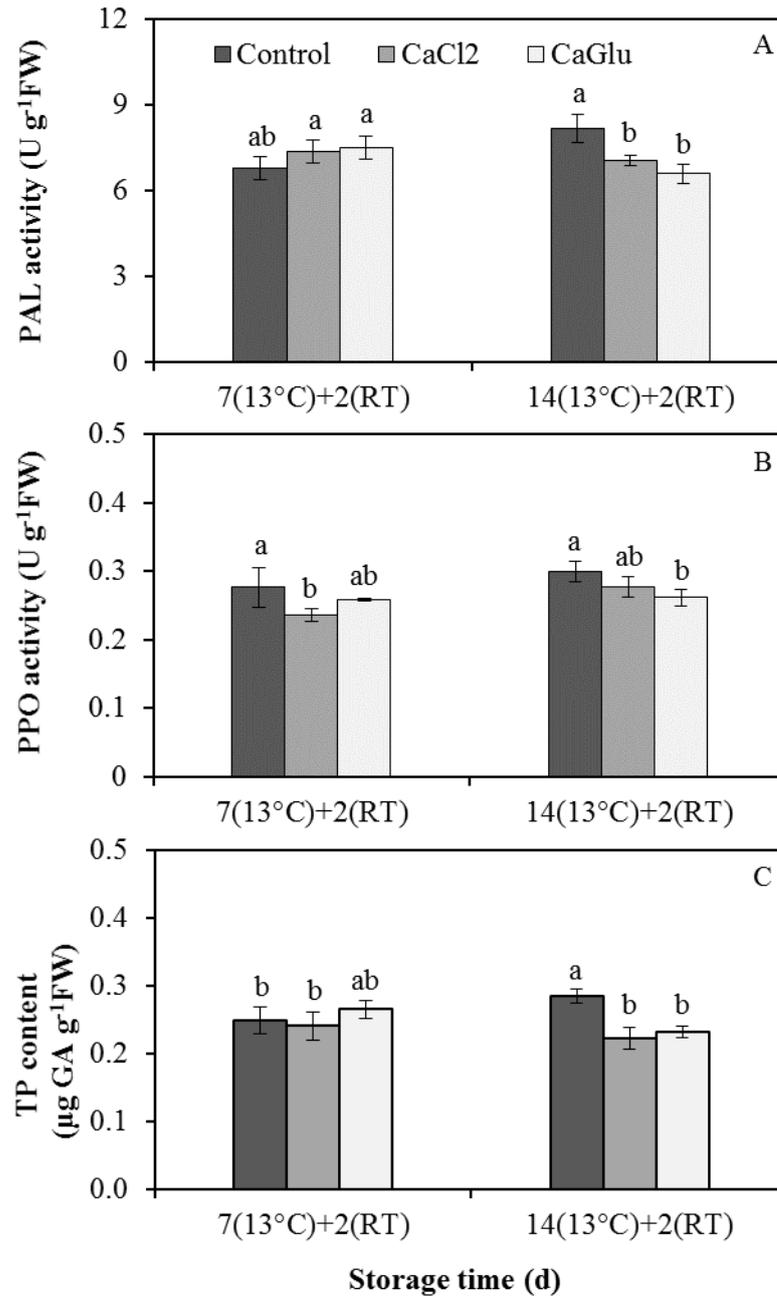


Fig. 3. The activities of PAL (A) and PPO (B) and TP content (C) of tissue adjacent to core of 'Sawi' pineapple fruit treated with CaCl₂ or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 d followed by 2 d at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

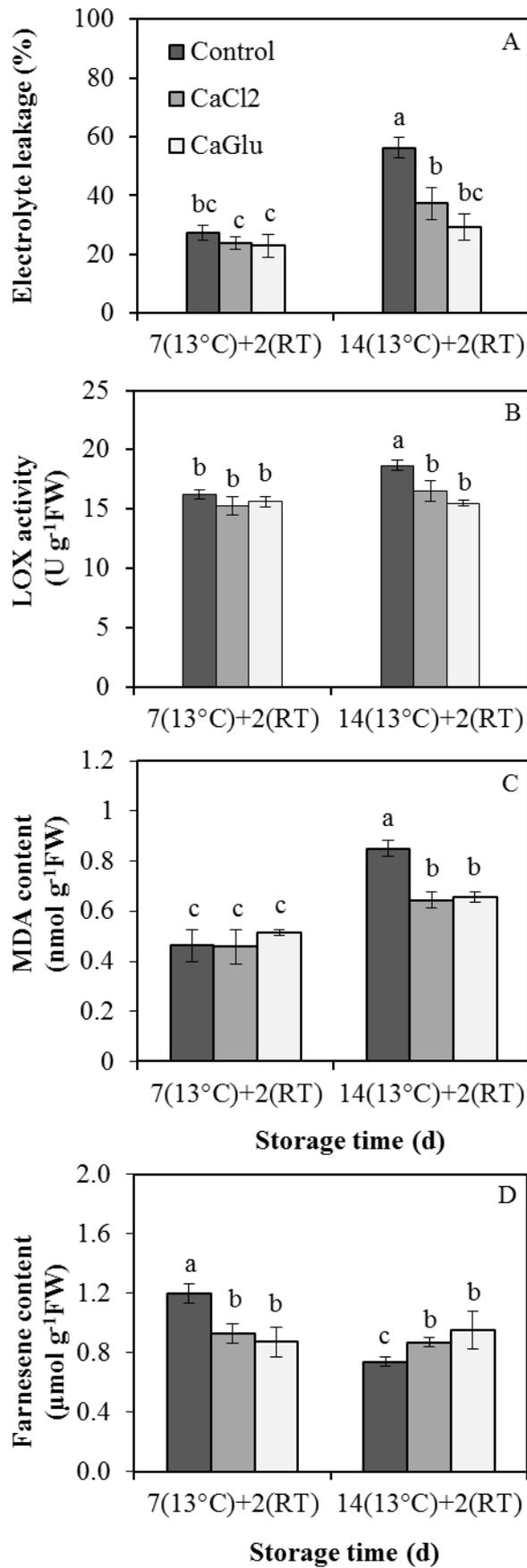


Fig. 4. Electrolyte leakage (A), LOX activity (B), MDA content (C) and farnesene content (D) of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit treated with CaCl₂ or CaGlu

solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 d followed by 2 d at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

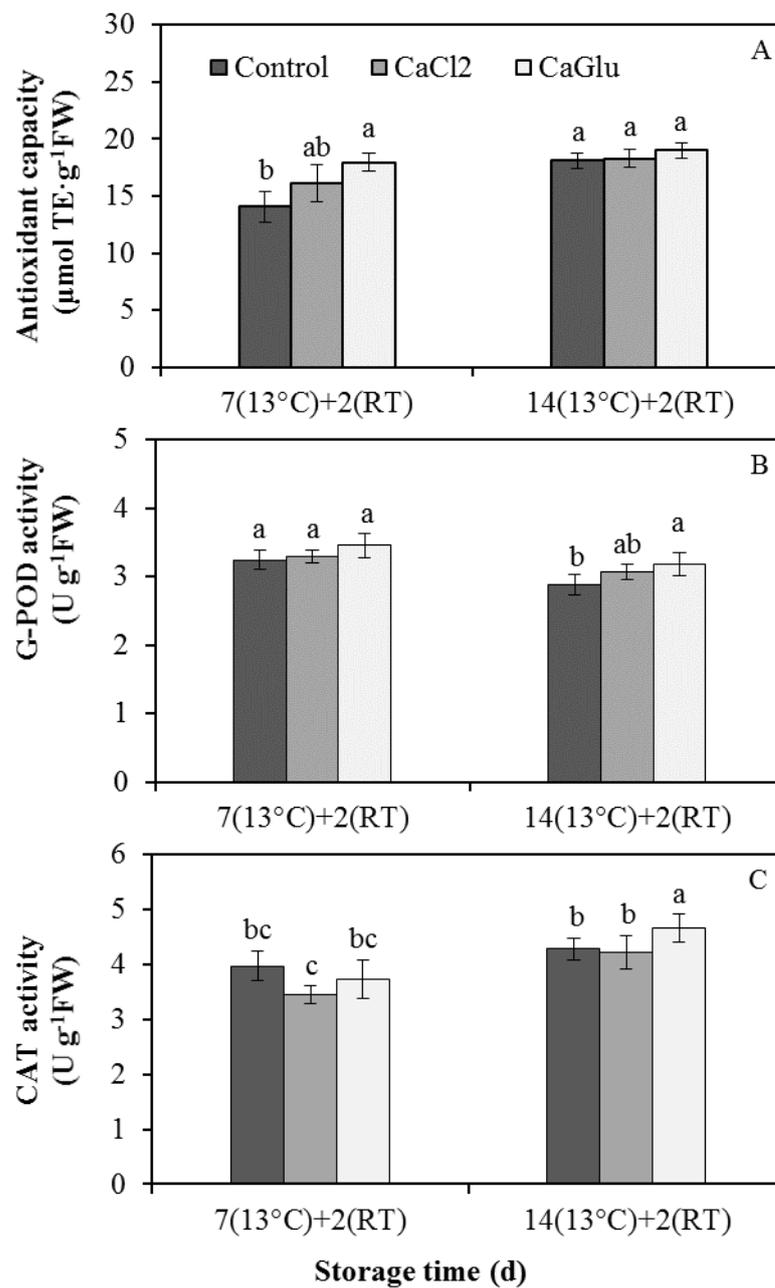


Fig. 5. Antioxidant capacity (A) and the activities of G-POD (B) and CAT (C) of tissue adjacent to the core of 'Sawi' pineapple fruit treated with CaCl₂ or CaGlu solutions during stored at 13 °C for 7 and 14 d followed by 2 d at RT. The vertical bar represents the standard deviation of the mean (n = 4). Values different letters within the same figure are significantly different at $P < 0.05$.

Impact of seasonal characteristics (rainfall and temperature) on internal browning incidence of Queen pineapple fruit during cold storage

Pannipa Youryon¹, Suriyan Supapvanich^{2*}, Chalermchai Wongs-Aree³ and Pornprapa Kongtrakul¹

¹ Department of Horticulture, Prince of Chumphon campus, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Pathiu, Chumphon province, 86160 Thailand

² Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

³ Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

* Corresponding author: suriyan.su@kmitl.ac.th

Abstract

The aim of this study was to investigate the impact of climate characteristics (rainfall and temperature) on internal browning (IB) incidence of Queen pineapple fruit cv. 'Sawee' stored at 13°C for 7 and 14 days followed by 2 days at room temperature (RT). The pineapple fruit were harvested in early summer (7th March 2016) and early rainy (17th October 2016) seasons. The IB appearance, lightness (L^*), browning index (BI), IB score, malondialdehyde (MDA) content and the activities of polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and lipoxygenase (LOX) of tissue adjacent to core were monitored. The IB incidence of the pineapple fruit was markedly correlated with the rainfall rate during the fruit development. The severity of IB incidence in the summer-harvested pineapple fruit was greater than the rainy-harvested fruit whilst temperature between summer and rainy seasons did not differ and had no influence on IB incidence. The severity of IB incidence was positively associated with the membrane dysfunction as LOX activity and MDA content increased and the increases in browning enzyme activities such as PPO and PAL whereas POD activity might be not a key enzyme inducing IB incidence.

Keywords: Season; Queen pineapple fruit; internal browning; rainfall rate

Introduction

Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) is the third most commercially important tropical fruit after bananas and citrus (FAO, 2009). It is originated from South America and pineapple plants are currently cultivated over a wide range of tropical regions (Hassan et al., 2011). Pineapple is also one of most commercial fruit in Thailand which the most planted areas are in the south and north of the country. Thailand has been claimed as the top 5 country producing pineapple in the world (Hassan et al., 2011). Of the total of 1,789,890 tonnes (in 2016), approximate 83% and 17% were processed and fresh-consumed, respectively (Murray, 2017). In 2016, 2,355 tonnes of fresh and chilled pineapple fruit were exported from Thailand (Office of Agricultural Economics, 2017). Recently, there are two groups of pineapples, Cayenne and Queen, grown for commercial which cultivars in Queen group are produced for fresh consumption. 'Sawee' and 'Phuket' pineapples (Queen group) are the most important commercial cultivars in the south of Thailand. It is widely accepted that Queen pineapple fruit are more susceptible to IB incidence and translucency than Cayenne pineapple fruit (Wilson Wijeratnam et al., 1993; Pusittigul et al., 2012). Translucency and browning of tissue adjacent to core are common symptom occurred in Queen pineapple fruit during storage. Om-arun and Siriphanich (2005) had reported that no IB incidence was not found in Smooth cayenne pineapple fruit during cold storage for 3 weeks whilst IB incidence in Queen pineapple fruit increased progressively during the storage. Translucency and IB incidence in pineapple fruit has been linked to the loss of membrane integrity and the stress-induced browning enzymes, especially PAL and PPO.

Climatic condition is a most preharvest factors influencing the quality and development of IB incidence in pineapple fruit during storage (Joomwong, 2006; Paull and Reyes, 1996). Temperature and rainfall have been claimed as the major climatic factors inducing IB incidence in pineapple fruit (Hassan et al., 2011). High rainfall or irrigation regime leads to more marked enhancement in oxidative enzymatic activities including PPO and PAL and susceptibility to browning and softening in plant tissues (Wurr et al., 2002; Sen and Mukherji, 2009; Luna et al., 2012; Luna et al., 2013). Paull and Reyes (1996) also suggested that the severity of translucency in Hawaiian pineapple fruit is depended upon the different temperature in a period 3 months before harvest. In the similar vein, Zhang et al. (2015) reported that the difference in IB incidence between spring and autumn pineapples was associated with the temperature and rainfall during fruit development.

The most production of Queen pineapple cv. 'Sawee' in Thailand is Chumphon Province and the climate in the south of Thailand is unique from other parts as there is only

two seasons, rainy and summer. Thus, the focus of this study was to investigate the influence of environmental factors such as temperature and rainfall on IB incidence in ‘Sawee’ pineapple fruit during cold storage.

Materials and Methods

Plant materials

Queen pineapple plant cv. Sawee was grown at Prince of Chumphon Campus, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Pratieu District, Chumphon Province. The pineapple plants were flowered in 6th October 2015 and 16th May 2016 in order to harvest the fruit in 7th March 2016 (early summer) and 17th October 2016 (early rainy). The fruit at 70% maturity (commercial maturity) were harvested and delivered to Postharvest Laboratory, Department of Horticulture, and Prince of Chumphon Campus. The fruit were screened on the basis of uniformity in size (average weight about 600 g) and free from physical damage or disease symptoms and then stored at 13°C and 93 %RH for 7 and 14 days, and then transferred to room temperature (28 °C) for 2 days. IB incidence, BI, IB score, L^* value, MDA content and the activities of PPO, POD, PAL and LOX of tissue adjacent to core were determined. The experiments were replicated four times (5 fruit per replicate).

Rainfall rate and temperature data during the period of the pineapple fruit development were obtained from Pratieu Provincial Agricultural Extension Office, Chumphon Province.

Internal browning incidence assessment

Eight pineapple fruit, two from each replicate, stored at 13°C for 7 and 14 days were sampled and then transferred to room temperature for 2 days. After that the fruit were vertically half-cut for monitoring the development of IB symptom. IB incidence was monitored by taking photographs of the half-cut fruit. IB score was evaluated by using hedonic test. A simplified IB score from 0 to 5 along the tissue adjacent to core: score 0, no symptom at all; score 1, presence of small translucent spots turning brown (not more than 5%); score 2 present of 5-10% translucent spots turning brown; score 3, presence of 11-20% translucent spots turning brown; score 4, presence of 21-30% translucent spots turning brown; score 5, presence of more than 30% translucent spots turning brown. Ten trained panels were used to evaluate the severity of IB symptom in the pineapple fruit.

L value and BI measurements*

The L^* value of the tissue adjacent to core was measured using a HunterLab MiniScan@ XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA). BI was assayed using the method described by Supapvanich et al. (2011). Three grams of the tissue adjacent to core were homogenized with 100 mL of 65% (v/v) ethanol and then left at ambient temperature for 2 h. The extract was filtered using Whatman No.1 filter paper and then the absorbance at 420 nm was recorded. Data were expressed as OD₄₂₀ per g fresh weight.

The assays of PPO and POD activities

A 5 g of the tissue adjacent to core was homogenized in 20 mL of 0.1 M sodium phosphate buffer pH 7.0 containing 0.3 g of polyvinylpyrrolidone (PVPP) and then stirred at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 30 min. The homogenized sample was filtered using Whatman No. 1 filter paper at $2\pm 1^\circ\text{C}$ and the supernatant was collected and kept in an ice-bath. PPO activity was assayed using the method of Galeazzi et al. (1981). The reaction was begun when 1.25 mL of the enzyme extract was added into the solution of 1.25 mL sodium phosphate buffer pH 7.0 and 0.5 mL 100 mM pyrocatechol. One unit of PPO activity was defined as a change of 0.01 in absorbance at 420 nm per min. POD activity was determined by using the method of Zhang et al. (2005). The reaction started when 0.5 mL of extract was mixed into 2.5 mL of the mixture of 1 % H₂O₂ and 0.5% (v/v) guaiacol solution in sodium phosphate buffer pH 7.0. One unit of POD activity was defined as a change of 0.01 in absorbance at 470 nm per min.

The assay of PAL activity

A 5 g of the tissue adjacent to core was homogenized with 25 mL of the mixture of 0.1M borate buffer pH 8, 5mM β -mercaptoethanol, 2mM EDTA and 1% (w/v) PVPP and then stirred for 30 min at 4 °C. The sample was filtered using Whatman No. 1 filter paper and the supernatant was collected and kept in an ice-bath. The activity of PAL was assayed using the method carried out by Matinéz et al. (1996). The substrate contained 2.75mL of 60mM L-phenylalanine in 0.1M borate buffer pH 8. The substrate was pre-incubated at 37°C for 15 min. The reaction was started when 0.25mL of enzyme extract was mixed with the lukewarm substrate solution. The reaction was operated at 37°C for 30 min and was stopped by adding 0.1mL of 6 N HCl. One unit of PAL activity was defined as an increased OD₂₉₀ of 0.01 per min.

The assay of LOX activity

A 5 g of tissue adjacent to core was homogenized in 20 mL of Tris-HCl buffer pH 7.0 containing 0.3 g of PVPP. The homogenized sample was then stirred for 30 min at 4 °C and filtered using Whatman No. 1 filter paper. The enzyme extract was collected and kept in an ice-bath. LOX activity was assayed using the method described by Pérez et al. (1999) with slight modification. A 3 mL aliquot of the enzyme extract was mixed with 3 mL of 0.1 M sodium phosphate buffer pH 6.0. The reaction started when 50 µL of 0.01 M linoleic acid sodium salt was added into the enzyme extract. An increased absorbance at 234 nm was measured against blank solution. One unit was expressed as 1 µmole hydroperoxide formed per minute at ambient temperature (28°C). The LOX activity was expressed as units per gram fresh weight (units/g FW).

The determination of MDA content

A 5 g of the tissue adjacent to core was homogenized in 20 mL of 5 % trichloroacetic acid and then filtered through Whatman No.1 filter paper. The extract was collected. The MDA content was determined following the method of Heath and Packer (1968). One mL aliquot of the sample was mixed with 2 mL of the solution of 15 % TCA containing 0.5 % thiobarbituric acid and then heated at 70 °C for at least 30 min. After that the solution was immediately moved to an ice bath. The absorbances at 532 and 600 nm were recorded. The MDA concentration was calculated using an extinction coefficient of $1.55 \text{ mM}\cdot\text{cm}^{-1}$ as follows: $\text{MDA content} = [(\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600}) \times 2 \text{ mL} \times (\text{total volume of extract} \times 1 \text{ mL})] / (1.55 \times 10^{-1} \times \text{sample weight})$. The data were defined as nanomoles of MDA per gram fresh weight ($\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$ FW).

Statistical analysis

The experiments were performed according to a completed randomized design (CRD). Statistical analysis was carried out using the Analysis Of Variances (ANOVA) performed in SAS program. Significant differences between means of data were compared using the Least Significant Difference (LSD) method at a significance level of $P \leq 0.05$. Data are shown as mean \pm standard deviation (SD).

Results and discussions

The rainfall rate and day temperature during pineapple fruit development

Regarding to the reports of Soler (1994), Paull and Reyes (1996) and Zhang et al. (2015), temperature and rainfall during pineapple fruit development are the key environmental factors relating the severity and incidence of IB. The rainfall rate and temperature between October 2015 and October 2016 at Pratiu District, Chumphon Province, where the pineapple plants were grown, were shown in Table 1. The pineapple plants were flowered in October 2015 and May 2016 and the fruit were then harvested in March 2016 (early summer season) and October 2016 (early rainy season), respectively. The averages of rainfall rate during the summer- and rainy-harvested fruits development were 1,161.5 mm and 706.5 mm, respectively. The average temperatures during the both summer- and rainy-harvested fruits development were approximately 27 and 28 °C, respectively. These indicated that the rainfall rate during the development of the summer-harvested pineapple fruit was dramatically higher than that of the rainy-harvested fruit whilst the average temperatures during the both fruits development were close. At the harvesting month, the rainfall rate in March 2016 was approximately 3 times lower than that in October 2016 and the average temperature in March 2016 was 1.5 °C higher than that in October 2016.

Table 1. Climate condition at Pratiu district Chumphon province during the pineapple fruit development periods.

Climate condition	Month											
	Year 2015			Year 2016								
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	May	June	July	Aug	Sep	Oct
Rainfall rate (mm/day)	308.8	452.4	283.8	108.0	8.5	88.6	87.5	99.4	272.4	154.8	92.4	287.3
Temperature (°C)	27.3	27.3	26.7	27.1	26.8	28.4	29.4	28.1	28.5	27.8	27.1	26.9

L value, BI and IB score and the appearance of IB incidence of 'Sawee' pineapple fruit*

The L^* value, BI and IB score of the tissue adjacent to core were shown in Fig. 1. The L^* values of both summer- and rainy-harvested pineapple fruits were similar and slightly decreased after stored at 13°C for 7 days (Fig. 1A). After cold storage for 14 days followed by 2 days at room temperature, the L^* value of summer-harvested pineapple fruit significantly decreased and was lower than that of the rainy-harvested pineapple fruit. Both

BI and IB score of summer-harvested pineapple fruit were higher than those of rainy-harvested pineapple fruit and they obviously increased during cold storage (Fig 1B and 1C). The decreased L^* values of the both summer- and rainy-harvested pineapple fruits during storage were concomitant with the increases in both BI and IB score which they sharply increased in summer-harvested pineapple fruit when compared to those of rainy-harvested pineapple fruit after cold storage for 14 days. The appearance of the half-cut 'Sawee' pineapple fruit harvested in summer and rainy seasons during cold storage were shown in Fig.2. The IB incidences of the both summer-and rainy-harvested pineapple fruits held at cold temperature for 7 days following 2 day at room temperature were small. IB incidence was obviously present in the both summer- and rainy-harvested pineapple fruits after storage for 14 days. The summer-harvested pineapple fruit had higher IB incidence than rainy-harvested fruit. The high IB incidence in summer-harvested pineapple fruit was also indicated by the lower L^* value and the higher BI and IB score when compared to those of the rainy-harvested fruit (Fig. 1). We also found that the high IB incidence of the summer-harvested pineapple fruit was obviously associated with the higher rainfall rate during the fruit development when compared to that of the rainy-harvested pineapple fruit development (Table 1). This suggests that a high rainfall rate 2-4 months before harvest causes more severity and higher incidence of IB in the pineapple fruit. However, we found that the average temperature during the both pineapple fruits development was not the main factor affecting the IB incidence, possibly because the temperature for the whole year was close (26.8-29.4°C). Thus, we suggest that rainfall rate is a key environmental factor affecting IB incidence and severity of pineapple fruit grown in South of Thailand whilst the temperature change during the fruit development was not. This result contrasts with the report of Paull and Reyes (1996) who suggested that rainfall rate was not the major factor in IB and translucent incidence of pineapple fruit grown in Hawaii but the key factor was the maximum and minimum temperature during fruit development. Zhang et al. (2015) noticed that the high IB incidence in autumn/winter pineapples was related to the weather during fruit development as the autumn/winter pineapples is exposed to the high temperature and rainfall during summer in China. These indicate that the differences in geography and climate of pineapple plantation obviously impact to environmental factors affecting the incidence and severity of IB in the fruit.

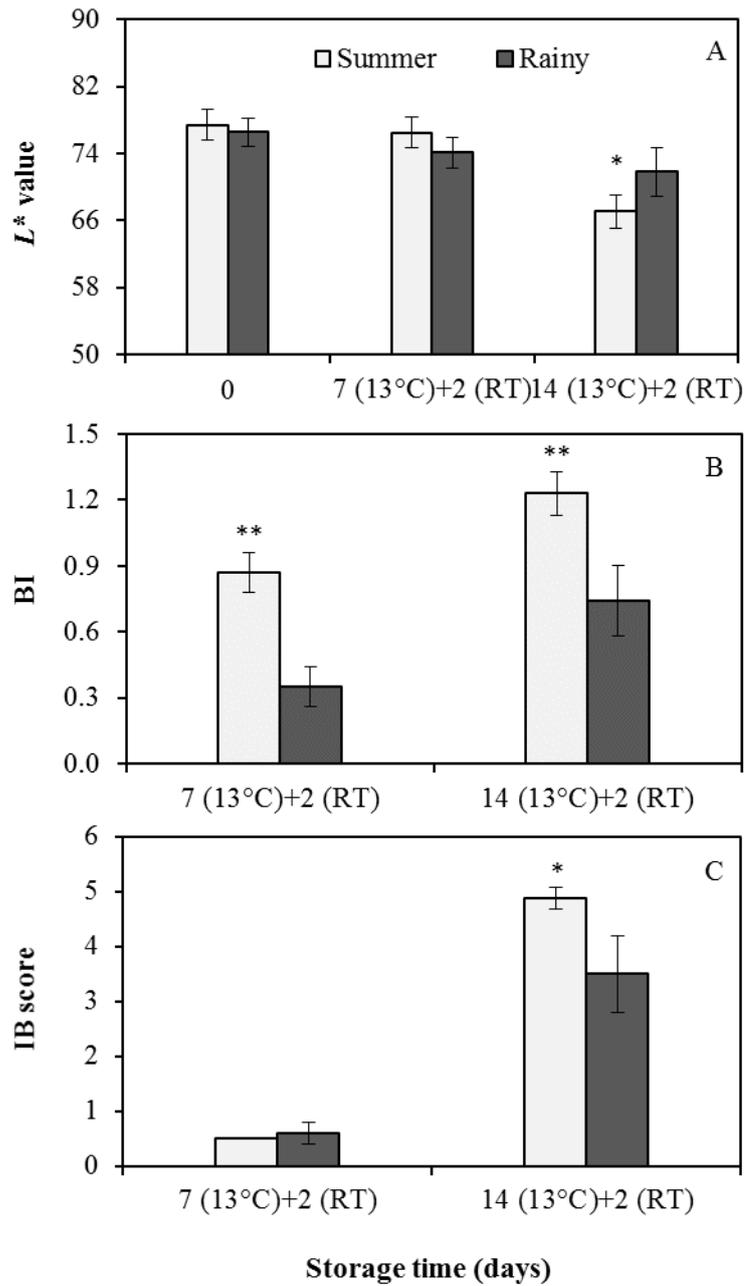


Fig. 1. Lightness (L^*) (A), browning index (BI) (B) and internal browning (IB) score of tissue adjacent to core of 'Sawee' pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=8). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [$**$ ($P < 0.001$); $*$ ($P < 0.05$)].

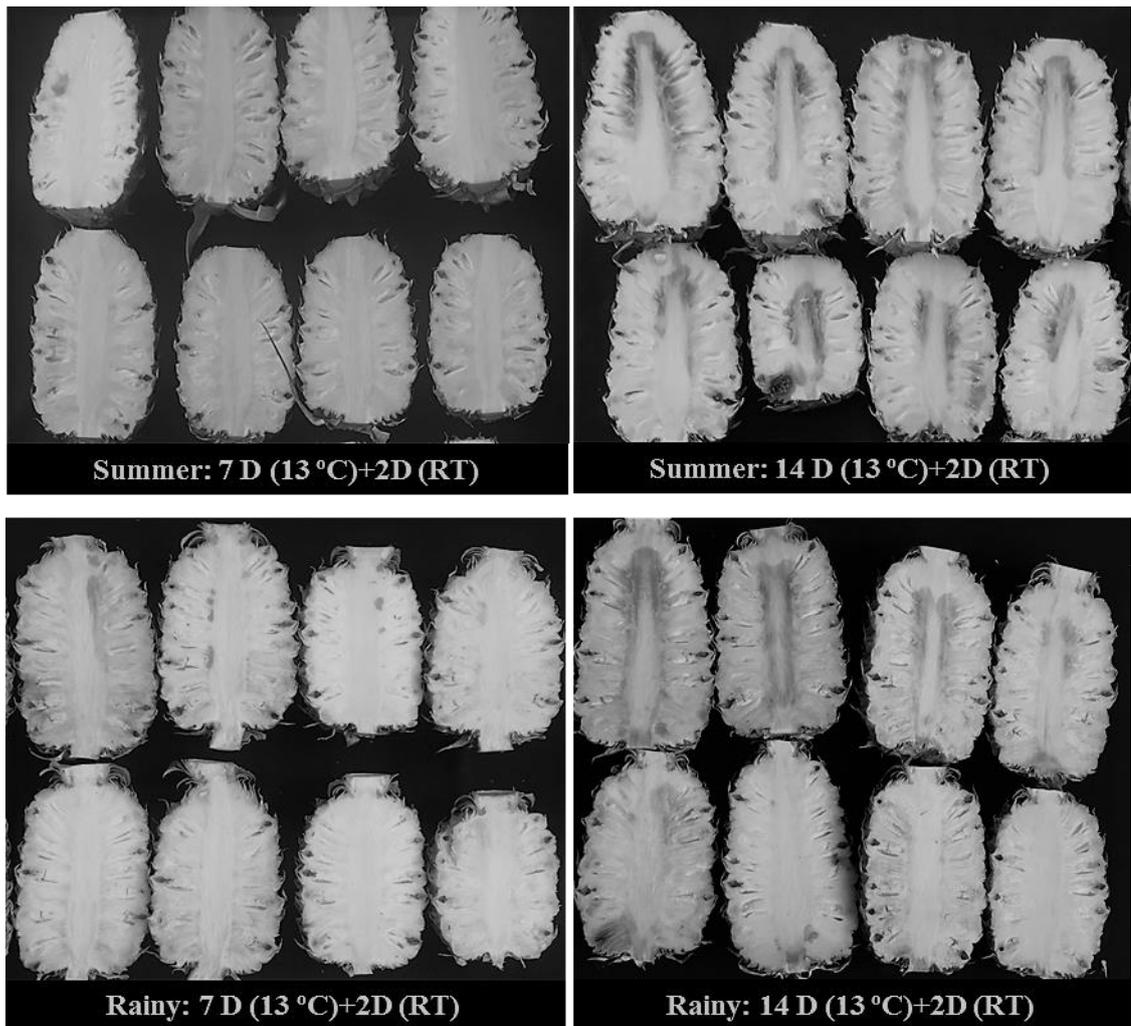


Fig. 2. Internal browning (IB) incidence of 'Sawee' pineapple fruits harvested in summer (7 Mar 2016) and rainy (17 Oct 2016) seasons stored at 13°C for 7 and 14 days followed by 2 days at room temperature (RT).

The activities of browning enzymes

Fig. 3 shows PPO, POD and PAL activities of tissue adjacent to core of the both pineapple fruits during storage. The increases in all enzymes activities were detected throughout the storage. The activities of PPO and PAL of both summer- and rainy-harvested pineapple fruit during storage for 7 days were similar (Fig. 3A and 3C). After day 14 of the cold storage following 2 days at room temperature, both PPO and PAL activities of summer-harvested pineapple fruit noticeably increased and were higher than those of rainy-harvested pineapple fruit. This indicates the increase in oxidation of phenolic compounds which was concomitant with increased IB severity in the fruit (Zhang et al., 2015). The POD activity of summer-harvested pineapple fruit was higher and progressively increased greater than that of rainy-harvested pineapple fruit throughout the

storage. It is widely accepted that POD is an antioxidative enzyme stimulating by both abiotic and biotic stresses (Supapvanich and Promyou, 2013). Thus, the higher POD activity in summer-harvested fruit might be related to the water deficiency stress as the rainfall rate was very low (8.5 mm) in last month before harvest. Zhang et al. (2015) reported that the enhanced enzymatic antioxidant systems including catalase (CAT) and POD by abscisic acid treatment caused the reduction of IB in pineapple fruit during cold storage. These suggest that the increases in both PPO and PAL activities of summer-harvested pineapple fruit on day 14 of the storage were markedly associated with the higher severity of IB incidence whereas the effect of POD-induced IB incidence in the pineapple fruit is ambiguous. Previous works had confirmed that severity of IB incidence in pineapple fruit is positively correlated with the increases in PPO and PAL activities during storage (Zhou and Tan, 1992; Weerahewa and Adikaram, 2005; Zhang et al., 2015). Zhou and Tan (1992) and Zhou et al. (2003) reported that IB in pineapple fruit was associated with PAL-initiated synthesis of phenylpropanoid compounds which were subsequently oxidized by PPO activity. However, POD activity had been reported that there was no influence on IB incident in pineapple fruit during storage (Zhou et al., 2003; Hong et al., 2013). We also found that the activities of PPO, PAL and POD were positively correlated with rainfall rate during the pineapple fruit development as shown in Table 1. Sen and Mukherji (2009) reported the enhanced PPO activity in tomato in rainy season which due to the high water-uptake in plant tissue. Luna et al. (2012 and 2013) suggested that high irrigation regime induces PPO and PAL activities leading to undesirable browning whereas POD activity is less affected by irrigation regimes. In the similar vein, an increase in irrigation obviously induced PPO activity as well as stimulated “brown centre” symptom in ‘Russet Burbank’ potato (Wurr et al., 2002). These clearly indicate that high rainfall or during the pineapple fruit development increases the severity of IB incidence due to the induction of both PPO and PAL activities.

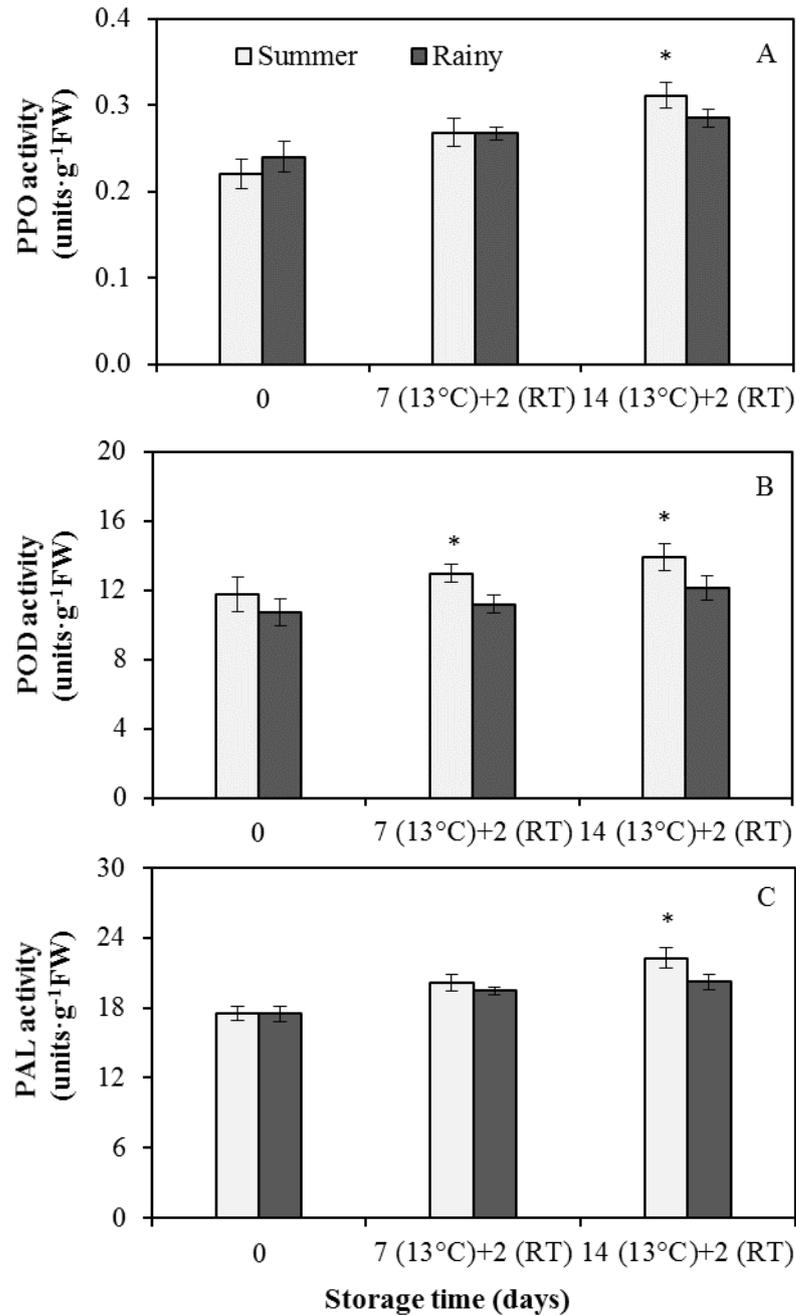


Fig. 3. Polyphenol oxidase (PPO) (A), peroxidase (POD) (B) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) (C) activities of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [**(P< 0.001); *(P< 0.05)].

LOX activity and MDA content

The changes in LOX activity and MDA content of the tissue adjacent to core of summer- and rainy-harvested pineapple fruits were present in Fig. 4. It is widely recognized that the increases in LOX activity and MDA content are associated with oxidative burst in membrane which will cause cellular damage and membrane injury (Zhang et al., 2015). The positive correlation between tissue breakdown and increased membrane damage in pineapple fruit during cold storage was confirmed by Soler (1994) and Weerahewa and Adikaram (2005). We found that LOX activity and MDA content of both summer- and rainy-harvested pineapple fruits increased during storage and those of summer-harvested pineapple fruit were higher than those of rainy-harvested pineapple fruit. These indicate that membrane injury in summer-harvested pineapple fruit was higher than that in rainy-harvested pineapple fruit which these were related to the greater IB incidence detected in summer-harvested pineapple fruit during the storage (Fig. 2). The higher LOX activity and MDA content of the summer-harvested pineapple fruit were also correlated with the greater rainfall rate during the fruit development. In a similar vein, Yan et al. (1996) suggested that excessive water uptake induced lipid peroxidation (MDA content) and membrane permeability in plant. Chen (1999) also pointed out that the loss of membrane integrity and increased water uptake induced apoplast osmotic pressure which could favour the occurrence of translucency and IB incidence in pineapple fruit.

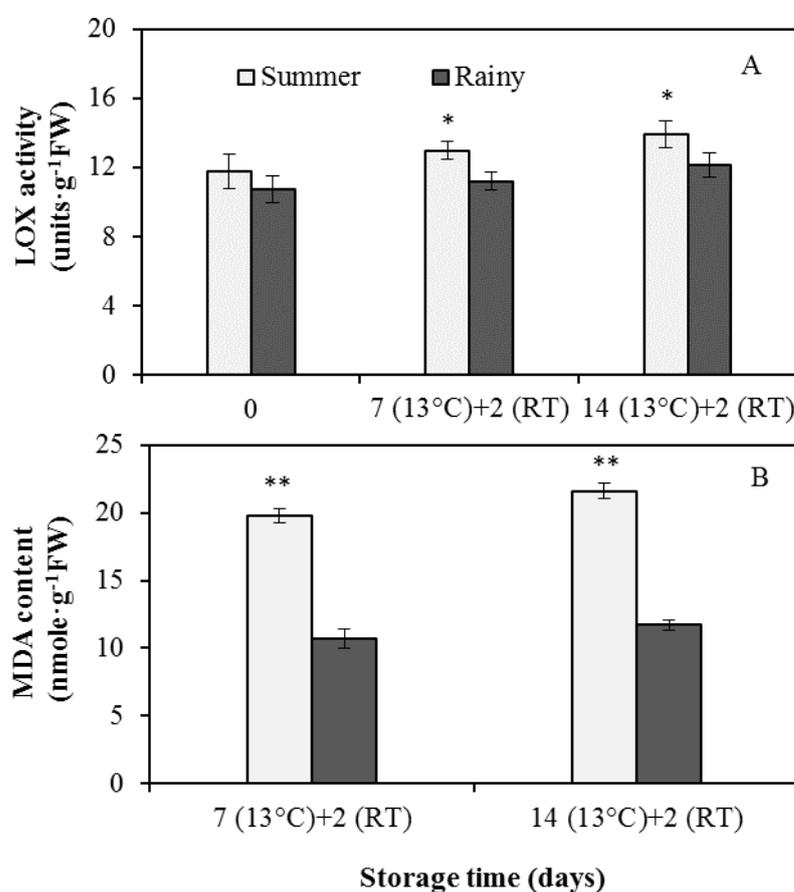


Fig. 4. Lipoxygenase (LOX) activity (A) and malondialdehyde (MDA) content (B) of tissue adjacent to core of ‘Sawee’ pineapple fruits harvested in summer and rainy seasons stored at 13°C for 7 and 14 days and followed by 2 days at room temperature (RT). Vertical bars represent standard deviation of mean (n=4). Significant differences between treatments are indicated with asterisk [******($P < 0.001$); *****($P < 0.05$)].

Conclusion

Rainfall rate during fruit growth had positively influence on IB incidence severity in ‘Sawee’ pineapple fruit during storage. The pineapple fruit harvested in summer season (7 Mar 2016) had higher IB incidence than the fruit harvested in rainy season (17 Oct 2016) which summer-harvested pineapple fruit encountered higher rainfall during the fruit development. IB incidence severity was correlated with the increases in PPO, PAL and LOX activities and membrane degradation which were induced by high rainfall rate. The influence of POD activity on the IB incidence is ambiguous. Moreover, we also found that the small difference in average temperatures during the fruit development does not affect IB incidence in ‘Sawee’ pineapple fruit during storage.

Acknowledgements

We thank National Research Council of Thailand supporting full grant for this project and Pratieu Provincial Agricultural Extension Office, Chumphon Province providing climate data.

References

- Hong K, Xu H, Wang J, Zhang L, Hu H, Jia Z, Gu H, He Q, Gong D (2013) Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperature. *Scientia Horticulture* 151: 68-74
- Yan, B., Dai, Q., Liu, X., Huang, S., and Wang, Z., 1996. Flooding-induced membrane damage, lipid oxidation and activated oxygen generation in corn leaves. *Plant and Soil*, 179, 261-268.
- Zhou. Y., Tan X. 1992. Mechanism of blackheart development induced by low temperature and gibberellic acid in pineapple fruit. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*. 18(4), 341-347.

ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา...A118-0260-066.....



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2560
หน่วยงาน วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีจังหวัดชุมพร

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
(ภาษาอังกฤษ) Alleviation of internal browning in pineapple fruit by pre and post-harvest treatments

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.)พรรณิภา ย้อยล.....

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 471,750 บาท 85% วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 13 มกราคม 2560 (เงินพร้อมรับ)

งวดที่ 2 83,250 บาท 15% วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 15 มิถุนายน 2560 (เงินพร้อมรับ)

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	116,800.00	116,800.00	0.00
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	
ค่าใช้สอย	230,000.00	229,994.10	5.90
ค่าวัสดุ	208,200.00	208,200.68	(-0.68)
ค่าสาธารณูปโภค	-		
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-		
รวม	555,000.00	554,994.78	5.22

Pranipa Yoyl

(ผศ.ดร.พรรณิภา ย้อยล)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

30 / ตุลาคม / 2560

Pranipa Yoyl

(ผศ.ดร.พรรณิภา ย้อยล)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

30 / ตุลาคม / 2560

ประวัตินักวิจัยผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว (หัวหน้าโครงการวิจัย)

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวพรณิภา ย้วยล
Miss Pannipa Youryon
 2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
 3. หน่วยงานสังกัด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 4. สถานที่อยู่ที่ติดต่อ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
- หมายเลขโทรศัพท์ 0-77506431 089-590-6664 โทรสาร 0-77506433
- ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) pannipa.yo@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2555	เอก	ปร.ด	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มจร.	ไทย
2543	โท	วท.ม.	พืชสวน	สจล.	ไทย
2539	ตรี	วท.บ.	พืชสวน	สจล.	ไทย

ประวัติการทำงาน 2544-2560 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ สรวิทย์วิทยาและเทคโนโลยีการผลิตไม้ผล
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : จำนวน 5 เรื่อง

- 1) การผลิตผักเหียงเชิงพาณิชย์
- 2) การใช้แคลเซียมต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรด
- 3) การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในกล้วยเล็บมือนาง
- 4) การใช้แคลเซียมต่อการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรด
- 5) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโชกุน

7.2 ผู้ร่วมวิจัย : จำนวน 6 เรื่อง

- 1) ประสิทธิภาพของเมทิลจัสโมเนตและเอทิลีนต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและคุณภาพส้มโชกุน
- 2) เซนเซอร์โมโครเวฟเพื่อการเกษตร
- 3) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีจำเพาะของเนื้อผลสับปะรด
- 4) การลดการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาของสับปะรดกลุ่ม Queen โดยการใช้ สารแคลเซียมคลอไรด์

- 5) การประเมินความหลากหลายของทุเรียนพื้นบ้าน เพื่อการคัดเลือก อนุรักษ์ และขยายพันธุ์ กรณีศึกษาอำเภอปะทิว และอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร
- 6) ผลของการใช้กรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์และพันธุ์เพชรสามพรานหลังการเก็บเกี่ยว

7.3 โครงการวิจัยที่กำลังทำ :

- 1) การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
แหล่งทุน: วช
สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการวิจัย
ปีที่ได้รับทุน: ตุลาคม 2558-กันยายน 2560
- 2) การรวบรวมและอนุรักษ์ทุเรียนพื้นเมืองไทย
แหล่งทุน: วช
สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้จัดการโครงการย่อย
ปีที่ได้รับทุน: ตุลาคม 2559-กันยายน 2560

7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว : (ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน ย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี)

- พรรณนิภา ยั่วยล** และสุริยัณห์ สุภาพวานิช. 2559. คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโชกุนที่ปลูกในจังหวัดชุมพร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 47 : 3 (พิเศษ) : 147-150.
- ปรียานุช มิตรแสง สายัณห์ สุภาพวานิช และ**พรรณนิภา ยั่วยล**. 2559. ประสิทธิภาพของกรดซาลิไซลิกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลชมพูพันธุ์เพชรสามพรานระหว่างการเก็บรักษา.วารสารพืชศาสตร์ สงขลานครินทร์ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (I): M07/7-13.
- ณัฐกุล ถิ่นหัวเตย สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม **พรรณนิภา ยั่วยล** และ โองการ วณิชชาชีวะ. 2559. การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมของเครื่องหมายโมเลกุล SRAP สำหรับระบุสายพันธุ์ทุเรียน (*Durio zibethinus*) วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 47 (2พิเศษ): 241-244.
- พรรณนิภา ยั่วยล** และสุริยัณห์ สุภาพวานิช. 2558. ผลของตำแหน่งการติดผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโชกุน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46:3/1 (พิเศษ) : 141-144.
- ฐิตญารัตน์ วงษ์ศิลป์ มัณฑนา บัวหนอง **พรรณนิภา ยั่วยล** วาริช ศรีละออง พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2556 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโชกุนระหว่างการพัฒนาผลและหลังการเก็บเกี่ยว วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44 (3พิเศษ): 57-60.

Supapvanich S., Mahasap B., Boonyarittongchai P., Techavuthiporn C., Tepsorn R. and **Youryon P.** 2017. Salicylic acid immersion maintains physiochemical quality and enhances bioactive compounds in ‘Kimju’ guava fruit during cold storage. Emirates Journal of Food and Agriculture. 29(8): 620-628

Youryon P. and Supapvanich S. 2017. Physicochemical quality and antioxidant change in ‘Leb Mue Nang’ banana fruit during ripening. Agriculture and Natural Resources. 51, 47-52.

- Youryon P.** and Supapvanich S. 2017. Effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds in ‘Leb Mu Nang’ banana (*Musa AA*) fruit. *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 94(1), 1-8.
- Supapvanich S., Mitsang P. and **Youryon P.** 2017. Preharvest salicylic acid application maintains physicochemical quality of ‘Taaptimjaan’ wax apple fruit (*Syzygium samarangense*) during short-term storage. *Scientia Horticulturae*. 215, 718-183.
- Youryon P.** and Supapvanich, S. 2016. Quality and bioactive compounds of ripe ‘Kluai Nam Wa’ and ‘Kluai Khai’ bananas during storage. *International Food Research Journal*. 23(3), 1027-1032.
- Tantisoparak, T., Moon, H., **Youryon, P.**, Bunya-Athichart, K., Krairiksh, M. and Sarkar, T.K. 2016. Nondestructive Determination of the Maturity of the Durian Fruit in the Frequency Domain Using the Change in the Natural Frequency. [IEEE Transactions on Antennas and Propagation](#). 66(6) : 1779-1787
- Thinhuatoey N., Poeaim A., Vanijajiva O., **Youryon P.** and Poeaim S. 2016. Genetic diversity of durian (*Durio zibethinus* Murray) based on SRAP marker. 2016, *Journal of Agricultural Technology*. 12(7.1): 1483-1491.
- Youryon, P.** and Wongs-Aree C. 2015. Postharvest application of calcium chloride affecting an internal browning reduction during low temperature storage of ‘Sawi’ pineapple. *Acta Hort* 1088 : 197-200.
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., 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
- Youryon P, Wongs-Aree C, McGlasson WB, Glahan S., Kanlayanarat S (2011) Response of internal browning in pineapple fruit vacuum infiltrated with solutions of calcium chloride or strontium chloride. *Acta Hort* 943:
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., Kanlayanarat, S., 2011. Development of internal browning during low temperature storage of pineapple fruit cv. Trad-Srithong harvested at different time of the day. *J of applied horticulture* 13(2):122-126.
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S., Kanlayanarat, S., 2008. Internal browning occurrences of ‘Queen’ pineapple under various low temperatures. *Acta Hort* 804, 555-560.

ประวัติส่วนตัว (ผู้ร่วมวิจัย)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย สุริยันท์ สุภาพวานิช
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Suriyan Supapvanich
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3940200232424
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ถนน ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์มือถือ 09001249.1 E-mail suriyan.su@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษาต้องระบุสถาบันการศึกษา สาขาวิชาและปีที่จบการศึกษา

สถาบันการศึกษา	สาขาวิชา	ปีที่จบการศึกษา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	2541
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	2544
The University of Nottingham	Doctor of Philosophy Biosciences/ Nutritional Science	2552

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
ชีววิทยาและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
หัวหน้าโครงการวิจัย : จำนวน 2 เรื่อง
 - 1) ชื่อโครงการวิจัย: ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพของผักหวานบ้าน (Sauropus androgenus, L. Merr) ระหว่างการเก็บรักษา
แหล่งทุน: คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มก. วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ. สกลนคร
ปีที่ได้รับทุน: 2553
 - 2) ชื่อโครงการวิจัย: ผลของกรดซาลิไซลิกร่วมกับความร้อนทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ระหว่างการเก็บรักษา
แหล่งทุน: สวทช
ปีที่ได้รับทุน: 2558
 - 7.2 ผู้ร่วมวิจัย: จำนวน 7 เรื่อง
 - 1) ชื่อโครงการวิจัย: ผลของกรดซาลิไซลิกร่วมกับแสงยูวีซีที่มีต่อคุณภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ และการเกิดอาการสัท้านหนาวผลลำไยระหว่างการเก็บรักษา

แหล่งทุน: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาปี
ที่ได้รับทุน: 2558

- 2) ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาอิทธิพลของ Salicylic acid (SA) และ N-(2-chloro-4-pyridyl)-N?-

phenylurea (CPPU) ที่มีต่อคุณภาพ และการชะลอการเน่าของผลมะละกอระหว่างการเก็บ
รักษา แหล่งทุน: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการ
อุดมศึกษาปีที่ได้รับทุน: 2555

- 3) ชื่อโครงการวิจัย: คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของเห็ดป่าที่กินได้ที
เก็บจากเทือกเขาภูพาน ประเทศไทย

แหล่งทุน: สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัด
สกลนคร

ปีที่ได้รับทุน: 2555

- 4) ชื่อโครงการวิจัย: การผลิตสารเคลือบบริโภคได้จากผงบุกผสมสารต้านการเกิดสีน้ำตาลจาก
ธรรมชาติเพื่อใช้ในชมพูตัดแต่งสด

แหล่งทุน: สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัด
สกลนคร

ปีที่ได้รับทุน: 2555

- 5) ชื่อโครงการวิจัย: ผลของการใช้ไมโครเวฟต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้
(*Mangifera indica* L.) ระหว่างการเก็บรักษา

แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

ปีที่ได้รับทุน: 2555

- 6) ชื่อโครงการวิจัย: การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของผลพุทราพันธุ์นมสด
(Milk Jujub, *Zizyphus mauritiana* Lamk) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

แหล่งทุน: ทุนอุดหนุนวิจัย มก.

ปีที่ได้รับทุน: 2554

- 7) ชื่อโครงการวิจัย: การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของผลพุทราพันธุ์นมสด
(Milk Jujub, *Zizyphus mauritiana* Lamk) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

แหล่งทุน: ทุนอุดหนุนวิจัย มก.

ปีที่ได้รับทุน: 2554

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ :

- 1) ชื่อโครงการวิจัย: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออกซิเดชันขั้นสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์
ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะปนเปื้อนในน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

แหล่งทุน: วช

ปีที่ได้รับทุน: 2560

- 2) ชื่อโครงการวิจัย: การลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

แหล่งทุน: วช

ปีที่ได้รับทุน: 2559-2560

- 3) ชื่อโครงการวิจัย: การพัฒนาเส้นใยนาโนบริโกลด์ที่มีสมบัติด้านจุลชีพ และไล่แมลง โดยใช้เทคนิคปั่น-พ่นละอองด้วยไฟฟ้าสถิต เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร
แหล่งทุน: วช
ปีที่ได้รับทุน: 2559
- 4) ชื่อโครงการวิจัย: การกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชวงศ์ Zingiberaceae โดยการใช้การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนภายใน และโคอะเซอเวชันในเมทริกซ์ไคโตซาน-เพคติน
แหล่งทุน: วช
ปีที่ได้รับทุน: 2557
- 5) ชื่อโครงการวิจัย: การกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชวงศ์ Zingiberaceae โดยการใช้การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนภายใน และโคอะเซอเวชันในเมทริกซ์ไคโตซาน-เพคติน
แหล่งทุน: วช
ปีที่ได้รับทุน: 2557

7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว :

- 1) **Supapvanich S.**, Mitsang P. and Srinorkham P. 2017. Effects of ‘Queen’ and ‘Smooth cayenne’ pineapple fruit core extracts on browning inhibition of fresh-cut wax apple fruit during storage. *International Food Research Journal*. 24(2): 559-564.
- 2) Youryon P. and **Supapvanich S.** 2017. Physicochemical quality and antioxidant change in ‘Leb Mue Nang’ banana fruit during ripening. *Agriculture and Natural Resources*. 51, 47-52.
- 3) **Supapvanich S.**, Mitsang P. and Youryon P. 2017. Preharvest salicylic acid application maintains physicochemical quality of ‘Taaptimjaan’ wax apple fruit (*Syzygium samarangense*) during short-term storage. *Scientia Horticulturae*. 215, 718-183.
- 4) Suiubon S., **Supapvanich S.** and Promyou S. 2017. Postharvest quality maintenance of longan fruit by ultra violet-C incorporated with salicylic acid application. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 29(3), 179-187.
- 5) Youryon P. and **Supapvanich S.** 2017. Effect of storage temperatures on physical quality and bioactive compounds in ‘Leb Mu Nang’ banana (*Musa AA*) fruit. *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 94(1), 1-8.
- 6) **Supapvanich S.** and Promyou S. 2017. Hot water incorporated with salicylic acid dips maintaining physicochemical quality of ‘Holland’ papaya fruit stored at room temperature. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 29(1), 18-24.
- 7) Techavuthiporn C., Boonyarittongchai P. and **Supabvanich S.** 2017. Physicochemical changes in ‘Phulae’ pineapple fruit treated with short-term anoxia during ambient temperature. *Food Chemistry*. 228, 388-393.

- 8) **Supapvanich S.**, Mitsrang P., Srinorkham P., Boonyaritthongchai P. and Wongs-Aree C. 2016. Effects of fresh Aloe vera gel coating on browning alleviation of fresh cut wax apple (*Syzygium samarangense*) fruit cv. Taaptimjaan. *Journal of Food Science and Technology*. 53(6), 2844-2850.
- 9) Promyou S. and **Supapvanich S.** 2016. Physicochemical changes in 'Kaew Kamin' mango fruit illuminated with ultraviolet-C (UV-C) during storage. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 18: 145-154.
- 10) **Supapvanich, S.** and Boonyaritthongchai, P. 2016. Visual appearance maintenance of fresh-cut 'Nam Dok Mai' mango fruit by honey dip. *International Food Research Journal*. 23(1), 389-394.
- 11) Youryon, P. and **Supapvanich, S.** 2016. Quality and bioactive compounds of ripe 'Kluai Nam Wa' and 'Kluai Khai' bananas during storage. *International Food Research Journal*. 23(3), 1027-1032.
- 12) Promyou S. and **Supapvanich S.** 2016. Effects of salicylic acid immersion on physicochemical quality of Thai papaya fruit 'Kaek Dam' during storage. *Acta Horticulturae*. 1111, 105-112.
- 13) Srikram, A. and **Supapvanich S.** 2016. Proximate compositions and bioactive compounds of edible wild and cultivated mushrooms from Northeast Thailand. *Agriculture and Natural Resources*. 50, 432-436.
- 14) **Supapvanich S.**, Phonpakdee R. and Wongsuwan P. 2015. Chilling injury alleviation and quality maintenance of lemon basil by preharvest salicylic acid treatment. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 27(11), 801-807.
- 15) **Supapvanich S.** 2015. Effects of Salicylic Acid Incorporated with Lukewarm Water Dips on the Quality and Bioactive Compounds of Rambutan Fruit (*Nephelium lappaceum* L.). *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*. 14(1), 23-37.
- 16) **Supapvanich S.**, Samransuk L., Somanusorn T. and Mesa N. 2014. Effect of glutathione on browning of fresh-cut wax apple fruit during refrigerated storage. *Acta Horticulturae*. 1024, 339-346.
- 17) Promyou S. and **Supapvanich S.** 2014. Effect of surface coating on alleviating chilling injury and physico-chemical changes in jujube fruit. *Acta Horticulturae*. 1024, 347-353.
- 18) **Supapvanich S.** and Tucker G.A. 2013. Cell wall hydrolysis in netted melon fruit (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L. Naud) during storage. *Chiang Mai Journal of Science*. 40(3), 447-458.
- 19) Promyou S. and **Supapvanich S.** 2013. Chilling injury alleviation in 'Golden Bell' sweet pepper caused by UV-C treatment. *Acta Horticulturae*. 1011, 357-362.
- 20) **Supapvanich S.** and Tucker G.A. 2013. The effect of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on quality and cell wall hydrolases activities of fresh-cut muskmelon

(*Cucumis melo* var *reticulatus* L.) during storage. Food and Bioprocess Technology, 6, 2196–2201.

- 21) **Supapvanich, S.** and S. Promyou. 2013. Efficiency of salicylic acid application on postharvest perishable crops. In: Hayat, S., & Alyemei, A. A. M. N. (Eds), Salicylic acid: Plant growth and development, Springer, New York USA. pp. 339-355.

ประวัติส่วนตัว (ผู้ร่วมวิจัย)

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายเฉลิมชัย วงษ์อารี
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr Chalermchai WONGS-AREE
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1009 01850 601
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 วิชาการ รองศาสตราจารย์
 - 3.2 บริหาร
 1. ประธานสาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
 2. ผู้อำนวยการศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
โทร 0 2470 7725 มือถือ 08 9797 3601
โทรสาร 0 2470 7728
Email: chalermchai.won@kmutt.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาบัตร	สถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2535
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2538
ดุษฎีบัณฑิต (Plant Molecular and Cell Biology)	The University of Nottingham (UK)	2546

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Postharvest biochemistry of physiological disorders
- Colour and flavour analysis in fresh produce
- Storage system and logistics

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

- แผนงานวิจัย “การพัฒนาผลผลิตการเกษตรด้วยการใช้เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์”, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ปี 2559
- แผนงานวิจัย “การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตผลสดและผลิตผลสดตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา”, ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ปี 2560

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- Pre-and post-harvest applications of calcium chloride on quality maintenance of ‘Rong-Rien’ rambutan (Postharvest Technology Innovation Center, 2014)
- Use of natural bio-extracts and fruit bagging for a reduction of disease Infected gac fruit during storage (RRI – Thailand Research Funds, 2014)
- Micro-nano bubbles conditions as pretreatments for reducing microbial contamination of postharvest baby greens (National Research University, 2015)
- Development of fruit multi-nano coating and packaging of ‘Nam Dok Mai’ mango for retail market (Postharvest Technology Innovation Center, 2015)
- Postharvest handling and packaging to manage quality of fresh-cut and intact produce of key perishable crops (Postharvest Technology Innovation Center, 2016)

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว

- เฉลิมชัย วงษ์อารี. 2556. การเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของอินโดนีเซีย : แลเขา...เหลี่ยมองเรา...ก่อน AEC. Postharvest Newsletter 12(4): 6-7.
- นิตยา จันกา, ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2558. ผลของสตาร์ชเจลาทีโนซ์เซชันต่อคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 14(2): 58-71
- Changprasert, S., S. Noichinda, K. Bodhipadma, and C. Wongs-Aree. 2011. Physico-chemical properties of harvested young Thai fragrant coconut (*Cocos nucifera* L.) fruit: An appropriate data for packing design. Journal of Applied Science. 10(1): 1-6.
- Chareekhot, K., C. Techavuthiporn, C. Wongs-Aree, P. Boonyaritthongchai, and S. Kanlayanarat, 2014. Assessment of three green papaya (*Carica papaya* Linn.) cultivars ('Krang', 'Kaek Noul', and 'Kaek Dum') for use as shredded fruit. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 89(3): 321-328.
- Chareekhot, K., C. Wongs-Aree, P. Boonyaritthongchai, S. Kanlayanarat, C. Techavuthiporn, S. Ohashi and K. Nakano. 2016. Physiological and physico-chemical changes in green papaya (*Carica papaya* L. ‘Kaek Noul’) shreds taken from the outer or inner mesocarp. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 91(4): 378-385.
- Fuggate, P., C. Wongs-Aree, S. Noichinda, and S. Kanlayanarat. 2010. Quality and volatile attributes of attached and detached ‘Pluk Mai Lie’ papaya during fruit ripening. Scientia Horticulturae. 126: 120–129.

- Fuggate, P., **C. Wongs-Aree**, S. Noichinda and S. Kanlayanarat. 2016. Volatiles affiliating on-tree fruit ripening of 'Kuylin' hybrid netted melon. Maejo Engineering and Agro Industry Journal. 1(1): 10-28.
- Jamjumroon, S., **C. Wongs-Aree**, W. B. McGlasson, V. Srilaong, P. Chalermklin, and S. Kanlayanarat, 2012. Extending the shelf-life of straw mushroom with high carbon dioxide treatment. International Journal of Food, Agriculture & Environment. 10(1): 78-84.
- Jamjumroon, S., **C. Wongs-Aree**, W. B. McGlasson, V. Srilaong, P. Chalermklin and S. Kanlayanarat. 2013. Alleviation of cap browning of 1-MCP/high CO₂- treated straw mushroom buttons under MAP. International Food Research Journal. 20(2): 581-585.
- Jenjob, A., A. Uthairatanakij, P. Jitareerat, **C. Wongs-Aree** and S. Aiamla-Or. 2017. Effect of harvest seasonal and gamma irradiation on the physicochemical changes in pineapple fruit cv. Pattavia during stimulated sea shipment. Food Science & Nutrition. 2017:1-7. (DOI: 10.1002/fsn3.485)
- Jirapong, C., K. Inplub, and **C. Wongs-Aree**. 2012. Volatile compounds in four species of Thai waterlily (*Nymphaea* spp.). Acta Horticulturae. 943: 117-122.
- Jirapong, C., **C. Wongs-Aree**, S. Noichinda, A. Uthairatanakij, and S. Kanlayanarat. 2015. Assessment of volatile and non-volatile organic compounds in the liquid endosperm of young 'Nam Hom' coconut (*Cocos nucifera* L.) at two stages of maturity. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 90(5): 477-482.
- Junka, N., S. Kanlayanarat, M. Buanong, S. Wongchaochant, and **C. Wongs-Aree**. 2011. Analysis of anthocyanins and the expression patterns of genes involved in biosynthesis in two *Vanda* hybrids. International Journal of Agriculture and Biology. 13: 873-880.
- Junka, N., S. Kanlayanarat, M. Buanong, S. Wongchaochant, and **C. Wongs-Aree**. 2012. Characterisation of floral anthocyanins and their antioxidant activity in *Vanda* hybrid (*V. teres* x *V. hookeriana*). Journal of Food, Agriculture & Environment. 10(2): 221-226.
- Junka, N., **C. Wongs-Aree**, C. Rattanamechaikul, S. Kanlayanarat, P. Boonyaritthongchai and C.T. Prom-u-thai. 2015. Effect of high-temperature fluidized bed drying on quality of 'Kum Doi Saket' variety of purple rice. International Food Research Journal 22(2): 593-597.
- Junka, N., C. Rattanamechaikul and **C. Wongs-Aree**. 2015. Effect of starch gelatinization on textural properties of purple waxy rice. Journal of Applied Science. 14(2): 58-71.
- Junka, N., C. Rattanamechaikul and **C. Wongs-Aree**. 2017. Free fatty acid deformation of treated black glutinous rice during storage by fluidization drying. Journal of Food Process Engineering. 40(e12427): 1-7.

- Junka, N., C. Rattanamechaikul, **C. Wongs-Aree** and S. Kanlayanarat. 2017. Comparative study of organic solvents and extraction conditions on colour and antioxidant capacity in red cabbage. *International Food Research Journal* 24(2): 518-524.
- Kammapana, L., P. Jitareerat, **C. Wongs-Aree**, N. Yamauchi, S. Kondo, and V. Srilaong. 2014. Fruit developmental changes in abscisic and jasmonic acid contents of dragon fruit (*Hylocereous undatus*). *International Food Research Journal*. 21(3): 1131-1135.
- Kowitcharoen, L., **C. Wongs-Aree**, S. Setha, R. Komkhuntod, V. Srilaong, and S. Kondo. 2015. Changes in abscisic acid and antioxidant activity in sugar apples under drought conditions. *Scientia Horticulturae*. 193: 1-6.
- Kramchote, S., V. Srilaong, **C. Wongs-Aree**, and S. Kanlayanarat. 2012. Low temperature storage maintains postharvest quality of cabbage (*Brassica oleraceae* var. capitata L.) in supply chain. *International Food Research Journal*. 19(2): 759-763.
- Krongyut, W., V. Srilaong, A. Uthairatanakij, **C. Wongs-Aree**, E.B. Esguerra, and S. Kanlayanarat. 2011. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1- methylcyclopropene. *International Food Research Journal*. 18(4): 1251-1259.
- Lichanporn, I., V. Srilaong, **C. Wongs-Aree** and S. Kanlayanarat. 2009. Postharvest physiology and browning of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) fruit under ambient conditions. *Postharvest Biology and Technology* 52: 294-299.
- Maninang, J.S., **C. Wongs-Aree**, S. Kanlayanarat, S. Sugaya, and H. Gemma. 2011. Influence of maturity and postharvest treatment on the volatile profile and physiological properties of the Durian (*Durio zibethinus* Murray) fruit. *International Food Research Journal*. 18(3): 1067-1075.
- Nakamura, Y., Y. Hasegawa, K. Shirota, N. Suetome, T. Nakamura, M. T. Chomnawang, K. Thirapanmethee, P. Khuntayaporn, P. Boonyaritthongchai, **C. Wongs-Aree**, S. Okamoto, T. Shigeta, T. Matsuo, E. Y. Park, and K. Sato. 2014. Differentiation-inducing effect of piperitenone oxide, a fragrant ingredient of spearmint (*Mentha spicata*), but not carvone and menthol, against human colon cancer cells. *Journal of Functional Foods*. 8: 62-67.
- Opio, P., P. Jitareerat, N. Pongprasert, **C. Wongs-Aree**, Y. Suzuki and V. Srilaong. 2017. Efficacy of hot water immersion on lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle cv. Paan) fruit packed with ethanol vapor in delaying chlorophyll catabolism. *Scientia Horticulturae* 224: 258-264.
- Rattanamechaikul, C., N. Junka, **C. Wongs-Aree**, S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit. 2016. Influence of hot air fluidized bed drying on quality changes of purple rice. *Drying Technology*. 34(12): 1462-1470.

- Rattanamechaiskul, C.; Junka, N.; Wongs-Aree, C. 2017. Textural property improvement of black sticky rice during postharvest drying by a fluidization technique. *International Food Research Journal* . 2017, Vol. 24 Issue 3, p1192-1198.
- Sangudom, T., **C. Wongs-Aree**, V. Srilaong, S. Kanlayanarat, T. Wasusri , S. Noichinda, and W. Markumlai. 2014. Fruit quality and antioxidant properties of ‘Kluai Khai’ banana (*Musa* AA group) at different stages of harvest maturity. *International Food Research Journal*. 21(2): 583-588.
- Singkaew, J., S. Miyagawa, **C. Wongs-Aree**, T. Vichitsoonthonkul, S. Sokaokha, Songsin Photchanachai. 2017. Season, fruit maturity, and storage affect on the physiological quality of F1 Hybrid ‘VTM580’ tomato seeds and seedlings. *The Horticulture Journal*. 86(1): 121-131.
- Soe Win, M. Buanong, S. Kanlayanarat, and **C. Wongs-Aree**. 2015. Response of gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng) to postharvest treatments with storage temperature and 1-MCP. *International Food Research Journal*. 22(1): 178-189.
- Soe Win, N. Mejunpet, M. Buanong, S. Kanlayanarat, and **C. Wongs-Aree**. 2015. Postharvest quality alteration of gac fruit harvested at different maturities and coated with chitosan. *International Food Research Journal*. 22(6): 2219-2224.
- Sripong, K., P. Jitareerat, A. Uthairatanakij, V. Srilaong, **C. Wongs-Aree**, S. Tsuyumu, and M. Kato. 2015. Effects of hot water, UV-C and modified coconut oil treatments on suppression of anthracnose disease and maintenance of quality in harvested mango cv. ‘Chok-Anan’. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 3(1-2): 1-8.
- Sripong, K., P. Jitareerat, S. Tsuyumu, A. Uthairatanakij, V. Srilaong, **C. Wongs-Aree**, G. Ma, L. Zhang, and M. Kato. 2015. Combined treatment with hot water and UV-C elicits disease resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. *Crop Protection*. 77: 1-8.
- Supapvanich, S., P. Mitsang, P. Srinorkham, P. Boonyaritthongchai and **C. Wongs-Aree**. 2016. Effects of fresh Aloe vera gel coating on browning alleviation of fresh cut wax apple (*Syzygium samarangense*) fruit cv. Taaptimjaan. *Journal of Food Science and Technology*. 53(6): 2844–2850.
- Watanawan, C., T. Wasusri, **C. Wongs-Aree**, V. Srilaong, and S. Kanlayanarat. 2012. Supply chain management of mango for export in eastern Thailand. *Acta Horticulturae*. 943: 277-280.
- Watanawan, C., T. Wasusri, V. Srilaong, **C. Wongs-Aree**, and S. Kanlayanarat. 2014. Near infrared spectroscopic evaluation of fruit maturity and quality of export Thai mango (*Mangifera indica* L. var. Namdokmai). *International Food Research Journal*. 21(3): 1109-1114.
- Wongs-Aree, C.**, and S. Noichinda. 2011. Sugar apple (*Annona squamosa* L.) and atemoya (*A. cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.). pp. 399-426. *In: Postharvest Biology and*

Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Vol 4: Mangosteen to White Sapote, E.M. Yahia (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Wongs-Aree, C., and S. Noichinda. 2014. Postharvest physiology and quality maintenance of tropical fruits. pp. 275-312. *In:* Postharvest Handling: A System Approach, 3rd ed, W.J. Florkowski, R.L. Shewfelt, B. Brueckner, S.E. Prussia (Eds.), Elsevier Inc., Oxford.

Youryon, P., **C. Wongs-Aree,** W.B. McGlasson, S. Glahan, and S. Kanlayanarat. 2011. Development of internal browning during low temperature storage of fruit of pineapple cv. ‘Trad-Srithong’ harvested at different times of the day. *Journal of Applied Horticulture.* 13(2):. 122-126.

Youryon, P., **C. Wongs-Aree,** W.B. McGlasson, S. Glahan, and S. Kanlayanarat. 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.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อโครงการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย

- Micro-nano bubbles conditions as pretreatments for reducing microbial contamination of postharvest baby greens (Head of the project, National Research University, 2015)
- Development of fruit multi-nano coating and packaging of ‘Nam Dok Mai’ mango for retail market (Head of the project, Postharvest Technology Innovation Center, 2015)
- Supply chain and logistics of mulberry fruit grown in the North of Thailand (Supervisor, RGJ-PHD, 2015)
- Postharvest handling and packaging to manage quality of fresh-cut and intact produce of key perishable crops (Head of the project, Postharvest Technology Innovation Center, 2016)

ประวัติส่วนตัว (ผู้ร่วมวิจัย)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. พรประพา คงตระกูล
(ภาษาอังกฤษ) Dr. PornprapaKongtragoul
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและที่อยู่ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรพืชสวน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพร
17/1 ม.6ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์ 0-7750-6431
โทรสาร 0-7750-6425, 0-7750-6427
มือถือ 08-9728-9459
E-mail kkpompr@kmitl.ac.th
4. ที่อยู่ปัจจุบัน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพร
17/1 ม.6ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

5. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	สาขาวิชา	สถานศึกษา	ประเทศ
2554	ปริญญาเอก	โรคพืช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2546	ปริญญาโท	เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2541	ปริญญาตรี	เกษตรศาสตร์ (พืชสวน)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

- โรคพืช
- การปลูกพืชไร้ดินปลอดโรค

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

โครงการเรื่อง/	พ.ศ.	สถานะ	สัดส่วน (%)
1. การศึกษาการเจริญเติบโตของเมล็ดกล้วยไม้มาว้างในสภาพปลอดเชื้อ (รายได้) (Study on the growth of Doritis pulcherrima Lindl. Under aseptic condition)	2548	ผู้ร่วมโครงการ	10
2. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ทุน วช.) (Using Organic Solution Fertilizer in Hydroponics)	2549	หัวหน้าโครงการ	55

7.2 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่า ได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว ประมาณร้อยละเท่าใด

7.3 ผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ ในระดับชาติและระดับนานาชาติ (ประชุมวิชาการ / วารสาร)

7.3.1 ประชุมวิชาการในระดับชาติ (โปรดระบุ...ชื่อเรื่อง วัน เวลาและสถานที่)

Jaenaksorn, T. and P. Kongtragoul. 2001. Growing Potential of Sweet Basil and Coriander in Aerated and Non-aerated Deep Flow Technique. pp. 6. In: Proceeding of the 1st Mahasarakham University. July 8-9, 2001. Faculty of Science, Mahasarakham University, Thailand.

Kongtragoul, P., Chaichana, S. and Nalumpang S. 2008. Studies on fungicide carbendazim resistance of *Colletotrichum gloeosporioides* causing mango anthracnose. p. 53. In: The 3rd Annual Meeting of Thai Mycological Association (TMA) and Mycology Conference in Thailand. October 11, 2008. KhonKaen University, KhonKaen, Thailand. (Poster presentation in English)

Kongtragoul, P., Chaichana, S. and Nalumpang S. 2009. Effect of ginger extracts and some fungicide on carbendazim-resistant *Colletotrichum* spp. causing mango anthracnose. p. 159-164. In: Proceeding of the Third Botanical Conference of Thailand. March 25-27, 2552. Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand. (Poster presentation in Thai).

Kongtragoul, P. and Nalumpang S. 2009. Preliminary assay of carbendazim-resistant detection of *Colletotrichum* spp. causing anthracnose of mango cv. Nam Dok Mai. p. 77-83. In: The 6th Proceeding of Agriculture Graduate Conference. March 12-13, 2009. Faculty of Agriculture. Chiang Mai University. Chiang Mai, Thailand (Oral presentation in Thai).

Kongtragoul, P., Miyamoto, Y., Miyake, C., Izumi, Y., Akitmitsu, K. and Nalumpang S. 2010. Point mutation in the β -tubulin gene of carbendazim-resistant *Colletotrichum gloeosporioides* causing mango anthracnose. p. 22. In: The Annual Meeting of Thai Phytopathological Society (TPS) Conference on Plant Pathology in Thailand. May 15, 2553. Convention Center, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (Oral presentation in Thai)

Kongtragoul, P. and Nalumpang, S. 2010. Characterization of carbendazim-resistant *Colletotrichum gloeosporioides* causing mango anthracnose disease on fruits from fresh markets. p. 189. In: The 8th National Postharvest Technology Conference 2010. September 1-3, 2553. The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand. (Poster presentation in Thai)

Kongtragoul, P. and Nalumpang, S. 2010. Single Nucleotide transversion in the *TUB2* gene associated with carbendazim-resistant *Colletotrichum gloeosporioides* from mango. p. 3. In: The 4th AG-BIO/PERDO Graduate Conference on Agricultural Biotechnology

and UT-KU Joint Seminar. December 9-10, 2010. Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhon Pathom, Thailand.(Oral presentation in English).

Kongtragoul, P. and Nalumpang, S. 2010. Single Nucleotide transversion in the *TUB2* gene associated with carbendazim-resistant *Colletotrichumgloeosporioides* from mango. p. 3. In: The 4th AG-BIO/PERDO Graduate Conference on Agricultural Biotechnology and UT-KU Joint Seminar. December 9-10, 2010. Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhon Pathom, Thailand.(Oral presentation in English).

7.3.2 ประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ (ไปรตระบุ...ชื่อเรื่อง วัน เวลาและสถานที่)

Jaenaksorn, T. and **P.Kongtragoul**. 2003. Effect of Crude Leaf Extract of Ringworm Bush (*Cassia alata* L.) on the *in vitro* Growth of Plant Pathogenic Fungi Found in Hydroponics. p. 277. In: 8th International Congress of Plant Pathology. February 2-7, 2003. Christchurch, New Zealand.

Jaenaksorn, T. and **P. Kongtragoul**. 2004. Growing Potential of Two Varieties of Sweet Basil (*Ocimumbasilicum* L.) in Deep Flow Technique for Leaf and Seed Production. pp. 108-111. In: Hyde, D.K. and K. Soyong, Proceeding of The 1st KMITL International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Volume 2. August 25-26, 2004. KMITL, Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

Kongtragoul, P., Miyamoto, Y., Miyake, C., Izumi, Y., Akitmitsu, K. and Nalumpang S. 2009. Detection of carbendazim-resistant *Colletotrichumgloeosporioides* causing mango anthracnose disease. p. 9-15. In: CMU-KU symposium: The 2nd International Meeting for Development of International Network for Reduction of Agrochemical Use; Food Safety Technologies in Southeast Asia. September 22-23, 2009. The Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand. (Oral presentation in English)

Kongtragoul, P., Miyamoto, Y., Miyake, C., Izumi, Y., Akitmitsu, K. and Nalumpang, S. 2009. Determination of beta-tubulin gene point mutation in *Colletotrichumgloeosporioides* causing mango anthracnose. p. 15. In: The 4th Annual Meeting of Thai Mycological Association and Mycology Conference in Thailand. October 24, 2009. Faculty of agricultural production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. (Oral presentation in English)

7.3.3 วารสารในระดับชาติ(ไปรตระบุ ชื่อบทความ เจ้าของบทความ ชื่อวารสาร ปีที่พิมพ์ และครั้งที่พิมพ์)

Kongtragoul, P. and Nalumpang, S. 2010. Characterization of Carbendazim-resistant *Colletotrichumgloeosporioides*. Journal of Agriculture. 26 (3): 203-212.

7.3.4 วารสารในระดับนานาชาติ (ไปรตระบุ ชื่อบทความ เจ้าของบทความ ชื่อวารสาร ปีที่พิมพ์ และครั้งที่พิมพ์)

Nalumpang S., Miyamoto, Y., Miyake, C., Izumi, Y., Akitmitsu, K. and Kongtragoul, P.2010. Point mutation in the beta-tubulin gene conferred carbendazim-resistant phenotype of *Colletotrichum gloeosporioides* causing 'Nam Dok Mai' mango anthracnose. International Journal of Agricultural Technology. 6 (2): 365-378.