รายงานโครงการวิจัย

การควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทองโดยวิธีการทางกายภาพ

The Physical Control of Enzyme Activities Regulating Internal Browning in Pineapple cv. 'Trad-See-Thong'

นางสาววรางคณา มากกำไร

Miss Warangkana Makkumrai

ปี พ.ศ. 2559

รายงานโครงการวิจัย

การควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทองโดยวิธีการทางกายภาพ

The Physical Control of Enzyme Activities Regulating Internal Browning in Pineapple cv. 'Trad-See-Thong'

นางสาววรางคณา มากกำไร

Miss Warangkana Makkumrai

ปี พ.ศ. 2559

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... 1
ผู้วิจัย..... 2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... 2
คำสำคัญ..... 2
บทคัดย่อ..... 3
บทนำ 8
ระเบียบวิธีการวิจัย..... 12
ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 17
บทสรุป และข้อเสนอแนะ..... 35
บรรณานุกรม..... 36
ภาคผนวก..... 38

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานโครงการการวิจัยการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทองโดยวิธีการทางกายภาพ ดำเนินงานต่างๆสำเร็จได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือจากนักวิจัยทุกท่าน และเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดตราดสีทองในจังหวัดตราด ในฐานะที่ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าโครงการต้องขอขอบคุณผู้ร่วมงานทุกท่านที่ร่วมดำเนินงานเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณหน่วยงานสนับสนุนงบประมาณ สถาบันวิจัยพืชสวนและผู้มีส่วนร่วมทุกๆท่านที่ช่วยทำให้โครงการฯนี้สำเร็จด้วยดี

วรางคณา มากกำไร

หัวหน้าโครงการฯ

ผู้วิจัย

วรางคณา มากกำไร

Warangkana Makkumrai

วีรา คล้ายพุก

Veera Klaipuk

อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว

Uthaiwan Sapkaew

หยกทิพย์ สุดารีย์

Yoktip Sudaree

ดารากร เผ่าชู

Darakorn Paochu

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PPO = polyphenol oxidase

PE = polyethylene

PP = Polypropylene

LDPE = low density polyethylene

PVC = polyvinyl chloride

LLDPE = Linear lowdensity polyethylene

IB = internal browning

V.C = vitamin c

TSS = total soluble solids

TA = titratable acidity

CS = Cellophane sheet

คำสำคัญ

PPO ไส้สีน้ำตาล การเคลือบ บรรจุภัณฑ์

PPO, Internal browning, coating, packaging

บทคัดย่อ

ปัญหาไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดเพื่อการส่งออก เป็นปัญหาสำคัญของไทย โดยเฉพาะพันธุ์ตราดสีทอง ซึ่งมีลักษณะเหมาะสมต่อการส่งออกผลสดแต่มีความอ่อนแอต่อไส้สีน้ำตาลมาก การศึกษาการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลให้เกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทองโดยวิธีการทางกายภาพ ดำเนินการที่สถาบันวิจัยพืชสวน ระหว่างปี 2558-2559 เพื่อศึกษาการใช้สารเคลือบชนิดต่างๆ การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ และการใช้สารเคลือบร่วมกับบรรจุภัณฑ์ ในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง โดยเก็บผลสับปะรดตราดสีทองจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ระยะแก่เขียว (หลังบังคับดอก 139 วัน) ในเดือนเมษายนและมิถุนายน ปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธี และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำผลมาตรวจประเมินอาการไส้สีน้ำตาลและคุณภาพด้านต่างๆ โดย

การศึกษาการใช้สารเคลือบชนิดต่างๆ ดำเนินการในปี 2558 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/กล่อง) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิวผล) กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวผลด้วย Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheetและกรรมวิธีที่ 6 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet ผลการทดลอง พบว่า การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet มีแนวโน้มควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet โดยในครั้งที่ 1 เดือนเมษายน พบคะแนนเฉลี่ยการเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำกว่า 2 (< 25% ของพื้นที่หน้าตัดผิว) คือ 1.72 และ 1.94 ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (ไม่เป็นไส้สีน้ำตาลรวมกับผลทีเป็นไส้สีน้ำตาล < 25% ของพื้นที่หน้าตัดผิว) > 70% (85% และ 82% ตามลำดับ) ในขณะที่ครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน มีเพียงการเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet สามารถควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล 1.94 และเปอร์เซ็นต์จำนวนผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ 82% โดยที่กรรมวิธีนี้ไม่มีผลต่อคุณภาพด้านอื่นๆ ได้แก่ ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก %TSS %TA รวมถึงกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์สถิติของค่าคะแนนไส้สีน้ำตาลไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธี รวมทั้งการเกิดปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ PPO และปริมาณวิตามินซีไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีเช่นกัน แต่มีความแตกต่างและสอดคล้องกับการเกิดไส้สีน้ำตาลระหว่างการทดลองในเดือนเมษายนและเดือนมิถุนายน กล่าวคือในเดือนมิถุนายนมีค่าการเกิดไส้สีน้ำตาลสูง ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ PPO สูง ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีต่ำ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางสภาพอากาศมีอิทธิพลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลมากกกว่าผลของการใช้สารเคลือบต่างๆ

การศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ (MAPs) ชนิดต่างๆ ดำเนินการในปี 2558 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ1 กล่อง (6 ผล/ กล่อง) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (บรรจุผลสับปะรดในกล่องกระดาษ) กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก PP (plypropylene) กรรมวิธีที่ 3 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE (low density polyethylene) และกรรมวิธีที่ 4 บรรจุผลสับปะรดฟิล์มพลาสติก PVC (polyvinyl chloride) ผลการทดลอง พบว่า การบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีแนวโน้มควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด รองลงมาคือ บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก PP (plypropylene) โดยการบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีคะแนนเฉลี่ยการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลต่ำที่สุดในการทดลองครั้งที่ 1 เดือนเมษายน และครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน คือ 2.00 และ 2.67 ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองครั้งที่ 1 คะแนนเท่ากับ 2 เป็นคะแนนที่ยอมรับได้ (< 25% ของพื้นที่หน้าตัดผิว) สำหรับการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO (Polyphenol oxidase activity) พบว่าในการทดลองทั้งสองครั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี โดยการทดลองครั้งที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีค่าต่ำสุด 375.424 µmol/min/mg เมื่อเปรียบเทียบค่าการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ในการทดลองทั้งสองครั้ง พบว่าในเดือนเมษายนมีการเกิด ปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO น้อยกว่าในเดือนมิถุนายน และมีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ในการทดลองครั้งที่ 1 เท่ากับ 75% (ไม่เป็นไส้สีน้ำตาลรวมกับผลทีเป็นไส้สีน้ำตาล < 25% ของพื้นที่หน้าตัดผิว) > 70% สำหรับผลด้านคุณภาพอื่นๆ พบว่าในการทดลองครั้งที่ 1 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความแน่นเนื้อ และ %TSS พบว่าในการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุดแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ และสำหรับ %TSS, %TA และ %V.C รวมถึงกลิ่นและรสชาติ ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

การศึกษาการใช้สารเคลือบร่วมกับบรรจุภัณฑ์ ดำเนินการในปี 2559 โดยนำชนิดของสารเคลือบและถุงบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ได้จากงานวิจัยที่ในปี 2558 มาทดสอบร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดตราดสีทอง โดยทำการทดลอง 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในเดือนเมษายน วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/กล่อง) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิวหรือบรรจุถุงใดๆ) กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE (Low density polyethylene) กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 6 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE กรรมวิธีที่ 7 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE กรรมวิธีที่ 8 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE ผลการทดลอง พบว่า การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet การเคลือบผิวผลด้วย

Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet และการเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK สามารถควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลไม่เกิน 2 (สีน้ำตาล <25% ของพื้นที่แกน) คือ 1.7 (12.1%), 1.8 (12.8%) และ 1.8 (17.1%) ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ไม่เป็นไส้สีน้ำตาลรวมกับผลทีเป็นไส้สีน้ำตาล < 25% ของพื้นที่หน้าตัดผิว) > 70% คือ 83 89 และ 73% ตามลำดับ อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO น้อยที่สุด คือ 20.701 19.542 และ 20.494 µmol/min/mg protein ตามลำดับ และมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด คือ 21.09 22.98 และ 19.30 mg/100 gFW ตามลำดับ ดังนั้น ในการทดลองครั้งที่ 2 จึงนำกรรมวิธีทั้ง 3 มาทดสอบเปรียบเทียบกันอีกครั้ง โดยเก็บผลสับปะรดตราดสีทองจากแหล่งเดิมในเดือนมิถุนายน วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/กล่อง) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิวหรือบรรจุถุงใดๆ) กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำผลมาตรวจประเมินอาการไส้สีน้ำตาล พบว่า ทุกกรรมวิธีมีคะแนนไส้สีน้ำตาลไม่เกิน 2 และไม่แตกต่างทางสถิติ และมีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ >70% ทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ พบว่ากรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีสม่ำเสมอในการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลทั้ง 2 ครั้ง คือ การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล 1.7 คะแนน เปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่มีค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ 83% อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่ำ กิจกรรมของแอนตี้ออกซิแดนท์ค่อนข้างสูง ปริมาณวิตามินซีสูง การสูญเสียน้ำหนักน้อย ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาล กรด กลิ่นและรสชาติใดๆ ดังนั้น การเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK ร่วมกับ Cellophane sheet จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดตราดสีทอง

ABSTRACT

Internal browning occurred in fresh pineapple for export is the big problem in Thailand, especially, with cv. ‘Trad-See-Thong.’ This cultivar is suitable for export in fresh but it is so sensitive to internal browning. This project investigated the physical control of enzyme activities regulating internal browning in pineapple cv. ‘Trad-See-Thong’ in 2015-2016 at Horticultural research institute. The effectiveness of different kinds of coating, different kinds of packaging, and combining of the best kind of coating and packaging in reducing internal browning in pineapple cv. ‘Trad-See-Thong.’ The experiments were done in April and June. The

mature green fruits (139 day after forcing flowering) were picked from pineapple field in Trad province and applied with treatments. After the fruits were stored at 13±2 ˚C for 3 weeks, internal browning and fruit qualities were evaluated.

Study of different kinds of coating was done in 2015. Five kinds of coating and control (no coating) were applied on the fruits with the RCB design with 3 replicates and 1 box per replicate (6 fuit/box). Five kinds of coating were 2% chitosan, GLK wax (commercial wax: WAXES 18% w/v Shellac, wax), cellophane sheet, 2% chitosan with cellophane sheet, and GLK wax with cellophane sheet. The results showed that GLK wax with cellophane sheet tended to be the best coating to reduce internal browning, following by 2% chitosan with cellophane sheet. From the experiment in April, fruits coated by GLK wax with cellophane sheet and those coated with 2% chitosan with cellophane sheet had internal browning score less than 2 (<25% on cutting surface), which were 1.72 and 1.94, respectively. Moreover, the percentage of number of acceptable fruit (no internal browning and has <25% of internal browning on the cutting surface) was >70% (85% and 82%, respectively). On the other hand, the experiment in June found that there was only GLK wax with cellophane sheet could reduce internal browning in the fruits with the acceptable level, 1.94 of internal browning score and 82% of number of acceptable fruit. Beside, GLK wax with cellophane sheet has no effect on other fruit qualities including firmness, weight loss, %TSS, %TA, smell and taste when compared to control fruits. However, internal browning scores were not significantly different among those fruits with different kinds of coating. This also related to the results of PPO activity and vitamin c contents which were not significantly different among those different coating fruits. However, they were clearly different between the first and the second time of the experiment and related to internal browning score. That was the second time in June had the higher internal browning score, higher PPO activity, and lower vitamin c content than the first time. It showed that weather had more impact on internal browning than coating.

Study of the different kinds of packaging (MAPs) was done in 2015. Three kinds of packaging (MAPs) and control (no packaging) were applied on the fruits with the RCB design with 3 replicates and 1 box per replicate (6 fuit/box). Three kinds of packaging (MAPs) were PP (plypropylene), LDPE (low density polyethylene) and PVC (polyvinyl chloride). The results

showed that LDPE (low density polyethylene) was the best packaging (MAPs) to reduce internal browning, following by PP (plypropylene). From the experiment, packing pineapple in LDPE bag showed the lowest internal browning score in both experiments in April and June, which were 2.00 and 2.67, respectively. However, the acceptable score is not more than 2 (<25% on cutting surface). For the PPO (Polyphenol oxidase) activity, it was significantly different among treatments in both times of experiments. In the experiment in June, LDPE tended to have the lowest PPO activity (375.424 μmol/min/mg). In April, the PPO activity was lower than in June. Moreover, in April, the percentage of number of acceptable fruit (no internal browning and has <25% of internal browning on the cutting surface) of LDPE packed fruits was 75% which was higher than the acceptable level (70%). For the other quality, LDPE had an effect on weight loss. It was found that LDPE packed fruits had the lowest weight loss in the experiment in April but it was not significantly different in the experiment in June. Moreover, the firmness and %TSS of LDPE packed fruits found in the experiment in April were also the highest. However, % TSS, % TA % vitamin C smell and taste were not significantly different among treatments in the experiment in June.

Study of combining of the best kind of coating and packaging was done in 2016. Seven treatments and control (no coating or packaging) were applied on the fruits with the RCB design with 3 replicates and 1 box per replicate (6 fuit/box). Seven treatments were 1) LDPE (low density polyethylene) bag, 2) GLK wax (commercial wax: WAXES 18% w/v Shellac, wax), 3) GLK wax with cellophane sheet, 4) 2% chitosan with cellophane sheet, 5) GLK wax and LDPE bag, 6) GLK wax with cellophane sheet and LDPE bag, and 7) 2% chitosan with cellophane sheet and LDPE bag. The results showed that GLK wax with cellophane sheet, 2% chitosan with cellophane sheet, and GLK wax were the best treatments for reducing internal browning. They had internal browning score in the acceptable range which is less than 2 (<25% on cutting surface), 1.7 (12.1%), 1.8 (12.8%), and 1.8 (17.1%), respectively. The percentage of number of acceptable fruit (no internal browning and has <25% of internal browning on the cutting surface) of those 3 treatment were more than 70% (83%, 89%, and 73%, respectively). Their PPO activities were the lowest, which were 20.701, 19.542, and 20.494 μmol/min/mg protein, respectively. Moreover, their vitamin C contents were the highest, which were 21.09, 22.98, and

19.30 mg/100gFW, respectively. Therefore, in the second time, those 3 treatments were chosen to compare again. The pineapples were picked from the same place in June. Then, three treatments; 1) 2% chitosan with cellophane sheet, 2) GLK wax with cellophane sheet, and 3) GLK wax were applied on the fruits compared with control (no coating or packaging) with the RCB design with 5 replicates and 1 box per replicate (6 fuit/box). After the fruits were stored at 13±2 ℃ for 3 weeks, internal browning was evaluated. It was revealed that all treatments had internal browning score less than 2. The percentage of number of acceptable fruit of all treatments were more than 70%. In addition, the fruit treated with GLK wax with cellophane sheet showed the lowest weight loss. From both experiments, the best treatment that could control internal browning well was GLK wax with cellophane sheet. This treatment had internal browning score of 1.7, the percentage of number of acceptable fruit of 83%, low PPO activity, slightly high antioxidant activity, high vitamin C content, low weight loss, and no any effect on SS, TA, smell and taste. Therefore, GLK wax with cellophane sheet was the best treatment to control internal browning in pineapple cv. 'Trad-See-Thong'

บทนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ไทยส่งออกสับปะรดส่วนใหญ่เป็นในรูปการแปรรูปไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมณี และสเปน และมีการส่งออกสับปะรดผลสดบ้างไปยังประเทศ อินโดนีเซีย และจีน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ซึ่งมูลค่าในการส่งออกผลสดยังมีน้อยมาก ปัญหาสำคัญของการส่งออกสับปะรดผลสด คือ การเกิดอาการผิดปกติทางสรีระวิทยาที่เรียกว่า อาการไส้สีน้ำตาล (Internal browning) เนื่องจากการขนส่งเพื่อการส่งออกมักจะเดินทางไปโดยเรือซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน โดยเฉพาะการขนส่งไปยังประเทศที่อยู่ไกล เช่น ประเทศทางยุโรป หรือ อเมริกา อาจจะต้องใช้เวลาเดินทางถึง 30 วัน และประเทศจีนใช้เวลา 14 วันเดินทาง และ 7 วันในการวางชั้น รวม 21 วัน ซึ่งการเก็บรักษาผลสดให้ยังคงคุณภาพอยู่ได้นานนั้นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็นประมาณ 8-13 °C แต่เนื่องจากสับปะรดเป็นไม้ผลเขตร้อน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิเย็นเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) คือ เกิดแถบสีน้ำตาลบริเวณเนื้อใกล้กับแกนผล หรือเรียกว่า อาการไส้สีน้ำตาล ดังนั้นจึงเป็นปัญหาที่ทำให้ประเทศไทยไม่สามารถส่งออกสับปะรดผลสดไปยังประเทศที่อยู่ไกลได้

พันธุ์สับปะรดแต่ละพันธุ์มีอาการไส้สีน้ำตาลมากน้อยต่างกัน (Teisson *et al*., 1978) ในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียไม่ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์

แตกต่างจากพันธุ์ภูเก็ตที่ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลอย่างชัดเจนตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา (จริงแท้ และอ้อมอรุณ, 2548) สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเป็นพันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่ออาการไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ มากที่สุด รองลงมาได้แก่ พันธุ์ภูแล และพันธุ์ที่มีความทนทานมาก ได้แก่ พันธุ์สวี และพันธุ์ภูเก็ต (จริงแท้, 2554)

สับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง เป็นสับปะรดในกลุ่มพันธุ์ควีน (Queen) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความต้องการมากในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีเนื้อผลกรอบ รสชาติหวานอมเปรี้ยว แตกต่างจากสับปะรดในกลุ่มพันธุ์คาเยน (Cayenne) และขนาดของผลก็เล็กตรงตามความต้องการซึ่งสะดวกต่อการขนส่ง นอกจากนี้เรายังมีกำลังการผลิตสับปะรดสายพันธุ์นี้เป็นอย่างมากในแถบภาคตะวันออกของประเทศโดยเฉพาะจังหวัดตราด ในปี 2555 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตรวม 22,331 ไร่ และผลผลิตรวมประมาณ 27,244 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) แต่อย่างไรก็ตามสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเป็นพันธุ์ที่ประสบปัญหาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุดในกลุ่มพันธุ์ควีน ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกสับปะรดผลสดของไทย

อาการไส้สีน้ำตาลหรืออาการสะท้านหนาว (Chilling injury) เกิดจากอุณหภูมิเย็นกระตุ้นการเกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ชนิด reactive O_2 เช่น H_2O_2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถทำลาย Polyunsaturated lipid ทำให้เยื่อหุ้มเสื่อมสภาพ (Shewfelt and Erickson, 1991) ส่งผลให้สารต่างๆรวมถึงสารประกอบฟีนอลเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้อย่างอิสระ (Murata, 1990) และทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) จนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น (จรัญญา, 2549)

ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาลในช่วงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยทางกายภาพ คือ การควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่สามารถช่วยควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนได้ ได้แก่ การใช้สารเคลือบผิว (Coating) และการใช้บรรจุภัณฑ์ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging: MAPs)

การใช้สารเคลือบผิว (Coating) เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและยังพบว่าช่วยลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดได้ มีการพบว่าการใช้สารเคลือบผิวประเภท paraffin-polyethylene ความเข้มข้นร้อยละ 20 สามารถช่วยลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียได้ เพราะสารเคลือบผิวไปจำกัดปริมาณออกซิเจน ที่เข้าสู่ภายในผลทำให้ PPO ทำงานได้น้อยลง การออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลเกิดได้น้อยลง (Paull and Rohrbach,1985) เช่นเดียวกันกับ ฐิติรัตน์ (2547) พบว่า Sta-fresh 7055 (paraffin-polyethylene wax) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 สามารถชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาว ลดการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอร์บิก และรักษาคุณภาพผลิตผลได้ดีในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

Pitadeniya *et al.* (2005) รายงานว่าการใช้ wax 5%และ Benlate (1 g/L) เคลือบผลสับปะรด ช่วยลดการเกิดไส้สีน้ำตาล โดยมีเปอร์เซนต์การเกิดอาการ 87.5% ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอาการ 100% ที่ 20 วัน หลังการเก็บรักษา 10 °C และเขายังพบว่าการห่อผลด้วย Cellophane sheet ยังช่วยลดการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ถึง 18 วัน อีกด้วย

นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการศึกษาการนำไคโตซานมาใช้เคลือบผิวผักและผลไม้เพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพผลผลิตเป็นอย่างมาก Shahida *et al*. (1999) ได้ทำการทดลองใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานเคลือบลิ้นจี่ เพื่อป้องกันการเกิด enzymatic browning และพบว่าการเคลือบด้วยไคโตซานทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ anthocyanin, flavonoids และ phenolics ช้าลง และยังทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ลดลงอีกด้วย การทดลองในสับปะรด Suntipabvivattana and Somboonkaew (2005) พบว่าการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 2% เคลือบผิวสับปะรดพันธุ์ภูแลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 °C สามารถยืดอายุเก็บรักษาได้นาน 21 วัน และยังลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดอัตราการหายใจ และลดการสูญเสียปริมาณวิตามินซีของผล ซึ่งการที่ผลยังมีปริมาณวิตามินซีสูงอยู่น่าจะมีผลต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยลง

สำหรับการเก็บรักษาผลผลิตในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere packaging: MAPs) สามารถควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน สร้างความสมดุลระหว่างการหายใจของผลิตผลกับคุณสมบัติการซึมผ่านของก๊าซผ่านบรรจุภัณฑ์ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดยต้องมีคุณสมบัติในการควบคุมและลดอัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ ยอมให้ก๊าซออกซิเจนเข้ามาภายในบรรจุภัณฑ์ในอัตราที่สามารถชดเชยกับการใช้ก๊าซออกซิเจนของผลิตผลได้ เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะสามารถออกจากภาชนะบรรจุและสารเคลือบผิวได้พอเหมาะกับการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตผล นอกจากนี้สภาพบรรยากาศที่ต้องการต้องเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรืออาการผิดปกติเนื่องจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไป (Zagory and Kader, 1988; งามทิพย์ ภู่วโรดม, 2537) ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุต่างๆ มาทำการห่อหุ้มหรือบรรจุผลิตผลสดทางการเกษตรมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลาสติกในรูปของถุงพลาสติกและฟิล์มพลาสติก ซึ่งพลาสติกจะช่วยลดการสูญเสียทางกายภาพและเคมีของผลิตผลได้ เนื่องจากการทำให้เกิดสภาพแวดล้อมรอบๆ ผลิตผล (microclimate) ที่มีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษา (Hardenburg, 1971) การสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและแก๊สออกซิเจนลดลง มีผลทำให้อัตราการหายใจและปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในผลิตผลลดลง (Varoquaux *et al.*, 1996) ดังนั้นจึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของผลิตผลได้ ถุงพลาสติกที่นิยมนำมาบรรจุผลิตผลหลังการเก็บ ได้แก่ polyethylene (PE) Polypropylene (PP) ถุงพลาสติกทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยถุงพลาสติก PP จะมีความใสและยอมให้ไอน้ำผ่านเข้าออกมากกว่าถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติกชนิดที่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน คือ LDPE (low density polyethylene)

Ben-Yehoshua *et al.* (1983) ได้ทำการศึกษาผลของการหุ้มผลส้มและมะนาวด้วยถุงพลาสติกชนิด PE พบว่าสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ ต่อมา Paull และ Chen (1987) ศึกษาผลของการใช้ถุงพลาสติก PE ห่อหุ้มลิ้นจี่ ซึ่งพบว่าสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในลิ้นจี่ได้ จากการที่ถุงพลาสติก PE ได้รับความนิยมแพร่หลายและเป็นพลาสติกที่มีการใช้กันในปริมาณมากที่สุด ไม่ว่าสินค้าจะเป็นผลิตผลสดผลิตภัณฑ์อาหาร และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากมีชนิดและชั้นคุณภาพหลายระดับ คุณสมบัติของ PE มีดังนี้ คือ มีความโปร่งแสงความหนาแน่นเพิ่มจะมีความใสลดลง นิ่มและยืดหยุ่นมีความเหนียวสูง ทนทานต่อสารเคมีจำพวกกรดด่างได้ดี ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี และปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี จากการนำฟิล์ม PE ดังกล่าวมาใช้ในการเก็บรักษาพริก ซึ่งพบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาพริก naranjilla ไว้ได้มากกว่า 50 วัน ที่อุณหภูมิ 7.5 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นประโยชน์อีกด้านหนึ่งของการใช้ฟิล์มพลาสติกคือทำให้เกิดสภาวะอากาศมีการอิ่มตัวของไอน้ำซึ่งช่วยบรรเทาการเกิด water stress ส่งผลทำให้ผลพริกหวานเสื่อมสภาพช้าลง (Ben-yohoshua *et al.*,1983)

ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อสำหรับการขายปลีกนั้นทำจาก ฟิล์มที่เป็น Linear lowdensity polyethylene (LLDPE) PVC (polyvinyl chloride) ซึ่งฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การเลือกใช้ของผู้ผลิตขึ้นอยู่กับการหดตัว การยืด การปิดผนึก และการยอมให้อากาศและไอน้ำผ่าน ความใส ความเป็นมันเงา และความสะดวกในการจัดพิมพ์ข้อความ ฟิล์มยืดที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและเกาะติดกันเองได้ดี (จริงแท้, 2538)

ฟิล์มยืด PVC เป็นชนิดที่นิยมใช้ในการค้ามากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจาก PVC สามารถยืดและหดตัวได้ทุกทาง ก๊าซและไอน้ำสามารถระเหยผ่านได้ มีคุณสมบัติดีกว่า LDPE แผ่นฟิล์มชนิดนี้ใช้กันมากในการปิดด้านบนของถาดโฟมที่ใส่ผลิตผลสด แผ่นฟิล์มชนิดนี้ไม่เหมาะสมในการทำถุง ฟิล์ม PVC บางชนิดสามารถขึงให้ตึงได้ ทำให้ผลิตผลมีลักษณะดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคเพราะมีผิวดูเป็นมันฟิล์ม PVC บางชนิดจะหดตัวประมาณร้อยละ 30 – 50 เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้แนบสนิทกับผลิตผลได้ดี อีกทั้งยังมีคุณสมบัติโปร่งใส ไม่เกิดลักษณะฝ้ามัว หรือเกิดหยดน้ำขึ้นระหว่างเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ มีความเหนียวทนทานสารเคมีทั้งกรดและด่าง ป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี (มยุรี และ อมรรัตน์, 2533)

ดังนั้นจึงได้ศึกษาชนิดของสารเคลือบผิว และชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาล และนำสารเคลือบและบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดมาทดสอบร่วมกันในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกสับปะรดผลสดของไทย

ระเบียบวิธีการวิจัย

ประกอบด้วย 3 การทดลอง

1. ผลของการใช้สารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง

อุปกรณ์

1. ผลสับปะรดตราดสีทอง ระยะแก่เขียว หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก
2. Chitosan 2 %
3. Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax)
4. Cellophane sheet
5. กล่องบรรจุสับปะรด 6 ผลในแนวนอน มีช่องเจาะทรงรีในแนวตั้งตามด้านยาวของกล่อง ด้านละ 2 ช่อง
6. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพผล
7. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์อัตราปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ1 กล่อง (6 ผล/ กล่อง)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิวผล)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 %

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax)

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวผลด้วย Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 6 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนเมษายน และมิถุนายน ระยะแก่เขียว (หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก) และสุ่มวิเคราะห์คุณภาพก่อนการเก็บรักษา
2. นำผลสับปะรดมาทดสอบตามกรรมวิธี
3. นำผลสับปะรดบรรจุใส่กล่องกระดาษและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส
4. หลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ นำผลมาผ่าครึ่งตามยาวตรวจดูการเกิดไส้สีน้ำตาล รวมถึงตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และตรวจวัดคุณภาพด้านต่างๆของผล

การบันทึกข้อมูล

1. คุณภาพก่อนและหลังการเก็บรักษา คือ ปริมาณ Total soluble solid content (% TSS) ปริมาณกรด (%TA) ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่นและรสชาติ ผลสับปะรด
2. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO
3. การให้คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล (Internal browning score: IB score) โดยการประเมินทางสายตาโดยแบ่งระดับการเกิดสีน้ำตาลออกเป็น 5 ระดับ

   1 = ไม่พบสีน้ำตาล

   2 = มีสีน้ำตาล 1-25% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   3 = มีสีน้ำตาล 26-50% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   4 = มีสีน้ำตาล 51-75% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   5 = มีสีน้ำตาล 76-100% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

เวลาและสถานที่

ดำเนินการในปี ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 ณ สถาบันวิจัยพืชสวน และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

2. ผลของบรรจุภัณฑ์ (MAPs) ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

อุปกรณ์

1. ผลสับปะรดตราดสีทอง ระยะแก่เขียว หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก
2. ถุงพลาสติก PP (polypropylene)
3. ถุงพลาสติก LDPE (low density polyethylene)
4. ฟิล์มพลาสติก PVC (polyvinyl chloride)
5. กล่องบรรจุสับปะรด 6 ผลในแนวนอน มีช่องเจาะทรงรีในแนวตั้งตามด้านยาวของกล่อง ด้านละ 2 ช่อง
6. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพผล
7. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์อัตราปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/ กล่อง)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (บรรจุผลสับปะรดในกล่องกระดาษ)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก PP (polypropylene)

กรรมวิธีที่ 3 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE (low density polyethylene)

กรรมวิธีที่ 4 บรรจุผลสับปะรดฟิล์มพลาสติก PVC (polyvinyl chloride)

<u>วิธีปฏิบัติการทดลอง</u>

1. เก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนเมษายน และมิถุนายน ระยะแก่เขียว (หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก) และสุ่มวิเคราะห์คุณภาพก่อนการเก็บรักษา
2. นำผลสับปะรดมาทดสอบตามกรรมวิธี
3. นำผลสับปะรดบรรจุใส่กล่องกระดาษและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส
4. หลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ นำผลมาผ่าครึ่งตามยาวตรวจดูการเกิดไส้สีน้ำตาล รวมถึงตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และตรวจวัดคุณภาพด้านต่างๆ ของผล

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

1. คุณภาพก่อนและหลังการเก็บรักษา คือ ปริมาณ Total soluble solid content (% TSS) ปริมาณกรด (%TA) ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี กลิ่นและรสชาติผลสับปะรด
2. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO
3. การให้คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล (Internal browning score: IB score) โดยการประเมินทางสายตา โดยแบ่งระดับการเกิดสีน้ำตาลออกเป็น 5 ระดับ

    1 = ไม่พบสีน้ำตาล

    2 = มีสีน้ำตาล 1-25% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    3 = มีสีน้ำตาล 26-50% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    4 = มีสีน้ำตาล 51-75% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    5 = มีสีน้ำตาล 76-100% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

<u>เวลาและสถานที่</u>

ดำเนินการในปี ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 ณ สถาบันวิจัยพืชสวน และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

3. ชนิดสารเคลือบร่วมกับถุงบรรจุภัณฑ์ต่อการควบคุมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

<u>อุปกรณ์</u>

1. ผลสับปะรดตราดสีทอง ระยะแก่เขียว หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก
2. Chitosan 2 %
3. Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax)
4. Cellophane sheet

5. ถุงพลาสติก LDPE (low density polyethylene)
6. กล่องบรรจุสับปะรด 6 ผลในแนวนอน มีช่องเจาะทรงรีในแนวตั้งตามด้านยาวของกล่อง ด้านละ 2 ช่อง
7. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพผล
8. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์อัตราปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO

วิธีการ ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/ กล่อง)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่มีการใช้สารเคลือบหรือถุงบรรจุใดๆ)

กรรมวิธีที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax)

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 6 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE

กรรมวิธีที่ 7 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE

กรรมวิธีที่ 8 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนเมษายน ระยะแก่เขียว (หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก) และสุ่มวิเคราะห์คุณภาพก่อนการเก็บรักษา
2. นำผลสับปะรดมาทดสอบตามกรรมวิธี
3. นำผลสับปะรดบรรจุใส่กล่องกระดาษและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส
4. หลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ นำผลมาผ่าครึ่งตามยาวตรวจดูการเกิดไส้สีน้ำตาล รวมถึงตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และตรวจวัดคุณภาพด้านต่างๆของผล

การบันทึกข้อมูล

1. คุณภาพผล ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%SS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%TA) ความแน่นเนื้อ สีเปลือกและสีเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสีผิว ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีโนลิก antioxidant activity และรสชาติผลสับปะรด
2. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO
3. การให้คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล (Internal browning score: IB score) โดยการประเมินทางสายตาโดยแบ่งระดับการเกิดสีน้ำตาลออกเป็น 5 ระดับ

   1 = ไม่พบสีน้ำตาล

   2 = มีสีน้ำตาล 1-25% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   3 = มีสีน้ำตาล 26-50% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   4 = มีสีน้ำตาล 51-75% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

   5 = มีสีน้ำตาล 76-100% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

<u>ครั้งที่ 2</u>

คัดเลือกกรรมวิธีที่ได้ผลดีที่สุดจากการทดลองครั้งที่ 1 มาทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กล่อง (6 ผล/กล่อง)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่มีการใช้สารเคลือบหรือถุงบรรจุใดๆ)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v Shellac, wax)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนมิถุนายน ระยะแก่เขียว (หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก) และสุ่มวิเคราะห์คุณภาพก่อนการเก็บรักษา
2. นำผลสับปะรดมาทดสอบตามกรรมวิธี
3. นำผลสับปะรดบรรจุใส่กล่องกระดาษและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส
4. หลังการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ นำผลมาผ่าครึ่งตามยาวตรวจดูการเกิดไส้สีน้ำตาล และตรวจวัดคุณภาพด้านต่างๆของผล

การบันทึกข้อมูล

1. คุณภาพผล ได้แก่ ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสีผิว และรสชาติผลสับปะรด
2. การให้คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล (Internal browning score: IB score) โดยการประเมินทางสายตาโดยแบ่งระดับการเกิดสีน้ำตาลออกเป็น 5 ระดับ

    1 = ไม่พบสีน้ำตาล

    2 = มีสีน้ำตาล 1-25% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    3 = มีสีน้ำตาล 26-50% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    4 = มีสีน้ำตาล 51-75% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

    5 = มีสีน้ำตาล 76-100% ของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผล

<u>เวลาและสถานที่</u>

ดำเนินการในเดือนตุลาคม 2558 – กันยายน 2559 รวม 1 ปี ณ สถาบันวิจัยพืชสวน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของการใช้สารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง

ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง โดยเก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน เก็บเกี่ยวระยะแก่เขียว หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก สุ่มวัดคุณภาพผลก่อนการเก็บรักษา ผลคือไม่พบอาการไส้สีน้ำตาลในการทดลองทั้งสองครั้ง และปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีที่กำหนด เก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำผลมาตรวจประเมินอาการไส้สีน้ำตาล และวัดคุณภาพผลด้านต่างๆ

ผลการประเมินการเกิดไส้สีน้ำตาลโดยพิจารณาค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่า ค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่กรรมวิธีที่ 6 คือการเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet ให้ผลในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด คือ มีค่าคะแนนต่ำสุดในการทดลองทั้งสองครั้ง และค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์คะแนนที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 2 (1.72 และ 1.94 ตามลำดับ) รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% ร่วมกับ Cellophane sheet ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยในครั้งที่ 1 น้อยกว่า 2 (1.94) แต่ในครั้งที่ 2 มากกว่า 2 (2.39) ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 2 ทั้งหมดในการทดลองทั้งสองครั้ง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดไส้สีน้ำตาลของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผลมากกว่า 25% ขึ้นไป (Table 1 and 2)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลในระดับต่างๆ ในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า กรรมวิธีที่ 6 คือการเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet มีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ คือ คะแนน 1 และ 2 รวมกันสูงสุดและมากกว่า 70% (85% และ 82% ตามลำดับ) โดยกรรมวิธีที่ 6 มีจำนวนผลที่ไม่เกิดไส้สีน้ำตาลสูงสุด (Figure 1) ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ผลเป็นในทางเดียวกันกับการทดลองครั้งที่ 1 คือ กรรมวิธีที่ 6 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้สูงสุด คือ 81% และ 65% ตามลำดับ (Figure 2) แต่การเกิดไส้สีน้ำตาลในครั้งที่ 2 มีความรุนแรงกว่าครั้งที่ 1 อันอาจเนื่องมาจากในเดือนมิถุนายนได้รับปริมาณน้ำฝนมากกว่าเดือนเมษายน (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ณ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด ในเดือนมิถุนายนและเมษายน คือ 860 มม. และ 180 มม. ตามลำดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) ทำให้ผลสับปะรดง่ายต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลมากกว่า สอดคล้องกับ จักรพงษ์ และจริงแท้ (2536) ซึ่งพบว่า หากระหว่างการเจริญเติบโตจากแหล่งปลูกมีแสงน้อย ฝนตกชุก สับปะรดจะมีโอกาสเกิดไส้สีน้ำตาลสูง ดังนั้นในการทดลองครั้งที่ 2 มีเพียงกรรมวิธีที่ 6 คือการเคลือบผิวผลด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet ที่สามารถควบคุมไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ผลการวัดการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO (Polyphenol oxidase activity) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในการทดลองทั้งสองครั้ง แต่มีแนวโน้มที่กรรมวิธีควบคุมมีค่าปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO สูงสุดทั้ง 2 ครั้ง และเมื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณวิตามินซีซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี แต่มีแนวโน้มที่กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณวิตามินซีต่ำสุดในการทดลองทั้งสองครั้งเช่นกัน (Table 1 and 2)จากรายงานของ จักรพงษ์ และจริงแท้ (2536) ผลสับปะรดที่มีปริมาณวิตามินซีสูงมีโอกาสเกิดไส้สีน้ำตาลต่ำ เนื่องจากวิตามินซีไปยับยั้งการรวมตัวของสารควิโนน (quinone) เป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่มีสีน้ำตาล (Abdullah *et al*., 1987) แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีควบคุมมีแนวโน้มเกิดไส้สีน้ำตาลสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามผลของค่าคะแนนไส้สีน้ำตาลไม่สอดคล้องกับแนวโน้มดังกล่าว ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าในเดือนเมษายนมีค่าเฉลี่ยการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO 172.628 µmol/min/mg protein น้อยกว่าในเดือนมิถุนายน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 359.873 µmol/min/mg protein สอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเปรียบเทียบในการทดลองทั้งสองครั้ง คือเมื่อมีการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO สูงการเกิดไส้สีน้ำตาลสูง ทั้งนี้ผลของปัจจัยทางสภาพอากาศมีอิทธิพลมากกกว่าผลของการใช้สารเคลือบต่างๆ (Table 1 and 2)

สำหรับผลในด้านคุณภาพอื่นๆ พบว่า ค่าสูญเสียน้ำหนักมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี โดยครั้งที่ 1 พบว่า กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2% มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด ในขณะที่การทดลองครั้งที่ 2 พบว่า กรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet มีค่าสูงสุด ในขณะที่

กรรมวิธีอื่นๆมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าความแน่นเนื้อพบความแตกต่างทางสถิติในครั้งที่ 1 โดยกรรมวิธีที่ 5 เคลือบผิวผลด้วย Chitosan 2 % ร่วมกับ Cellophane sheet มีค่าสูงสุด แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี และสำหรับ %TSS และ %TA ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในการทดลองทั้งสองครั้ง (Table 1 and 2) นอกจากนี้ยังไม่พบความผิดปกติด้านกลิ่นและรสชาติในทุกกรรมวิธี แสดงว่าแต่ละกรรมวิธีไม่มีผลต่อคุณภาพด้านปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด กลิ่นและรสชาติ

Table 1 Quality of pineapple picked in April and coated with different coating after stored at 13±2˚C for 3 weeks**.** IB = internal browning, PPO = polyphenol oxidase, V.C = vitamin c, TSS = total soluble solids, and TA = titratable acidity.

Treatment	IB score	PPO activity (µmol/min/ mg protein)	V.C (mg/ 100ml)	Weight loss (Kg.)	Firmness (Kg.)	%TSS	% TA
1. Control	2.11	184.190	35.10	0.07a*	1.25c	11.72	0.91
2. 2% Chitosan	2.56	169.750	38.43	0.12b	1.52ab	12.64	0.97
3. GLK Wax 18% w/v	2.44	172.041	35.21	0.08a	1.24c	11.43	0.93
4. Cellophane sheet	2.56	164.438	37.54	0.09a	1.36ab	11.74	0.96
5. 2% Chitosan + Cellophane sheet	1.94	178.314	37.39	0.08a	1.64a	11.36	0.95
6. GLK Wax 18% w/v + Cellophane sheet	1.72	167.027	38.90	0.08a	1.27c	11.76	1.01
Average	2.22	172.628	37.09	0.09	1.38	11.78	0.95
C.V.	23.14%	19.50%	13.25%	18.90%	7.60%	5.86%	11.04%

*Different letter indicates significantly difference within columns by Duncan's Multiple Range test at P< 0.05

Table 2 Quality of pineapple picked in June and coated with different coating after stored at 13±2°C for 3 weeks. IB = internal browning, PPO = polyphenol oxidase, V.C = vitamin c, TSS = total soluble solids, and TA = titratable acidity.

Treatment	IB score	PPO activity (μmol/min/ mg protein)	V.C (mg/ 100ml)	Weight loss (Kg.)	Firmness (Kg.)	%TSS	% TA
1. Control	2.39ab*	426.007	30.76	0.07a	1.20	12.88	0.97
2. 2% Chitosan	2.72ab	323.633	34.06	0.07a	1.36	12.91	1.09
3. GLK Wax 18% w/v	2.83b	330.018	31.71	0.08ab	1.30	13.40	1.06
4. Cellophane sheet	2.56ab	330.487	37.65	0.09ab	1.25	12.31	1.05
5. 2% Chitosan + Cellophane sheet	2.39ab	407.337	34.00	0.10b	1.20	12.80	1.02
6. GLK Wax 18% w/v + Cellophane sheet	1.94a	341.758	34.82	0.07a	1.26	12.91	1.04
Average	2.47	359.873	33.83	0.08	1.26	12.87	1.04
C.V.	17.37%	24.00%	17.10%	16.50%	9.72%	4.65%	10.08%

*Different letter indicates significantly difference within columns by Duncan's Multiple Range test at P< 0.05

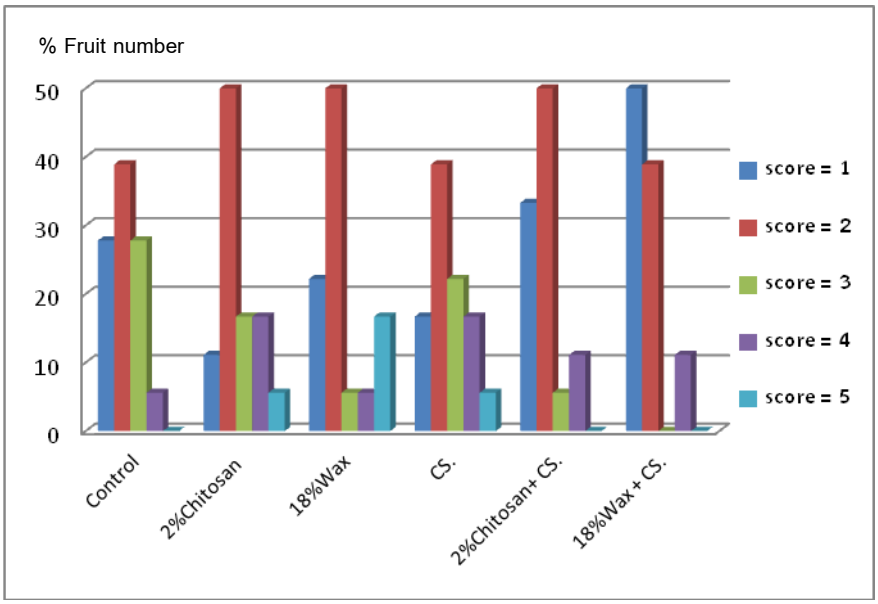


Figure 1 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of coating (in April). CS. is cellophane sheet.

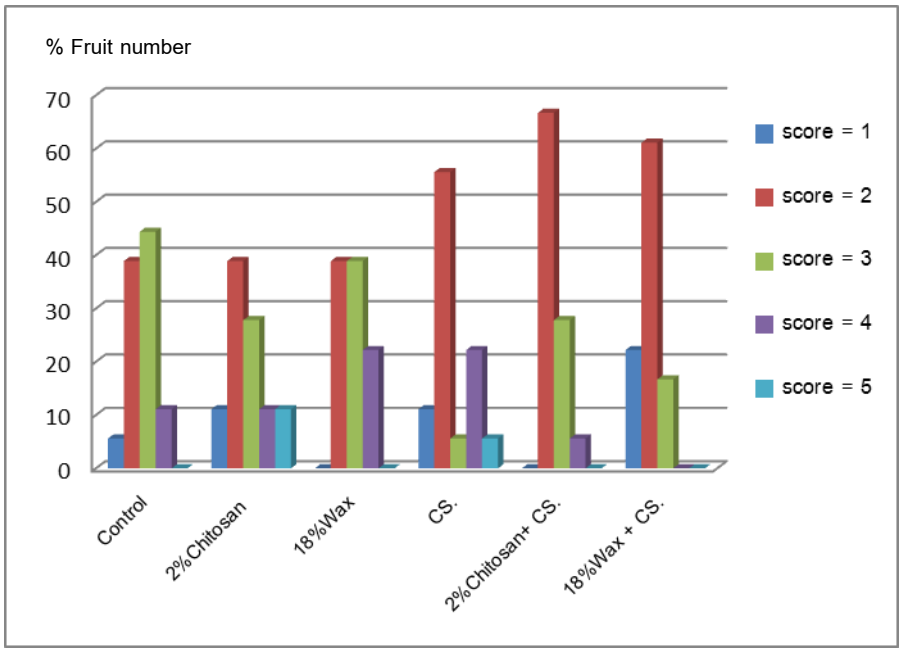


Figure 2 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of coating (in June). CS. is cellophane sheet.

2. ผลของบรรจุภัณฑ์ (MAPs) ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง โดยเก็บผลสับปะรดสดจากแปลงเกษตรกร จ.ตราด ในเดือนเมษายน และเดือนมิถุนายน เก็บเกี่ยวระยะแก่เขียว หรือ 139 วันหลังบังคับการออกดอก สุ่มวัดคุณภาพผลก่อนการเก็บรักษา ผลคือไม่พบอาการไส้สีน้ำตาลในการทดลองทั้งสองครั้ง และปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีที่กำหนด เก็บรักษาในอุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำผลมาตรวจประเมินอาการไส้สีน้ำตาล และวัดคุณภาพผลด้านต่างๆ

ผลการประเมินการเกิดไส้สีน้ำตาลโดยพิจารณาค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่า ค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี แต่มีแนวโน้มที่กรรมวิธีที่ 3 คือบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE สามารถควบคุมไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดในการทดลองทั้งสองครั้ง คือ 2.00 และ 2.67 ซึ่งในการทดลองครั้งที่ 1 ค่าคะแนนเฉลี่ยยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 2 ซึ่งคิดเปอร์เซ็นต์การเกิดไส้สีน้ำตาลของพื้นที่หน้าตัดเนื้อผลมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เมื่อดูค่าเฉลี่ยคะแนนไส้สีน้ำตาลโดยรวม พบว่าการทดลองครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน มีการเกิดไส้สีน้ำตาลสูงกว่าการทดลองครั้งที่ 1 เดือนเมษายน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเดือนมิถุนายนเข้าใกล้ฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าอันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดไส้สีน้ำตาลได้ง่ายกว่า ส่วนการวัดการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO (Polyphenol oxidase activity) พบว่าในการทดลองทั้งสองครั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี ซึ่งในการทดลองครั้งที่ 1 บรรจุผลสับปะรดฟิล์มพลาสติก PVC มีค่าการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ต่ำสุด 214.988 μmol/min/mg protein แต่สำหรับในการทดลองครั้งที่ 2 บรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีค่าการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ต่ำสุด 375.424 μmol/min/mg protein ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลที่ต่ำสุดนั่นเอง และเมื่อเปรียบเทียบค่าการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ในการทดลองทั้งสองครั้ง พบว่าในเดือนเมษายนมีการเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO น้อยกว่าในเดือนมิถุนายน ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเปรียบเทียบในการทดลองทั้งสองครั้งเช่นกัน (Table 1 and 2)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่ค่าคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลระดับต่างๆ พบว่า กรรมวิธีที่ 3 คือบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (คะแนน 1 และ 2) สูงสุด รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 4 คือ บรรจุผลสับปะรดฟิล์มพลาสติก PVC โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์จำนวนผลครั้งที่ 1 คือ 75% และ 60% ตามลำดับ และครั้งที่ 2 คือ 60% และ 39% ตามลำดับซึ่งมีเพียงกรรมวิธีที่ 3 ในการทดลองครั้งที่ 1 ที่ถือว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์อยู่ในปริมาณที่สูงพอยอมรับได้ (>70%) (Figure 1 and 2)

สำหรับผลด้านคุณภาพอื่นๆ พบว่า ค่าสูญเสียน้ำหนักมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี ซึ่งกรรมวิธีที่ 3 คือบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งที่ 1 แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีทดสอบ แต่ทุกกรรมวิธีมีค่าสูญเสียน้ำหนักน้อย

กว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนค่าความแน่นเนื้อ และ %TSS พบว่าในการทดลองครั้งที่ 1 กรรมวิธีที่ 3 คือบรรจุผลสับปะรดในถุงพลาสติก LDPE มีค่าสูงสุดแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการทดลองครั้งที่ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี และสำหรับ %TSS, %TA และ %V.C ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 1 and 2) นอกจากนี้ยังไม่พบความผิดปกติด้านกลิ่นและรสชาติในทุกกรรมวิธี แสดงว่าแต่ละกรรมวิธีไม่มีผลต่อคุณภาพด้านปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด ปริมาณวิตามินซี กลิ่นและรสชาติ

จากการทดลองจึงพบว่า กรรมวิธีที่ใช้ถุงพลาสติก LDPE ส่งผลในการควบคุมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด การเกิดปฏิกิริยาของเอมไซม์ PPO ต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยสุด รวมทั้งความแน่นเนื้อที่มากสุด ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติก LDPE นั้นสามารถยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน จึงแสดงให้เห็นว่า พลาสติกชนิดดังกล่าวจะช่วยลดการสูญเสียทางกายภาพและเคมีของผลิตผลได้เนื่องจากการทำให้เกิดสภาพแวดล้อมรอบๆ ผลิตผล (microclimate) ที่มีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษา (Hardenburg, 1971) การสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและแก๊สออกซิเจนลดลง มีผลทำให้อัตราการหายใจและปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในผลิตผลลดลง (Varoquaux *et al.*, 1996) ดังนั้นจึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของผลิตผลได้

Table 1 Quality of pineapple picked in April packed in different kind of packages after stored at 13±2˚C for 3 weeks**.** IB = internal browning, TSS = total soluble solids, TA = titratable acidity, V.C = vitamin c., and PPO = polyphenol oxidase

Treatment	IB score	Weight loss (Kg.)	Firmness (Kg.)	%TSS	% TA	%V.C	PPO activity (µmol/min/mg protein)
1. Control	2.67	0.13c	1.12b	10.69ab	1.06	26.42	232.038
2. PP bag	2.33	0.03b	1.23ab	10.85ab	0.97	23.73	250.205
3. LDPE bag	2.00	0.01a	1.39a	11.11a	1.03	22.41	277.369
4. PVC film	2.67	0.05b	1.32ab	10.21b	1.00	24.34	214.988
เฉลี่ย	2.43	0.05	1.32	10.72	1.01	24.23	243.650
C.V.	25.83%	13.50%	7.04%	3.97%	8.28%	16.86%	13.2%

Different letter indicates significantly difference within columns by Duncan's Multiple Range test at P< 0.05

Table 2 Quality of pineapple picked in June packed in different kind of packages after stored at 13±2˚C for 3 weeks**.** IB = internal browning, TSS = total soluble solids, TA = titratable acidity, V.C = vitamin c., and PPO = polyphenol oxidase

Treatment	IB score	Weight loss (Kg.)	Firmness (Kg.)	%TSS	% TA	%V.C	PPO activity (µmol/min/mg protein)
1. Control	3.33	0.09b	1.19	12.39	0.99	29.99	393.231
2. PP bag	3.33	0.01a	1.11	11.85	0.92	22.19	466.732
3. LDPE bag	2.67	0.01a	1.18	11.82	1.00	26.31	375.424
4. PVC film	3.11	0.02a	1.03	12.41	1.04	24.29	495.378
เฉลี่ย	3.11	0.03	1.13	12.12	0.99	25.69	432.691
C.V.	20.63%	23.80%	8.90%	2.63%	5.53%	15.88%	24.1%

Different letter indicates significantly difference within columns by Duncan's Multiple Range test at P< 0.05

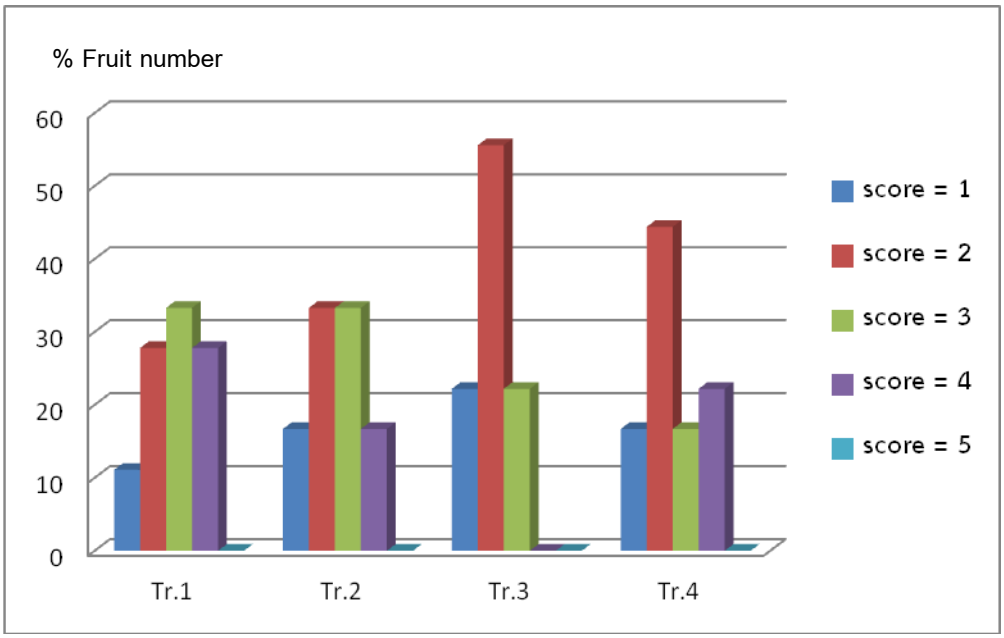


Figure 1 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of package (in April).

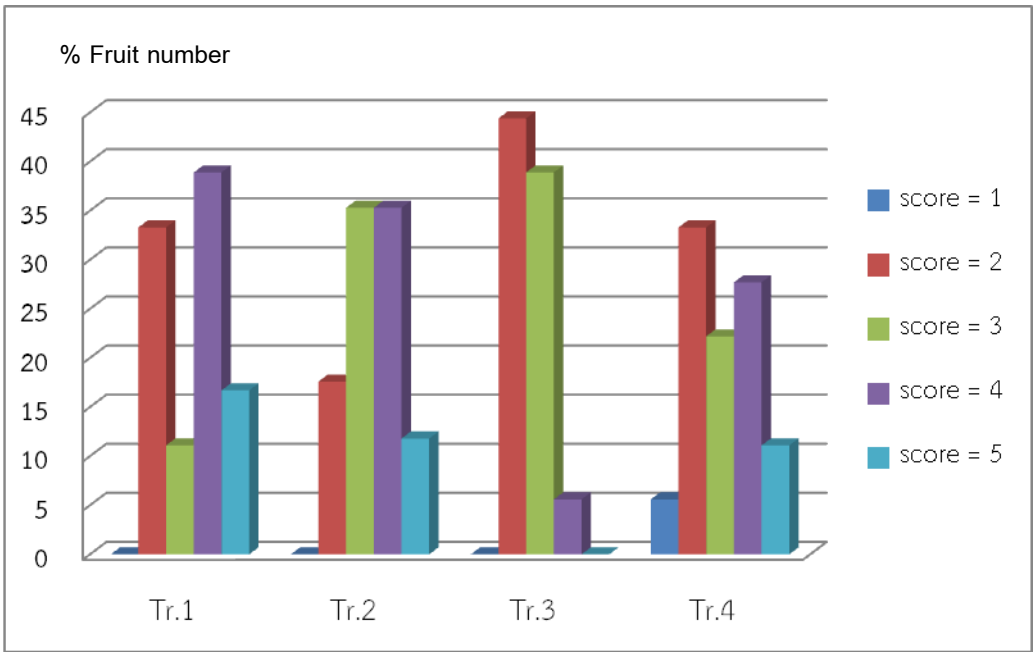


Figure 2 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of package (in June).

3. ชนิดสารเคลือบร่วมกับถุงบรรจุภัณฑ์ต่อการควบคุมการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ครั้งที่ 1

ผลการประเมินการเกิดไส้สีน้ำตาลโดยพิจารณาค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่า ค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลและเปอร์เซ็นต์การเกิดไส้สีน้ำตาลบนพื้นที่หน้าตัดแกนมีความแตกต่างทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่เกิดไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์คะแนนที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 2 และเปอร์เซ็นต์การเกิดไส้สีน้ำตาลบนพื้นที่หน้าตัดแกนไม่เกิน 25% ได้แก่ กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 8 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวของกรรมวิธีเหล่านี้ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (Table 1)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่ค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลในระดับต่างๆ โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ คือ คะแนน 1 และ 2 รวมกันมากกว่า 70% พบว่า มีกรรมวิธีที่อยู่ในเกณฑ์เรียงตามลำดับเปอร์เซ็นต์จากมากไปน้อย ดังนี้ กรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet 89% กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่

1 ควบคุม 83% กรรมวิธีที่ 8 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE 78% และ กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax 72% (Figure 1)

สำหรับผลในด้านคุณภาพอื่นๆ พบว่า สีเนื้อมีความแตกต่างทางสถิติและสอดคล้องกับการเกิดไส้สีน้ำตาล โดยค่า hue ที่ใกล้ 90 องศา หมายถึง มีความใกล้ไปทางสีเหลืองมากกว่าสีแดง และค่า L* สูงหมายถึงมีความสว่างมาก ซึ่งกรรมวิธีที่เป็นไส้สีน้ำตาลน้อยจะมีค่า hue ใกล้ 90 องศามากกว่า และมีค่า L* สูงกว่า ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 3 4 5 7 และ 8 ซึ่งมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง LDPE และกรรมวิธีที่ 6 เคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับบรรจุในถุง LDPE ซึ่งมีค่าคะแนนไส้สีน้ำตาลสูงกว่ากรรมวิธีดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ยกเว้นกรรมวิธีที่ 7) (Table 1) สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก ทั้งจากการวัดโดยเครื่องมือแสดงด้วยค่า Hue และ L* และจากการประเมินด้วยสายตาแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของสีเขียว (%Degreening) แสดงให้เห็นว่า กรรมวิธีทีมีการบรรจุผลลงในถุง LDPE (กรรมวิธีที่ 2 6 7 8) ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น โดยเฉพาะเมื่อร่วมกับการเคลือบผิวผล (กรรมวิธีที่ 6 7 และ 8) แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนสีผิวของทุกกรรมวิธีไม่เกิน 70% (Table 1) ซึ่งสามารถวางจำหน่ายได้ประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนค่าความแน่นเนื้อ พบว่า กรรมวิธีที่ 2 บรรจุในถุง LDPE มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณของแข็งที่มีความหวานทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธี แต่จะพบว่ากรรมวิธีที่บรรจุในถุง LDPE ไม่มีการสูญเสียน้ำหนักหรือสูญเสียเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า กรรมวิธีที่ 8 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE มีค่าน้อยที่สุด (Table 1) นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธีไม่พบความผิดปกติในกลิ่นและรสชาติ

ส่วนการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO (Polyphenol oxidase activity) พบว่า กรรมวิธีที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่ำที่สุดและแตกต่างทางสถิติ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet กรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 7 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE โดยมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.542-20.761 μmol/min/mg protein (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลสำหรับกรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 ซึ่งมีคะแนนต่ำสุด (Table 1) และจะเห็นว่ากรรมวิธีที่ 3 นั้นไม่พบผลสับปะรดที่มีคะแนนไส้สีน้ำตาลรุนแรงระดับ 4 และ 5 ส่วนกรรมวิธีที่ 4 และ 5 พบผลสับปะรดที่มีคะแนนไส้สีน้ำตาลรุนแรงระดับ 5 แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมพบอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO เฉลี่ยสูงสุด โดยผลสับปะรดที่มีคะแนนไส้สีน้ำตาลรุนแรงระดับ 4 และ 5 มีปฏิกิริยาของเอนไซม์สูงสุดอีกด้วย

(Table 2 และ Figure 2) แสดงถึงความรุนแรงของการเกิดไส้สีน้ำตาลของกรรมวิธีควบคุมที่มากกว่ากรรมวิธีทดลอง

สำหรับปริมาณสารประกอบฟีโนลิก (Total phenolic content) (Table 3 และ Figure 3) ซึงเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO ที่จะเปลี่ยนให้เป็นสารควิโนน (quinone) แล้วสารควิโนนจะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ที่มีสีน้ำตาล (จรัญญา, 2549) และกิจกรรมของแอนตี้ออกซิเดนท์ ซึ่งจะลดปริมาณ free radical ที่ไปทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพ และทำให้สารประกอบฟีโนลิกไหลออกมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO ได้ โดยกิจกรรมของแอนตี้ออกซิเดนท์วัดจาก % DPPH free radical scarvenging activity (Table 4 และ Figure 4) ซึ่งการพิจารณาทั้ง 2 ค่านี้ ต้องพิจารณาประกอบกันและร่วมกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ด้วย พบว่ากรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet มีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 8 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE (Table 4) ส่วนกิจกรรมของแอนตี้ออกซิแดนท์ พบว่า กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax และกรรมวิธีควบคุม มีกิจกรรมของแอนตี้ออกซิแดนท์เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet (Table 4) แสดงว่ากรรมวิธีที่ 3 4 และกรรมวิธีควบคุม มีความเป็นไปได้ที่สารประกอบฟีโนลิกจะมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO น้อย ส่งผลต่อโอกาสเกิดสารสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ของ 3 กรรมวิธีนี้ร่วมด้วย จะพบว่ามีเพียงกรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่ำ ส่งผลให้อาจเกิดสารสีน้ำตาลน้อยกว่า ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมกลับมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์สูงสุด นอกจากนี้ วิตามินซียังเป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญในลำดับสุดท้ายของปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล โดยวิตามินซีเป็น reducing agent ของ quinone ทำให้ไม่รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (Abdullah *et al*., 1987) จึงไม่เกิดสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งจะเห็นว่ากรรมวิธีที่มีปริมาณวิตามินซีสูงสุด คือ กรรมวิธีที่ 5 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดไส้สีน้ำตาล

ดังนั้น จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และการเคลือบผิวผลด้วย Wax ให้ผลในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยการเกิดไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 2 (<25% ของพื้นที่แกนผล) และจำนวนผลที่อยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวมากกว่า 70% สีเนื้อผลมีความใกล้สีเหลืองและมีความสว่าง อัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ต่ำสุด มีปริมาณวิตามินซีสูงสุด และไม่พบความผิดปกติใดๆ ในกลิ่นและรสชาติ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้สารเคลือบร่วมกับบรรจุภัณฑ์ ดังเช่น กรรมวิธีที่ 8 การเคลือบผิวผลด้วย

Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet และบรรจุในถุง LDPE สามารถควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้เพียงสารเคลือบ 3 กรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นจึงเลือกเพียง 3 กรรมวิธีดังกล่าว เพื่อทดลองต่อไปในครั้งที่ 2

Table 1 Quality of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks**.** IB = internal browning, SS = soluble solids, TA = titratable acidity and V.C = vitamin c**.**

Treatment	IB score	IB (%)	Flesh color		Peel color			Firmness (Kg)	Weight loss (Kg)	SS (%)	TA (%)	V.C (mg/ 100ml)
			Hue	L*	Hue	L*	Degreening (%)					
1. Control	2.1 a	16.0 a	83.18 a	67.10 a	69.91 c	42.58 b	56.4 cd	1.21 bc	0.12	14.6	1.03 bc	16.69 cd
2. LDPE	2.9 b	35.7 bc	77.12 b	54.43 b	75.62 bc	42.50 b	45.5 bcd	0.88 d	0.00	13.9	1.02 ab	14.89 de
3. Wax	1.8 a	17.1 ab	82.97 a	66.77 a	70.65 c	44.53 b	65.6 d	1.14 bc	0.11	14.8	1.14 c	19.30 bc
4. Wax+CS[1/]	1.7 a	12.1 a	84.14 a	69.31 a	71.06 c	43.37 b	54.3 cd	1.28 ab	0.10	13.9	1.14 c	21.09 ab
5. Chitosan+CS	1.8 a	12.8 a	84.20 a	66.56 a	71.56 c	42.75 b	59.6 d	1.38 a	0.15	13.5	1.01 ab	22.98 a
6. Wax+LDPE	3.0 b	36.7 c	77.33 b	54.76 b	81.35 ab	37.46 a	24.5 abc	1.18 bc	0.00	13.8	1.01 ab	11.31 f
7. Wax+CS+LDPE	2.3 ab	27.7 abc	81.73 a	64.48 a	87.42 a	36.40 a	8.8 a	1.26 abc	0.00	14.0	1.04 bc	12.29 ef
8. Chitosan+CS+LDPE	1.8 a	13.7 a	81.74 a	65.06 a	81.96 ab	37.03 a	18.8 ab	1.10 c	0.05	13.2	0.91 a	14.26 de
F-test	**	*	**	**	**	**	**	**	ns	ns	*	**
CV (%)	17.9	48.1	2.0	5.2	5.0	9.94	41.3	7.3	43.1	5.2	6.1	9.0

Different letter indicate significant within columns by Duncan's Multiple Range test. * =significant at p<0.05, ** =significant at p<0.01, ns=non significant

[1/] CS = Cellophane sheet

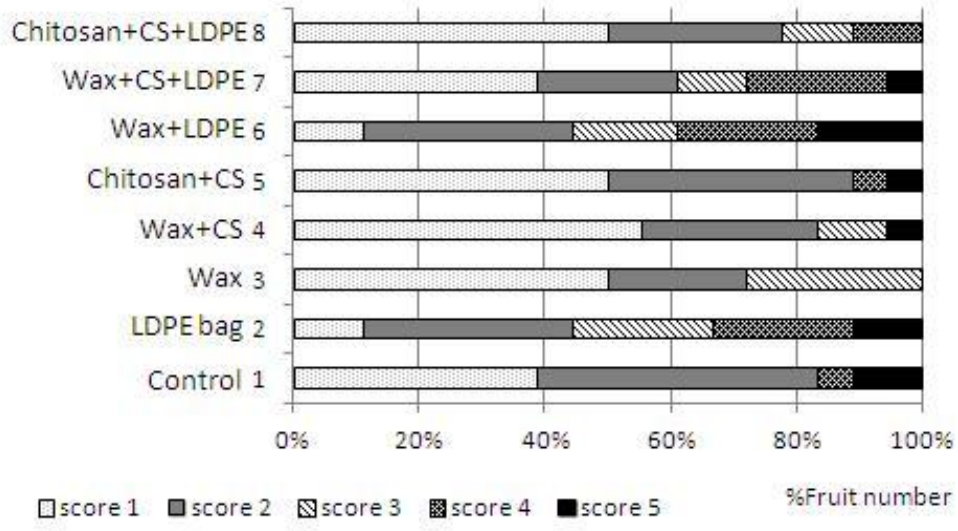


Figure 1 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of packaging. CS is cellophane sheet.

Table 2 PPO activity of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks classified in to each internal browning score and average of the activity.

Treatment	PPO activity (μmol/min/mg protein)					
	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Average
1. Control	16.919 a	17.969	-	24.063 bc	57.379 c	29.082 d
2. LDPE	21.775 abc	19.189	21.171	29.306 d	31.518 b	24.592 c
3. Wax	19.687 abc	20.366	21.430	-	-	20.494 a
4. Wax+CS[1/]	17.693 ab	20.355	25.465	-	19.530 a	20.761 a
5. Chitosan+CS	19.768 abc	17.927	-	20.692 ab	19.778 a	19.542 a
6. Wax+LDPE	24.930 c	18.745	24.346	27.945 cd	28.353 b	24.864 c
7. Wax+CS+LDPE	18.385 ab	18.420	23.827	18.466 a	21.463 a	20.112 a
8. Chitosan+CS+LDPE	22.957 bc	22.306	21.844	22.511 ab	-	22.404 b
F-test	*	ns	ns	**	**	**
CV (%)	13.6	11.2	13.4	9.6	11.4	2.9

Different letter indicate significant within columns by Duncan's Multiple Range test. * =significant at $p<0.05$, ** =significant at $p<0.01$, ns=non significant

[1/] CS = Cellophane sheet

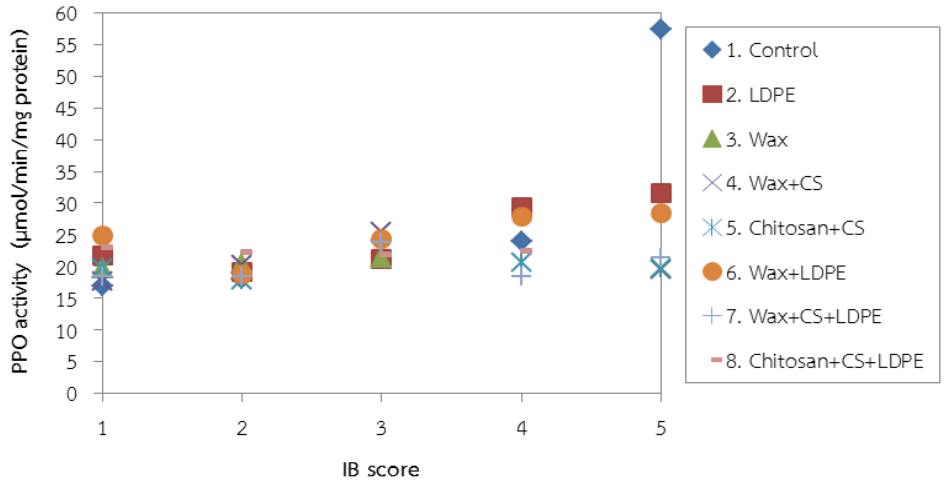


Figure 2 PPO activity of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2° C for 3 weeks classified in to each internal browning score.

Table 3 Total phenolic content of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks classified in to each internal browning score and average of the content.

Treatment	Total phenolic content (mg/gFW)					
	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Average
1. Control	64.242 cd	76.745 b	-	58.078 c	68.364 c	66.857 d
2. LDPE	67.117 c	65.732 c	63.307 c	59.948 bc	61.887 d	63.598 e
3. Wax	75.602 b	63.758 c	63.446 c	-	-	67.602 cd
4. Wax+CS[1/]	67.567 c	65.524 c	69.818 b	-	78.545 b	70.364 b
5. Chitosan+CS	76.744 ab	67.567 c	-	61.264 bc	85.610 a	72.797 a
6. Wax+LDPE	56.381 e	81.281 a	76.918 a	68.641 a	61.714 d	68.987 bc
7. Wax+CS+LDPE	60.467 d	67.533 c	63.792 c	62.995 abc	68.329 c	64.623 e
8. Chitosan+CS+LDPE	80.589 a	68.329 c	64.000 c	65.662 ab	-	69.645 b
F-test	**	**	**	*	**	**
CV (%)	3.3	3.5	3.9	5.5	2.7	1.6

Different letter indicate significant within columns by Duncan's Multiple Range test. * =significant at p<0.05, ** =significant at p<0.01, ns=non significant

[1/] CS = Cellophane sheet

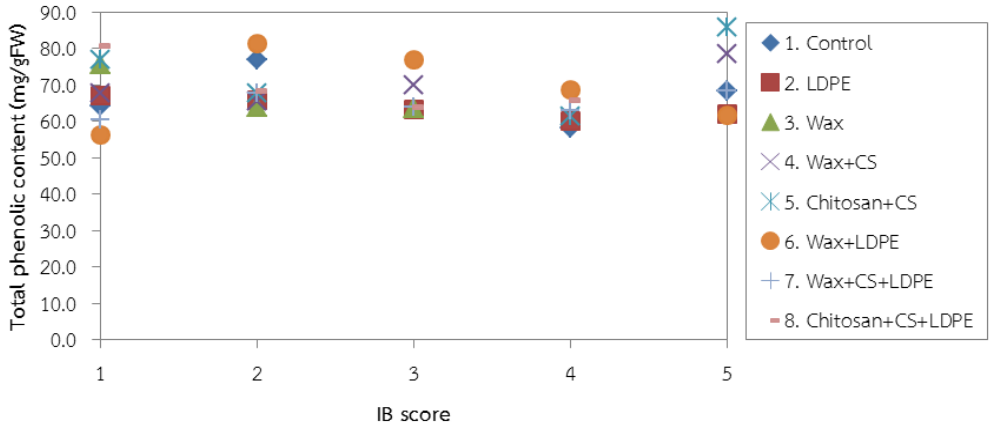


Figure 3 Total phenolic content of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks classified in to each internal browning score.

Table 4 % DPPH free radical scarvenging activity of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks classified in to each internal browning score and average of the activity.

Treatment	% DPPH free radical scarvenging activity					
	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Average
1. Control	55.741 a	54.309 a	-	46.488	46.467	50.751 a
2. LDPE	52.916 abc	49.353 bc	46.547 a	44.219	44.736	47.554 bc
3. Wax	53.194 ab	52.657 ab	47.144 a	-	-	50.998 a
4. Wax+CS[1/]	48.876 de	51.184 abc	45.433 ab	-	47.96	48.363 b
5. Chitosan+CS	49.234 cde	48.577 bc	-	46.01	47.224	47.761 bc
6. Wax+LDPE	51.761 bcd	47.264 c	43.562 b	44.776	44.517	46.376 bc
7. Wax+CS+LDPE	45.754 e	47.901 c	45.015 ab	44.099	45.075	45.568 c
8. Chitosan+CS+LDPE	50.547 bcd	48.955 bc	47.244 a	43.244	-	47.497 bc
F-test	**	*	**	ns	ns	**
CV (%)	4.0	4.9	2.7	3.9	6.0	2.8

Different letter indicate significant within columns by Duncan's Multiple Range test. * =significant at p<0.05, ** =significant at p<0.01, ns=non significant

[1/] CS = Cellophane sheet

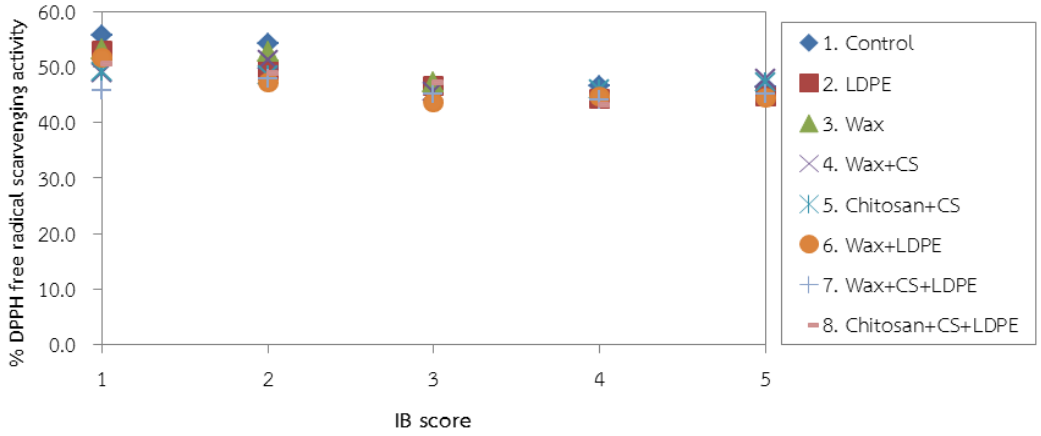


Figure 4 % DPPH free radical scarvenging activity of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2˚C for 3 weeks classified in to each internal browning score.

ครั้งที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 ได้นำกรรมวิธีที่ดีที่สุดทั้ง 3 กรรมวิธีจากการทดลองครั้งที่ 1 มาทดลองเปรียบเทียบร่วมกับกรรมวิธีควบคุมอีกครั้งเพื่อยืนยันผล

จากคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล และเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลบนพื้นที่แกน พบว่า ทุกกรรมวิธีมีคะแนนไม่เกิน 2 และเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลไม่เกิน 25% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทุกกรรมวิธี และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 5) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่มีค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ คือ คะแนน 1 และ 2 รวมกันมากกว่า 70% พบว่า ทุกกรรมวิธีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยกรรมวิธีควบคุมมีจำนวน 87% กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet และกรรมวิธีที่ 4 การเคลือบผิวผลด้วย Wax มีจำนวน 83% และกรรมวิธีที่ 2 การเคลือบผิวผลด้วย Chitosan ร่วมกับ Cellophane sheet มีจำนวน 80% (Figure 5)

สำหรับคุณภาพด้านอื่นๆ พบว่า กรรมวิธีที่ 3 การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนสีผิวผล (% degreening of peel) และความแน่นเนื้อ ไม่พบความแตกต่างในแต่ละกรรมวิธี (Table 5) นอกจากนี้ยังไม่พบความผิดปกติในกลิ่นและรสชาติของทุกกรรมวิธี

Table 5 Quality of pineapple kept in different coating and packaging after stored at 13±2°C for 3 weeks. IB = internal browning

Treatment	IB score	%IB	Weight loss (Kg)	% Degreening of peel	Flesh firmness (Kg)
1. Control	1.6	10.2	0.18 b	34.6	1.60
2. Chitosan+CS[1/]	2.0	16.1	0.18 b	19.9	1.63
3. Wax+CS	1.7	13.5	0.15 a	19.3	1.71
4. Wax	1.6	13.2	0.17 ab	17.1	1.58
F-test	ns	ns	**	ns	ns
CV (%)	24.1	70.2	8.1	56.8	7.6

Different letter indicate significant within columns by Duncan's Multiple Range test. * =significant at p<0.05, ** =significant at p<0.01, ns=non significant

[1/] CS = Cellophane sheet

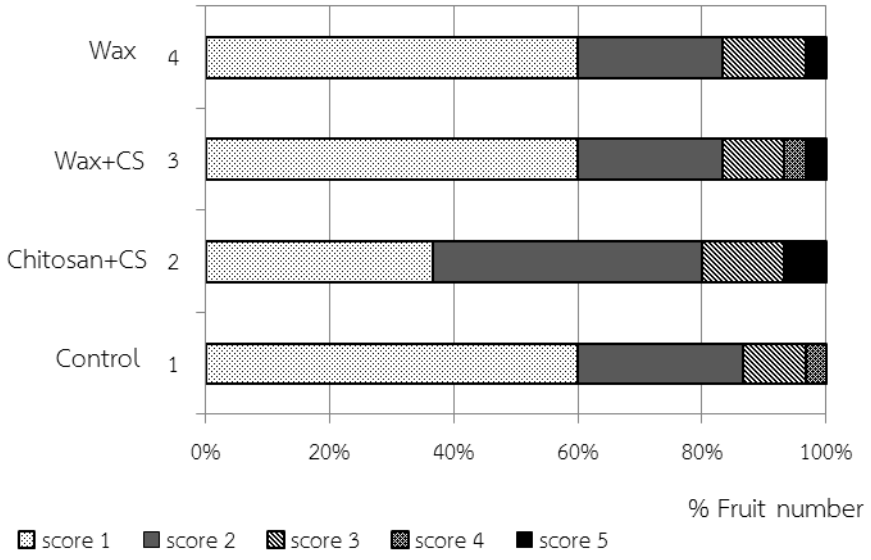


Figure 5 Number of pineapple fruit (%) classified in to each internal browning score of each kind of coating and packaging.

จากผลการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีที่ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดไสสีน้ำตาลดีในอันดับต้นๆทั้ง 2 ครั้ง คือ การเคลือบผิวผลด้วย Wax ร่วมกับ Cellophane sheet โดยในครั้งที่ 1 และ 2 มีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลเท่ากัน 1.7 คะแนน เปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลบนพื้นที่แกนใกล้เคียงกัน 12.1 และ 13.5% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่มีค่าคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้เท่ากัน 83% และผลการวิเคราะห์ทางเคมีในครั้งที่ 1 ซึ่งพบว่า PPO activity ต่ำ Antioxidant activity ค่อนข้างสูง และปริมาณวิตามินซีสูง แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีนี้มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้สารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่า การเคลือบผิวผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet ในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากเก็บเกี่ยวที่ระยะแก่เขียว มีแนวโน้มในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยไม่มีผลกระทบต่อ ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนักปริมาณน้ำตาล กรด รวมถึงกลิ่นและรสชาติ

2. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้บรรจุภัณฑ์ (MAPs) ชนิดต่างๆ พบว่า การบรรจุสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองในถุงพลาสติก LDPE ในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากเก็บเกี่ยวที่ระยะแก่เขียว มีแนวโน้มในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยไม่มีผลกระทบต่อ ความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนักปริมาณน้ำตาล กรด และวิตามินซี รวมถึงกลิ่นและรสชาติ

3. เมื่อนำสารเคลือบและบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมาทดสอบร่วมกัน พบว่า ไม่มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมอาการไส้สีน้ำตาล และ พบว่า การเคลือบผิวผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองด้วย Wax GLK (WAXES 18% w/v (Shellac, wax) ร่วมกับ Cellophane sheet ในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากเก็บเกี่ยวที่ระยะแก่เขียว มีแนวโน้มในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการไม่ใช้สารเคลือบและถุงบรรจุใดๆ และไม่มีผลกระทบต่อความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล กรด รวมถึงกลิ่นและรสชาติ

4. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

4.1 ผู้ส่งออกสับปะรดสามารถนำวิธีการบรรจุผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองเพื่อควบคุมปัญหาการเกิดไส้สีน้ำตาลเพื่อการส่งออกได้ในระดับหนึ่ง

4.2 หน่วยงานอื่นๆ สามารถนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ไปพัฒนาต่อยอดได้ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ สถาบันการศึกษา และภาคเอกชน

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. รายงานข้อมูลภาวการณ์ผลิตพืชแบบรายปี 2555. สืบค้นจาก: http://production.doae.go.th/report/report_main2.php [ก.ค. 2557]

กรมอุตุนิยมวิทยา. สภาวะอากาศประเทศไทย เดือนมิถุนายน 2558. สืบค้นจาก: http://www.tmd.go.th/programs/uploads/monthlySummary/มิถุนายน58888.pdf [ก.พ. 2559]

กรมอุตุนิยมวิทยา. สภาวะอากาศประเทศไทย เดือนเมษายน 2558. สืบค้นจาก: http://www.tmd.go.th/programs/uploads/monthlySummary/เมษายน581.pdf [ก.พ. 2559].

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ: นครปฐม. 396 หน้า.

จรัญญา พงโศธร. 2549. ผลของแสงและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาแก้วมังกรพันธุ์เวียดนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : 20-25.

จริงแท้ ศิริพานิช และ อ้อมอรุณ นุกูลธรประกิต. 2548 อนุมูลเสรีและตัวต้านออกซิเดชันกับอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด. Postharvest Newsletter 4 (1): 1-3.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ: นครปฐม. 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2554. โครงการ “ทดสอบระบบการส่งออกสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง”: 1-54.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และ จริงแท้ ศิริพานิช. 2536. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดและวิธีการป้องกัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 27(4) : 421-430.

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

มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2533. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 80 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556 : 72-80.

Abdullah, H., M.A. Rohaya and M.Z. Zaipun. 1987. Storage study of pineapple (Ananas comosus cv. Sarawak) with special emphasis on black heart disorder. Hort. Abstr. 57(8): 6738.

Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Chen, Z.E. and Lurie, S. 1983. “Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bel1 pepper fruits by alleviation of water stress”. Plant Physiology. 73: 87-93.

Hardenburg, R.E. 1971. “Effect of in-package environment on keeping quality of quality of fruits and vegetables”, Hort. Science, 6: 198-201.

Murata, T. 1990. Relation of chilling stress to membrane permeability, pp. 238-272. In C.Y. Wanng, ed. Chilling Injuly of Horticultural Crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Paull, R. E. and Chen, N. J. 1987. “Effect of storage temperature and wrapping on quality characteristics of litchi fruit”. Scientia Horticulturae. 33: 223-36.

Paull, R. E. and K.G.Rohrbach. 19850 “Symtom delopment of chilling injury in pineapple”. J. Amer.Soc.Hort.Sci. 110 (1): 100-105.

Pitadeniya, D.S., Lakshman, P.L.N. and Hettiarachchi, M.P. 2005. Pineapple black heart disorder: Measures to reduce postharvest losses during transportation and storage. APEC Symposium on Assuring Quality and Safety of Fresh Produce, August 1-3, 2005, Bangkok, Thailand: 76 pp.

Shahida, F., J. K. V. Arachchi and Y-J Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosans. Trends in Food Sciences & Technology 10: 37-51.

Shewfelt, R.L. and M.E. Erickson. 1991. Role of lipid peroxidation in the mechanism of membrane-associated disorders in edible plant tissue. Trends Food Sci. Technol. 6: 152-154.

Suntipabvivattana N. and N. Somboonkaew. 2005. Chitosan coating on shelf life of pineapple cv. Poo-lae. APEC Symposium on Assuring Quality and Safety of Fresh Produce, August 1-3, 2005, Bangkok, Thailand: 76 pp.

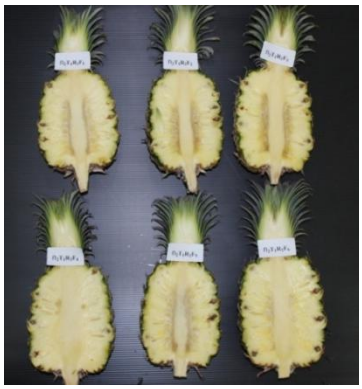
Teisson, C., P. Martin – Prevel, J.P. Combres and C. Py. 1978. Internal browning of pineapple, a disorder caused by refrigeration (English Summary). Fruit 33(1): 48-50.

Varoquaux, P., Albagnac, G., The, C.N. and Varoquaux, F. 1996. Modified atmosphere packaging of fresh beansprouts. Journal of Science Food and Agriculture. 70: 224-230.

Zagory, D. and Kader, A. A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technology. 42 (9): 70-77.

ภาคผนวก

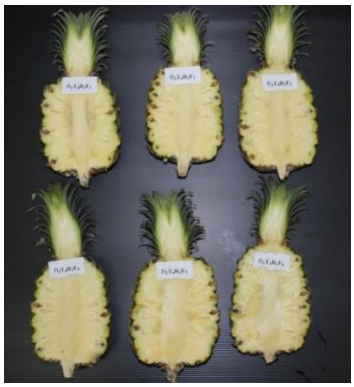
1. ผลของการใช้สารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดผลสดพันธุ์ตราดสีทอง



1. Control

2. 2% Chitosan

3. GLK Wax 18% w/v

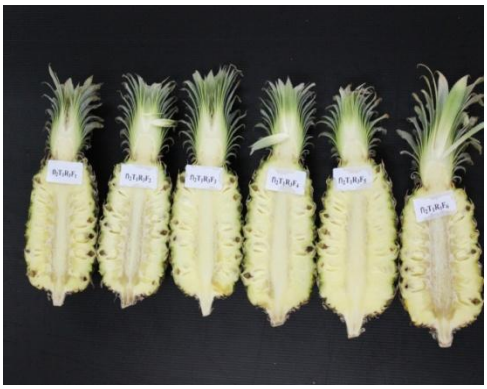


4. Cellophane sheet

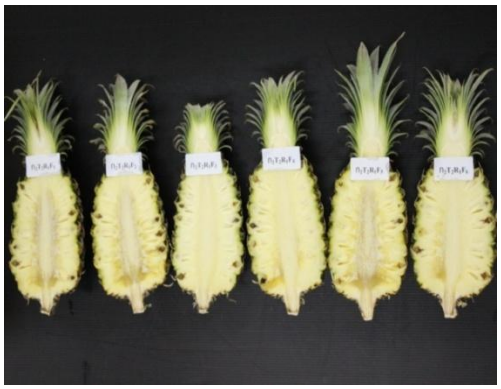
5. 2% Chitosan+Cellophane sheet

6. GLK Wax 18%w/v+Cellophane sheet

ภาพผนวกที่ 1.1 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่างๆ ต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ครั้งที่ 1 เดือนเมษายน

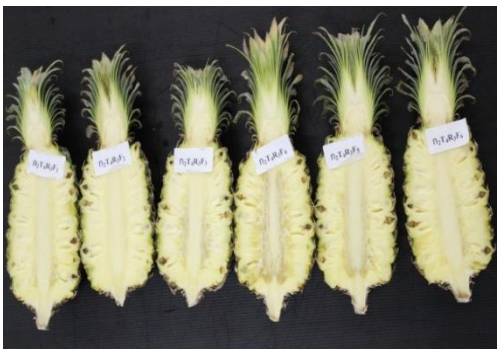


1. Control

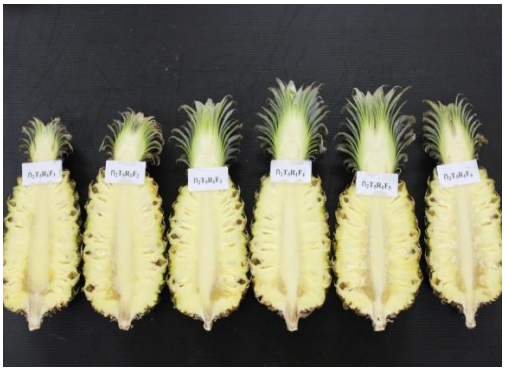


2. 2% Chitosan

3. GLK Wax 18% w/v



4. Cellophane sheet



5. 2% Chitosan + Cellophane sheet

6. GLK Wax 18%w/v + Cellophane sheet

ภาพผนวกที่ 1.2 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่างๆต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน

2. ผลของบรรจุภัณฑ์ (MAPs) ต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง

1. Control

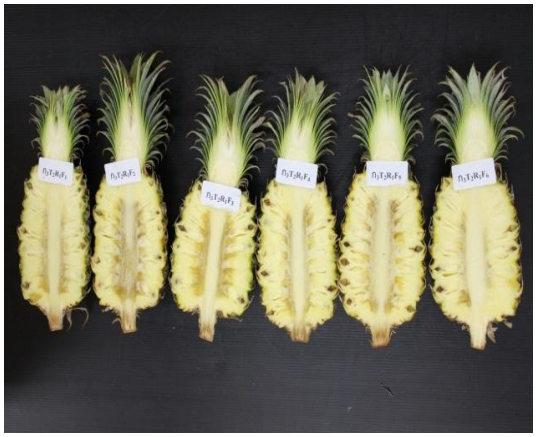
2. PP bag

3. LDPE bag

4. PVC film

ภาพผนวกที่ 2.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่างๆต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ครั้งที่ 1 เดือนเมษายน

1. Control



2. PP bag

3. LDPE bag

4. PVC film

ภาพผนวกที่ 2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่างๆต่อการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง ครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน