

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชื่อชุดโครงการ วิจัยและพัฒนาลำไย
 2. ชื่อโครงการ พัฒนาเทคโนโลยีการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเพื่อการส่งออก
กิจกรรมที่ 4 การนำเทคโนโลยีการใช้สารทดแทน SO₂ ไปใช้ในโรงรมผู้ประกอบการ
 3. ชื่อการทดลอง ทดสอบการส่งออกลำไยที่ใช้วิธีทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์
Export Testing of Longans Treated with the Alternative Treatments to Sulfur Dioxide
 4. คณะทำงาน
- | | | |
|-----------------|-------------------------------|----------------|
| หัวหน้าการทดลอง | นายวิทยา อภัย | สังกัด สวพ.1 |
| ผู้ร่วมงาน | นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ | สังกัด ศวศ.ชม. |
| | นางสาวสุทธินิ ลิขิตตระกูลรุ่ง | สังกัด สวพ.1 |
| | นายณัฐนัย ตังมั่นคงวรกุล | สังกัด สวพ.1 |
| | นายสมเพชร เจริญสุข | สังกัด สวพ.1 |

5. บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเทคโนโลยีในการลดปัญหาการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และยืดอายุการเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออกดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2562 ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) จังหวัดเชียงใหม่ การทดสอบใช้ลำไยพันธุ์ดอกเกรด A ที่บรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. โดยทดสอบรวมทั้งหมด 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) รม SO₂ เข้มข้น 1.5% + แผ่นระเหยทางการค้า (Uvasys®) ที่ปล่อยสาร SO₂ จากสาร sodium metabisulfite (SMS pad) ที่เคลือบอยู่บนแผ่น, 2) แช่ในกรดเกลือ (hydrochloric acid, HCl) 5% + SMS 1% นาน 5 นาที, 3) รมก๊าซโอโซน (O₃) นาน 2 ชั่วโมง (ชม.) + รม SO₂ เข้มข้น 1.5%, 4) รม SO₂ เข้มข้น 1.5% + รมก๊าซ O₃ นาน 1 ชม. และ 5) รม SO₂ วิธีทางการค้า ความเข้มข้น 1.5% (Control) นำไปเก็บรักษาที่ 5°C นาน 40 - 80 วัน พบว่ากรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีและเป็นไปได้ คือ การรม SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม. และวิธีการแช่ใน HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที ช่วยลดการเกิดโรคได้นาน 70 และ 50 วัน ตามลำดับ และช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกและการเปลี่ยนสีของเนื้อผลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 90% (RH) ได้นานเท่ากัน 80 และ 50 วัน การแช่ HCl 5% + SMS 1% มีค่า SO₂ ตกค้างคำนวณทั้งหมดต่ำที่สุดไม่เกินมาตรฐานของประเทศสิงคโปร์ที่อ้างอิงค่ามาตรฐาน Codex (< 50 ppm) ตลอดอายุการเก็บรักษา สรุปลแล้ว การรม SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม., รม SO₂ 1.5%, การแช่ HCl 5% + SMS 1%, รม O₃ นาน 2 ชม. + SO₂ 1.5% และ SO₂ 1.5% + SMS pad ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาที่ 5 °C, 90% RH และ (+) อายุการวางจำหน่ายได้ที่อุณหภูมิห้องนาน 40+5, 40+5, 40+5, 30+5 และ 30+<5 วัน ตามลำดับ การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการส่งออกเพื่อหาทางเลือกสำหรับใช้แก้ไขปัญหการตกค้างของ SO₂ โดยเฉพาะปัญหาเร่งด่วนในลำไยส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ พบว่าการแช่ HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที เป็นทางเลือกหนึ่งในเชิงการค้าสามารถใช้ยืดอายุลำไยส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ได้เนื่องจากพบค่าตกค้าง SO₂ ทั้งผลมีค่าต่ำที่สุดมีค่า

11.74 – 24.80 ppm ผลการทดสอบการส่งออกเป็นที่น่าสนใจ และสามารถรักษาคุณภาพผล ได้แก่ สีผิวเปลือก สีสันเนื้อที่ผิดปกติ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้นานเพียงพอตลอดเวลาการขนส่งและวางจำหน่ายนาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C, 65% RH โดยมีอายุการวางจำหน่ายนาน 5 วัน ที่อุณหภูมิห้องเมื่อเปรียบเทียบกับลำไยไม่แช่สารวางจำหน่ายได้นานเพียง 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

Abstract

The objective of this study was to test some alternative ways to decrease sulfur dioxide (SO₂) residue problem and prolong storage life in fresh longan for export. Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai province conducted the research and development from 2018-2019. A grade longan cv. Daw was packed in 11.5 kg perforated plastic baskets. They had 5 selected treatments comprising of 3 baskets as replication for each treatment, i.e. fruits fumigated with SO₂ 1.5% + sodium metabisulfite (SMS)-impregnated pad (Uvasys®) that give slow release of SO₂ (SO₂ 1.5% + SMS pad), dipping in hydrochloric acid (HCl) 5% mixed with SMS 1% for 5 min (HCl 5% + SMS 1%), ozone (O₃) fumigation for 2 hours (h) prior to SO₂ 1.5% (O₃ 2 h + SO₂ 1.5%), SO₂ 1.5% prior to O₃ fumigation for 1 h (SO₂ 1.5% + O₃ 1 h) and fruits fumigated with SO₂ 1.5% alone as commercial treatment (SO₂ 1.5%). They were stored at 5 °C, 90% RH for 40-80 days. The results found that the possible treatments, i.e. SO₂ 1.5% + O₃ 1 h and HCl 5% + SMS 1% could control disease incidence for 70 and 50 days respectively at 5 °C. They equally prevented pericarp browning and flesh discoloration for 80 and 50 days in the same period of time. Dipping in HCl 5%+SMS 1% detected the least SO₂ residue in whole fruit not exceeding Codex and Singapore tolerant limit of 50 ppm throughout period of time. The fruit treated with SO₂ 1.5% + O₃ 1 h, SO₂ 1.5%, HCl 5% + SMS 1%, O₃ 2 h + SO₂ 1.5% and SO₂ 1.5% + SMS pad could prolong storage life for 40+5, 40+5, 40+5, 30+5 and 30+<5 days respectively at 5°C, 90% RH and (+) display for sale at room temperature. Testing cooperated with an exporter for some alternative ways to decrease SO₂ residue problem in fresh longan for export to Singapore was recently urgently investigated. It was found that dipping in HCl 5% + SMS 1% for 5 min could be commercially used for extending shelf life of fresh longan exported to Singapore due to less SO₂ residue in whole fruit ranging from 11.74 to 24.80 ppm. Fruit qualities, i.e. pericarp browning, flesh discoloration and disease incidence was maintained for 14 days at 5 °C, 65% RH and during display for sale for 5 days at room temperature. The results of export testing for several times were accepted and satisfied. This was compared with untreated fruit which became rotting by 2-3 days at room temperature.

6. คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ส่งออกทางเศรษฐกิจที่สำคัญมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย เช่นเดียวกับทุเรียน และมังคุด ประเทศส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน ฮองกง เวียดนาม อินโดนีเซีย สิงคโปร์ เป็นต้น ปัญหาสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย คือ อายุการเก็บรักษาสั้นสาเหตุจากการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล และการเน่าเสีย เป็นต้น การรวมผลลำไยสดด้วยก๊าซ SO_2 ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาช่วยยืดอายุได้อย่างน้อย 40-60 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $0-5^\circ\text{C}$, 85-90% RH ทำให้ลำไยส่งออกได้ปริมาณที่มากขึ้น (Tongdee, 1994) แต่ปัญหาการตกค้างของ SO_2 หลังการรวมควันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการตกค้างในผลผลิตเกินมาตรฐานการนำเข้าของประเทศคู่ค้า เช่น ประเทศจีนกำหนดค่าตกค้างในเนื้อผลไม้เกิน 50 ppm สหภาพยุโรป (EU) กำหนดไว้ในเนื้อไม่เกิน 10 ppm สหรัฐอเมริกาห้ามใช้สารนี้กับผลิตผลด้านพืชสวนยกเว้นในผลองุ่น ประเทศสิงคโปร์กำหนดเป็นค่าทั้งผลตามมาตรฐาน Codex ไม่เกิน 50 ppm (ตารางที่ 1 ภาคผนวก) เป็นต้น และสาร SO_2 ยังมีรายงานถึงความ เป็นพิษต่อผู้ป่วยบางประเภทที่เป็นโรคภูมิแพ้ การหาสารทดแทนหรือหาวิธีลดการตกค้างหลังรมจึงมีความสำคัญที่ต้องเร่งวิจัยโดยเร่งด่วน

มีงานวิจัยหาสารทดแทนมากมายในลำไย ลิ้นจี่ และองุ่นในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา ได้แก่ เทคโนโลยีการแช่ด้วยกรดชนิดต่างๆ เช่น การแช่กรดเกลือ หรือไฮโดรคลอริก (HCl) 5% นาน 20 นาที ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลลำไยในประเทศออสเตรเลียได้นาน 40 วัน ที่ 5°C และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการเก็บรักษาที่ไม่สูงมาก (Drinnan, 2004) การแช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที และทดสอบการส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ในปี 2556 ช่วยยืดอายุได้นาน 25-27 วัน ที่ 5°C , 76-96% RH เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคาร์ม SO_2 และไม่แช่สารนาน 31 และ 12 วันตามลำดับ (Apai *et al.*, 2015) ปัจจัยที่มีผลต่อการแช่ HCl ได้แก่ ความหนาเปลือก ความแก่ และขนาดผล รวมถึง HCl ควรผสมสารอื่นๆ เพื่อลดความเข้มข้นให้ต่ำลง การเพิ่มเวลาการผึ่งแห้ง และสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บรักษา การแช่ HCl 5.0% + sodium metabisulfite (SMS) 1.0% นาน 5 นาที พบว่ามีการตกค้างทั้งผล รวมทั้งในเปลือกและเนื้อต่ำ และลดการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อที่ผิดปกติได้เมื่อเปรียบเทียบกับ การแช่ HCl 6.4% ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 21 วัน (วิทยา และคณะ, 2559) เทคโนโลยีอื่นๆ ได้แก่ การเคลือบผิว การใช้บรรจุภัณฑ์แบบต่างๆ รวมทั้งเทคโนโลยีลดการตกค้างหลังรมด้วย SO_2 ได้แก่ การรมด้วยก๊าซไอโซน (วราพรรณ กันคำ, 2556, Taimaneerak *et al.*, 2018) การใช้แผ่นระเหยที่เคลือบสาร SMS ให้ก๊าซ SO_2 (SMS slow release pad) (บุษรา และคณะ, 2550, Uthairatanakij *et al.*, 2010) และการล้างด้วยน้ำสะอาด เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีเหล่านั้นยังขาดการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงภายในสถานประกอบการ ดังนั้น สวพ.1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตรได้จัดทำโครงการพัฒนาเทคโนโลยีลดการตกค้างของ SO_2 ในลำไยส่งออกตั้งแต่ปี 2559 เป็นต้นมา โดยทดสอบเทคโนโลยีด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การศึกษาการใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) และก๊าซบางชนิดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไย พบว่าการใช้ก๊าซไอโซนร่วมกับรม SO_2 มีอายุการเก็บรักษา ที่ 5°C + อุณหภูมิห้องนาน 42+3 วันไม่แตกต่างจากวิธีการค้า คือ รม SO_2 รองลงมา คือ การแช่สาร ClO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 5 นาที และแช่กรดเกลือ (HCl) 6.4% นาน 5 นาที (สุทธิณี และวิทยา, 2561) การพัฒนาการใช้กรด HCl ร่วมกับ SMS พบว่าการแช่ HCl 5%+SMS 1% นาน 5 นาที ช่วยยืดอายุได้นาน 35 วัน ที่ 5°C (สถิตย์พงศ์ และคณะ, 2560) การหาวิธีลดการตกค้างของ SO_2 พบว่าการรวมผลลำไยด้วยวิธีทางการค้า

ร่วมกับการใช้แผ่นระเหย ช่วยยืดอายุได้นาน 30 วัน ที่ 5°C (ณัฐนัย และวิทยา, 2560) แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยียังขาดการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้แก้ไขปัญหาเร่งด่วนการส่งออกลำไยในประเทศที่เข้มงวดสาร SO₂ ตกค้าง เช่น การส่งออกลำไยไปประเทศสิงคโปร์ที่มีความเข้มงวด และมีรายงานการสุ่มตรวจพบค่าตกค้าง SO₂ ทั้งผลเกินค่าของประเทศสิงคโปร์กำหนดตามมาตรฐาน Codex คือ 50 ppm พบค่าระหว่าง 61.20-170 ppm และแจ้งเตือนผู้ประกอบการไทยจำนวน 2-3 รายหลายครั้งเป็นมูลค่าความเสียหายหลายล้านบาท คาดว่ามีลำไยในตลาดสิงคโปร์น้อยมากในปี 2562 ทำให้มีผู้ส่งออกสนใจ โจทย์ที่ผู้ประกอบการต้องการในเทคโนโลยีนี้ คือ ค่าทั้งผลไม่เกินมาตรฐาน 50 ppm และยืดอายุได้อย่างน้อย 14 วัน โดยสีผิวเปลือกสามารถลำไยได้เล็กน้อย และสีเนื้อที่ขั้วผลต้องไม่เกิดสีแดงเกินเกณฑ์การยอมรับ รสชาติปกติ และผลไม่เน่าเสียระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย ดังนั้น การทดสอบเปรียบเทียบเทคโนโลยีสำหรับการทดสอบการส่งออกจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการเร่งด่วนเพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีศักยภาพให้ผู้ส่งออกไว้ใช้แก้ไขปัญหา และเตรียมไว้ใช้ในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ

- **อุปกรณ์ และสารเคมี** ลำไยสดเกรด AA และ A, พาเลทวางรองตะกร้า, กำมะถันผง, ห้องรมลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ของผู้ประกอบการตาม มกษ.1004-2557, แผ่นระเหยทางการค้ายี่ห้อ Uvasys® ขนาด 260x440 มม. สำหรับปลดปล่อยก๊าซ SO₂ เป็นชนิดสองเฟส (Dual phase) มีสาร sodium metabisulfite (SMS) เคลือบอยู่ในแผ่น 2 ชั้น SMS มีความเข้มข้น 36.5%, ถุงพลาสติก LLDPE เจาะรู, เครื่องผลิตก๊าซโอโซน (O₃) กำลังการผลิต 10 และ 30 กรัมต่อชั่วโมง (กรัม/ชม.), ถุงพลาสติกใส่หุ้มตะกร้าลำไยสำหรับรมโอโซนจำนวน 1 ตะกร้า, ตู้รมก๊าซ O₃ จำลองขนาดเล็กปริมาตร 0.432 ลบ.ม.สำหรับรม O₃ จำนวน 4 ตะกร้า, ตู้อบก๊าซ O₃ ที่ติดตั้งเครื่องโอโซนกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. ของศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ม.เชียงใหม่ ขนาด กxยxส = 1.2x0.7x1.0 ม. ปริมาตรตู้ 1.44 ลบ.ม. สำหรับรม O₃ จำนวน 12 ตะกร้า, พัดลมอุตสาหกรรม, กรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก, HCl) commercial grade 35% w/w น้ำหนัก 25 กก., โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) commercial grade, สารลดแรงตึงผิว (Tween 20), โซเดียมไฮโปคลอไรต์, ปูนขาว, ตู้ดูดควัน (Hood), อุปกรณ์ดูดสารเคมีต้นแบบเป็นปั๊มดูดสารเคมีพวกกรดเกลือ และ/หรือ สายยางดูดกรดยาว 2 เมตรโดยใช้หลักการแบบกาลักน้ำ, ตะกร้าพลาสติกขนาดความจุ 11.5 กก. ถังพลาสติกแช่ความจุ 300 ลิตร, เครื่องแช่แอสแตนเลสความจุ 1,500 ลิตร, ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, กล่องพลาสติกแบบ clamshell, ชุดอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยด้วยวิธี Monier William Method (AOAC, 2016), pH meter ที่ probe ทนกรดได้, เครื่องชั่งสารเคมี 1-2 ตำแหน่ง, หน้ากากป้องกันสารเคมี, ถุงมือยาง, รองเท้าบูทป้องกันสารเคมี, เสื้อแขนยาว และแว่นตาป้องกันสารเคมี ถุงพลาสติกพร้อมอุปกรณ์สำหรับการสุ่มตัวอย่าง กระดาษสติ๊กเกอร์สำหรับ Label เป็นต้น

แบ่งเป็น 3 การทดลอง และการทดลองย่อย ดังนี้ คือ

7.1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีต่อการลดการตกค้างของ SO₂ และยืดอายุการเก็บรักษาลำไย นำกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพจากการดำเนินการในปีงบประมาณ 2559-2560 มาศึกษาในปีงบประมาณ 2561 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 5 กรรมวิธี (Treatment, T) ๆ ละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 กก.) ได้แก่

T1 = การรม SO_2 1.5% + แผ่นระเหยทางการค้ายี่ห้อ Uvasys® (SMS pad) + LLDPE เจาะรู

T2 = การแช่ HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที

T3 = การรมก๊าซโอโซน (O_3) นาน 2 ชั่วโมง (ชม.) + รม SO_2 1.5%

T4 = การรม SO_2 1.5% + รมก๊าซ O_3 นาน 1 ชม.

T5 = การรม SO_2 1.5% วิธีทางการค้า (ชุดควบคุม)

โดยใช้ลำไยจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ นำมาคัดขนาดเกรด A คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลงจำนวน 15 ตะกร้าในช่วงเช้า แบ่งลำไยอีก 3 ตะกร้ามารวมก๊าซโอโซน (O_3) เพื่อพอกสีผิวเปลือกในกรรมวิธีที่ 3 รม O_3 ด้วยเครื่องผลิตก๊าซ O_3 กำลังการผลิต 10 กรัม/ชั่วโมง (กรัม/ชม.) นาน 2 ชม. จากนั้นช่วงเย็นขนส่งลำไยในกรรมวิธีที่ 1, 3 - 5 จำนวน 12 ตะกร้า รมก๊าซ SO_2 เข้มข้น 1.5% (ความเข้มข้นแนะนำทางการค้า) ที่โรงรม SO_2 และนำมาปฏิบัติต่อดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 นำมาใส่แผ่นระเหยที่จำหน่ายยี่ห้อ Uvasys® จำนวน 2 แผ่น/ตะกร้า ขนาด 260 x 440 มม. (ชนิด Dual phase) วางแผ่นประกบกับแผ่นกระดาษซับทิชชูด้านบนและล่างของตะกร้า และหุ้มทั้งตะกร้าด้วยถุงพลาสติกชนิด Linear low density polyethylene (LLDPE) เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ซม. จำนวน 8 รู จากนั้นนำลำไยทั้งหมดมาเก็บรักษาในห้องเย็นในห้องปฏิบัติการสวพ.1 ช่วงเช้าวันถัดมานำลำไยที่เก็บไว้ 1 คืนมาผึ่งไว้ด้านนอกทั้งหมด และนำกรรมวิธีที่ 3 นำมารมต่อกับก๊าซ O_3 นาน 1 ชม. และกรรมวิธีที่ 2 แช่ HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งสนิท และทดสอบการส่งออกโดยจำลองสภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C, 90% RH นาน 40-80 วัน และสุ่มตัวอย่างทุก 1, 15, 30 และ 40 วัน และวางจำหน่ายนาน 1, 5, 10 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่

- คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก (1 = ผลปกติ, 3 = ผลเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% และ 5 = ผลเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50%) ทั้งเปลือกด้านนอกและด้านใน (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อด้วยคะแนน 5 ระดับ เปอร์เซ็นต์ผลดี และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค โดยตรวจสอบคุณภาพตลอดอายุการเก็บรักษาจนกระทั่งผลเริ่มเน่าเสีย
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ pH ของเปลือกและเนื้อผล และวัดการตกค้างของสาร SO_2 ที่ใช้ในเปลือก เนื้อและค่านวนค่าทั้งผล (AOAC, 2016)
- การประเมินการยอมรับด้านประสาทสัมผัสด้วยคะแนน 5 ระดับ วิธี hedonic scaling ในสีผิวและคุณภาพเนื้อผล โดยตรวจสอบเฉพาะช่วงเก็บรักษานาน 1, 15, 30 และ 40 วัน และวางจำหน่ายนาน 1 และ 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง
- อายุการเก็บรักษา พิจารณาจากการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล และความผิดปกติของสีเนื้อ เมื่อคะแนนมากกว่า 3.0 คะแนน การยอมรับด้านประสาทสัมผัสของเนื้อผลน้อยกว่า 3.0 คะแนน และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

7.2 การทดสอบการลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างด้วยก๊าซโอโซน ทดสอบต่อเนื่องในปีงบประมาณ 2562 เพื่อนำวิธีการรม SO_2 เข้มข้น 1.5% (วิธีทางการค้า) + รมก๊าซโอโซน (O_3) นาน 1 ชม. มาทดสอบขยาย

สเกลให้ใหญ่ขึ้นด้วยเครื่องผลิตก๊าซ O_3 ที่มีกำลังการผลิตแตกต่างกันในตู้รมขนาดต่างๆ ที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 อ. สันทราย จ.เชียงใหม่ โดยมี 3 การทดลองย่อย ได้แก่

7.2.1 ทดสอบครั้งที่ 1 การรม SO_2 ความเข้มข้นทางการค้า (1.5%) + การรม O_3 ด้วยเครื่องผลิตก๊าซ O_3 2 กำลังการผลิต ได้แก่ 10 และ 30 กรัม/ชม. ตามลำดับ โดยใช้ตู้รมขนาดเล็กปริมาตร 0.432 ลบ.ม. (ภาพที่ 1 ภาคผนวก) ขึ้นตอนเริ่มโดยทำการรม SO_2 1.5% ที่โรงรม SO_2 (วิธีทางการค้า) ตาม SOP ของบริษัทตามมาตรฐาน มกษ.1004: 2557 รวม 7+7 = 14 ตะกร้า รมกลางคืน และเก็บรักษาไว้ในตู้หมุมหึ่ง (25-35°C) นาน 1 คืน และช่วงเช้าเอามาทดสอบรมก๊าซ O_3 ในช่วงเช้านาน 1 และ 2 ชม. ครั้งละ 3 ตะกร้า และเปรียบเทียบกับลำไยไม่รม O_3 1 ตะกร้า (Control) หลังรมเป่าบำบัดนาน 5 นาที และสุ่ม 50 ผลต่อตะกร้า เพื่อตรวจสอบการตกค้างของสาร SO_2 ที่ใช้ในเปลือกและเนื้อผล และทั้งผล (AOAC, 2016) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลง SO_2 บนผลในแต่ละช่วงเวลาที่รม O_3 และนำลำไยแบ่งโดยใส่กล่อง Clamshell ละ 10 ผล ทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านนอกและใน, ความผิดปกติของสีเนื้อ, เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์ผลดี

7.2.2 ทดสอบครั้งที่ 2 การรม SO_2 ความเข้มข้นสูง + รมก๊าซ O_3 (กำลังการผลิต 30 กรัม/ชม.) ทำการรม SO_2 ที่โรงรม SO_2 รวม 4 ตะกร้า รมกลางคืน และเก็บรักษาไว้ในตู้หมุมหึ่ง นาน 1 คืน และช่วงเช้านำมาทดสอบรม O_3 ตู้รมขนาดเล็กปริมาตร 0.432 ลบ.ม. นาน 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. จำนวน 3 ตะกร้า และเปรียบเทียบกับลำไยไม่รม O_3 1 ตะกร้า (Control) หลังรมเป่าบำบัดนาน 5 นาที และสุ่ม 50 ผลต่อตะกร้า เพื่อตรวจสอบการตกค้างของสาร SO_2 ที่ใช้ในเปลือกและเนื้อผล และทั้งผล (AOAC, 2016) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของ SO_2 บนผลในแต่ละช่วงเวลาที่รม O_3 และนำลำไยแบ่งโดยใส่กล่อง Clamshell ละ 10 ผล ไปจำลองสภาพการส่งออกโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-5°C นาน 10 วัน ทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านนอกและใน, ความผิดปกติของสีเนื้อ, เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์ผลดี

7.2.3 ทดสอบครั้งที่ 3 การลดสาร SO_2 ในผลลำไยด้วยตู้อบ O_3 ที่มีกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. และมีระบบไหลเวียนอากาศแบบดูดหมุนวนของศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ม.เชียงใหม่ ปริมาตร 1.44 ลบ.ม. ขนาดตู้ กxยxส = 1.2x0.7x1.0 ม. (ภาพที่ 2 ภาคผนวก) ทำการรม SO_2 ที่ห้องรมของผู้ประกอบการรวม 18 ตะกร้า และเก็บรักษาไว้ในตู้หมุมหึ่ง นาน 1 คืน และทดสอบรมโอโซนในช่วงเช้า การทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่มรวม 8 กรรมวิธีๆ ละ 6 ซ้ำ (ตำแหน่งของตะกร้า) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 = รม SO_2 ทางการค้า+รม O_3 ในตู้อบโอโซน นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม.

T1 = รม SO_2 ทางการค้า+รม O_3 นาน 0 ชม.

T2 = รม SO_2 ทางการค้า+รม O_3 นาน 1 ชม.

T3 = รม SO_2 ทางการค้า+รม O_3 นาน 2 ชม.

T4 = รม SO_2 ทางการค้า+รม O_3 นาน 4 ชม.

กลุ่มที่ 2 = รม SO_2 ทางการค้า+ไม่รม O_3 แต่ใช้พัสดุมอุตสาหกรรม 2 ตัวเป่าที่ตะกร้าลำไย นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม.

T5 = ร่ม SO₂ ทางการค้า+เป่าพัดลมนาน 0 ชม.

T6 = ร่ม SO₂ ทางการค้า+เป่าพัดลมนาน 1 ชม.

T7 = ร่ม SO₂ ทางการค้า+เป่าพัดลมนาน 2 ชม.

T8 = ร่ม SO₂ ทางการค้า+เป่าพัดลมนาน 4 ชม.

เมื่อจัดเรียงตะกร้าเรียบร้อยแล้วทำการรมก๊าซ O₃ (กำลังการผลิต 20 กรัม/ชม.) รมกับลำไยที่รม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. จำนวน 12 ตะกร้า (ภาพที่ 2 ภาคผนวก) และเปรียบเทียบกับลำไยไม่รม O₃ 6 ตะกร้า (Control) (ภาพที่ 3 ภาคผนวก) หลังรมเป่าบำบัดนาน 5 นาที และสุ่ม 50 ผลต่อตะกร้า วิเคราะห์สาร SO₂ ตกค้าง ในส่วนเนื้อ เปลือก และค่านวนค่าทั้งผล และทดสอบวางจำหน่าย 3 กล่องพลาสติกชนิด Clamshell เจาะรู จำนวน 10 ผล/กล่อง สุ่มวัดทุก 5, 8 และ 10 วัน จนครบ 3 ครั้ง การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ การตกค้างของ SO₂ ในส่วนเนื้อผล เปลือก และค่าทั้งผลเมื่อทดสอบรวมทั้งสองกลุ่ม นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ค่าการสลายตัวของสารตกค้างในรูป pesticides residue เมื่อทดสอบรมโอโซนนาน นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ด้วย LC/MS/MS และ GC/MS/MS จำนวน 224 สารต่อตัวอย่างด้วยวิธี EURL-FV (2013) และคุณภาพผลระหว่างการวางจำหน่ายนาน 0, 5, 8 และ 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

7.3 การทดสอบการยอมรับในวิธีการแช่ HCl+SMS ต่อคุณภาพผล และลดสาร SO₂ ตกค้างร่วมกับผู้ประกอบการ เพื่อทดสอบการส่งออกประเทศสิงคโปร์ในปีงบประมาณ 2562 ดังนี้

7.3.1 การทดสอบแช่ HCl+SMS ในลำไยส่งออกที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1

1) การทดสอบครั้งที่ 1 ทดสอบแช่จำนวน 24 ตะกร้า รวม 2 กรรมวิธีๆ ละ 3 ชั้น (ครั้ง) ๆ ละ 4 ตะกร้า รวม 12 ตะกร้า/กรรมวิธี ได้แก่

T1 = HCl 5% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

T2 = HCl 5% + SMS 1% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

ลำไยสดเกรด A เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกร จ.เชียงใหม่ และเก็บรักษาไว้ 1 คืนที่ 2 °C ที่ตู้คอนเทนเนอร์ของผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุบริษัทห้วยนเชิงเพรชจำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ช่วงเข้านามาทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ โดยทดสอบแช่ในถังพลาสติกที่มีสารละลาย HCl+SMS ปริมาตร 300 ลิตรเติมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 0.1% และตรวจวัดค่าพีเอชสารละลายก่อนและหลังแช่ทุกครั้ง ก่อนแช่ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่กรรมวิธีละ 4 ตะกร้า/ครั้ง รวม 3 ครั้ง แช่นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งสนิทนาน 3 ชม. และสุ่มลำไยแบบ Compositd sample จาก 4 ตะกร้ารวมกัน 1 กก./ครั้ง เพื่อวิเคราะห์สาร SO₂ ตกค้างทั้งผล (AOAC, 2016, ภาพที่ 6 ภาคผนวก) ลำไยทั้งหมดแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งจำนวน 18 ตะกร้า บริษัทขนกลับไปโรงคัดบรรจุนำไปตัดซั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 ซม. แบ่งใส่กล่อง clamshell เจาะรูมีความจุ 0.7-1.0 กก. สำหรับจำลองสภาพการวางจำหน่ายโดยเก็บรักษาที่ตู้คอนเทนเนอร์อุณหภูมิ 2°C และสุ่มตัวอย่างลำไยมาวิเคราะห์ SO₂ ตกค้างทั้งผล ภายหลังเก็บรักษาผ่านไป 11 วัน ส่วนที่สอง คือ ลำไยแบ่งทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 6 ตะกร้า โดยการสุ่มเลือก 1 ตะกร้า/ครั้งที่แช่ รวม 3 ตะกร้า/กรรมวิธี นำมาเก็บรักษาไว้ที่ 5 °C ไว้ 1 คืน ตัดซั้วยาวไม่เกิน 0.5 ซม. และบรรจุในกล่อง clamshell เจาะรู สำหรับจำลองสภาพการส่งออกทางเรือไปประเทศสิงคโปร์และการวางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า โดยนำไปเก็บรักษาไว้ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C + 5 วินาที

อุณหภูมิห้อง (25-35 °C) สุ่มตรวจสอบคุณภาพลำไยเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 1 และ 7 วัน ที่ 5 °C, 65% RH และ นำลำไยมาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 และ 5 วันตามลำดับ การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ สุ่มวิเคราะห์การ ตกค้างของ SO₂ ทั้งผล และประเมินเปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม/บวม และผลเกิดโรค/เน่าเสีย คะแนนการเปลี่ยนสี น้ำตาลเปลือกผลด้านนอก ด้านใน ความผิดปกติของสีเนื้อ การทดสอบด้านประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา เป็นต้น

2) การทดสอบครั้งที่ 2 วางแผนการทดลอง รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ (ตะกร้า) รวม 16+1 = 17 ตะกร้า ได้แก่

T1 = HCl 2.5% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

T2 = T1 + เติม SMS~0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

T3 = HCl 3.75% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

T4 = T3 + เติม SMS~0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที

T5 = ลำไยไม่แช่สาร (Control)

ลำไยสดเกรด A เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกร จ.เชียงใหม่ และเก็บรักษาไว้ 1 คืนที่ 2 °C ที่ตู้คอนเทนเนอร์ ของผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุบริษัทห้วยนเชิงเพชรจำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ช่วงเข้านำมาทดสอบที่ ห้องปฏิบัติการสวพ.1 อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

การเตรียมสารปริมาตร 300 ลิตรในกรรมวิธีที่ 1 (T1) แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ HCl 2.5 % ดูดกรดเกลือ 1 ถัง ด้วยสายยางลงในถังพลาสติกที่มีน้ำรองไว้ก่อน 200 ลิตร + ส่วนที่ 2 คือ SMS 0.5% โดยชั่ง SMS 100% น้ำหนัก 1.5 กก. ละลายลงในน้ำ 10 ลิตร ผสมน้ำให้เจือจางค่อยๆ เทลงในถัง ละลาย Tween 20 ความเข้มข้น 0.1% ลงในถังแช่ และปรับปริมาตรให้ครบ 300 ลิตรพร้อมกวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกันใน ขณะที่ T2 เตรียมสารจาก T1 เติมแต่เติมสาร SMS เพิ่มอีก 0.5% จะได้ SMS เข้มข้นประมาณ 1.0%

การเตรียมสารปริมาตร 300 ลิตร ใน T3 แบ่งเป็น 2 ส่วนเช่นกัน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ HCl 3.75 % ดูดกรดเกลือ 1.5 ถัง ด้วยสายยางลงในถังพลาสติกที่มีน้ำรองไว้ก่อน 200 ลิตร + ส่วนที่ 2 คือ SMS 0.5% โดยชั่ง SMS 100% น้ำหนัก 1.5 กก. ละลายลงในน้ำ 10 ลิตรให้ได้ความเข้มข้น 0.5% ผสมน้ำให้เจือจางค่อยๆ เทลงในถัง ละลาย Tween 20 ความเข้มข้น 0.1% ลงในถังแช่ และปรับปริมาตรให้ครบ 300 ลิตรพร้อมกวนสารละลาย ให้เป็นเนื้อเดียวกันในเวลาที่ T4 เตรียมจาก T3 เติมแต่เติมสาร SMS เพิ่มอีก 0.5% จะได้ SMS เข้มข้นประมาณ 1.0%

ก่อนแช่ให้ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ครั้งละ 4 ตะกร้า/ครั้ง แช่นาน 5 นาที ระหว่างแช่ระวังไอ ก๊าซ SO₂ สวมหน้ากากป้องกันสารเคมี และใช้ไม้ขยับตะกร้าไปมา ผึ่งทิ้งไว้นาน 2-3 ชม. หรือใช้พัดลมเป่าให้แห้ง ไวขึ้นโดยเฉพาะในกลางตะกร้าที่แห้งยาก ต้องเป่านานๆ และสุ่มลำไยสำหรับวัดสาร SO₂ ตกค้างในลำไยทั้งผล (AOAC, 2016) โดยการสุ่มแบบ Compositd sample จาก 4 ตะกร้ารวมให้ได้ 1 กก. ลำไยทั้งหมดแบ่งเป็นสอง ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งจำนวน 12 ตะกร้า บริษัทขนกลับไปโรงคัดบรรจุนำไปตัดซั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 ซม. แบ่งใส่ กล่อง clamshell เเจาะรูมีความจุ 0.7-1.0 กก. สำหรับจำลองสภาพการวางจำหน่ายโดยเก็บรักษาที่ตู้คอนเทนเนอร์อุณหภูมิ 2°C และสุ่มตัวอย่างลำไยมาวิเคราะห์ SO₂ ตกค้างทั้งผล ภายหลังเก็บรักษาผ่านไป 8 วัน ส่วนที่

สอง คือ ลำไยแบ่งทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ สวพ.1 รวม 5 ตะกร้า โดยการสุ่มเลือก 1 ตะกร้า/ครั้งที่แช่ รวม 1 ตะกร้า/กรรมวิธี มาเก็บรักษาไว้ที่ 5 °C ไว้ 1 คืน และตัดซั้วบรรจุใส่กล่องพลาสติกในวันถัดไปนำมาคัดเลือกผลดี ตัดซั้วยาวไม่เกิน 0.5 ซม. และบรรจุในกล่อง clamshell นำไปเก็บรักษาไว้นาน 7 วันที่ 5 °C + 5-7 วันที่ อุณหภูมิห้อง สุ่มตรวจสอบคุณภาพผลรวม 4 ครั้งโดยสุ่มคุณภาพจำนวน 15 กล่อง/ครั้ง ทุกวันที่ 1 และ 7 วันที่ 5 °C, 65% RH และนำลำไยมาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง นาน 1, 3, 5-7 วันตามลำดับ การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ สุ่มวิเคราะห์การตกค้างของ SO₂ ทั้งผล และประเมินเปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม/บวม และผลเกิดโรค/เน่าเสีย คະแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกผลด้านนอก ด้านใน ความผิดปกติของสีเนื้อ เป็นต้น

7.3.2 การทดสอบแช่ HCl+SMS ในลำไยส่งออกในสถานประกอบการต้นแบบ

1) การทดสอบหาความเข้มข้นและวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม รวม 5 กรรมวิธี ได้แก่ ชุดที่ 1 จำนวน 500 ตะกร้า คือ กรรมวิธีที่ 1-2 (T1-T2) กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ (ครั้ง) และชุดที่ 2 จำนวน 40 ตะกร้า ได้แก่ T3-T4 และ T5-T6 กรรมวิธีละ 3 และ 2 ซ้ำ (ครั้ง) ตามลำดับ กรรมวิธี ได้แก่

T1 = HCl 2.5% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (แช่ครั้งที่ 1-5)

T2 = T1 + เติม SMS อีก 0.5% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 6-10)

T3 = HCl 3.75% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 1-3)

T4 = HCl 5% + SMS 1% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 1-3)

T5 = T3 + เติม SMS เพิ่มอีก 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 4-5)

T6 = T4 + เติม SMS เพิ่มอีก 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 4-5)

ลำไยสดเกรด AA เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกร จ.ตาก เป็นลำไยผลใหญ่ และเปลือกหนา เก็บรักษาไว้ 1 คืนที่ 5 °C ดำเนินการทดสอบที่โรงคัดบรรจุบริษัทห้วยนิงเฟรชจำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ การแช่ของ กรรมวิธีที่ 1 และ 2 (T1-T2) ใช้ถังพลาสติกรวม 10 ถัง ปริมาตรถังละ 300 ลิตรสำหรับทดสอบแช่ความเข้มข้นต่ำ โดย T1 แช่ 5 ครั้งๆ ละ 50 ตะกร้า รวม 250 ตะกร้า และ T2 เติม SMS อีก 0.5% และแช่ต่อเนื่องอีก 5 ครั้ง รวม 250 ตะกร้า แต่ T3-T6 ใช้เพียงสองถังแช่สำหรับทดสอบแช่ความเข้มข้นสูงขึ้น โดย T3-T4 ใช้จำนวน 2 ถัง แช่ 3 ครั้งๆ ละ 4 ตะกร้า รวม 24 ตะกร้า และ T5-T6 เติม SMS อีกกรรมวิธีละ 0.5% และแช่ต่อเนื่องอีก 2 ครั้งๆ ละ 4 ตะกร้า รวม 16 ตะกร้า ผึ่งแห้งนาน 3 ชม. สุ่มลำไยแบบ Composited sample จำนวน 1 กก./ครั้งที่แช่ สำหรับวิเคราะห์ SO₂ ตกค้างทั้งผล (AOAC, 2016) และตรวจสอบคุณภาพผล นำมาเก็บรักษาไว้ 1 คืน ที่ 5 °C วันถัดมาตัดซั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 ซม. บรรจุใส่กล่อง clamshell สำหรับทดสอบการวางจำหน่าย การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ SO₂ ทั้งผล และคุณภาพลำไยระหว่างการเก็บรักษา ที่ 5 °C นาน 7 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 1, 3 และ 5 วัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม/บวม และผลเกิดโรค/เน่าเสีย คະแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกผลด้านนอก ด้านใน และความผิดปกติของสีเนื้อ

2) การทดสอบแช่และวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม จำนวน 50 ตะกร้า รวม 4 กรรมวิธี ได้แก่ ได้แก่ T1 และ T3 กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ (ครั้ง) และ T2 และ T4 กรรมวิธีละ 2 ซ้ำ (ครั้ง) กรรมวิธี ได้แก่

T1 = ถังที่ 1 HCl 5% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (แช่ครั้งที่ 1-3)

T2 = ถังที่ 1 + เติม SMS เพิ่มอีก 0.5% นาน 5 นาที แช่ 2 ครั้งๆ ละ 5 ตะกร้า (ครั้งที่ 4-5)

T3 = ถังที่ 2 HCl 5.0% + SMS 0.5% + Tween 20 0.1% นาน 5 นาที (ครั้งที่ 1-3)

T4 = ถังที่ 2 + เติม SMS เพิ่มอีก นาน 5 นาที แขนง 2 ครั้งๆ ละ 5 ตะกร้า (ครั้งที่ 4-5)

ลำไยสดเกรด AA เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกร จ. เชียงใหม่ ขนาดผลใหญ่ และเปลือกบาง และเก็บรักษาไว้ห้องเย็น 1 คืนที่ 5 °C ดำเนินการที่โรงคัดบรรจุบริษัทห้วยนางเช็งเฟรชจำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ จำนวนถังแช่รวม 2 ถัง ได้แก่ T1 และ T3 แขนงถังละ 3 ครั้งๆ ละ 5 ตะกร้า รวม 30 ตะกร้า และ T2 และ T4 เติม SMS เพิ่มอีกกรรมวิธีละ 0.5% แขนงต่อเนื่องอีก 2 ครั้งๆ ละ 5 ตะกร้า รวม 20 ตะกร้า ผึ่งแห้งนาน 3 ชม. สุ่มลำไยแบบ Compositated sample จำนวน 1 กก./ครั้งที่แช่ สำหรับวิเคราะห์ SO₂ ตกค้างทั้งผล (AOAC, 2016) และตรวจสอบคุณภาพผล เก็บรักษาไว้ 1 คืน ที่ 5 °C วันถัดมาตัดขั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 cm ใส่กล่อง clamshell จำลองสภาพการส่งออกประเทศสิงคโปร์ทางเครื่องบินนาน 4 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3-5 วัน ตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ SO₂ ทั้งผล เเปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม/บวบ และผลที่เกิดโรค/เน่าเสีย คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกผลด้านนอก ด้านใน และความผิดปกติของสีเนื้อ

3) ทดสอบการส่งออก ผู้ประกอบการทดสอบการแช่ใน HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที ตัดขั้วผลและส่งออกทางเครื่องบินจำนวน 3-4 ครั้งเพื่อดูการยอมรับในสินค้าของผู้นำเข้าและผู้บริโภคของประเทศสิงคโปร์ และส่งออกทางเรือเป็นตู้คอนเทนเนอร์แบบสั้นและยาว ขนาด 20 และ 40 ฟุต ตามลำดับ เป็นต้น

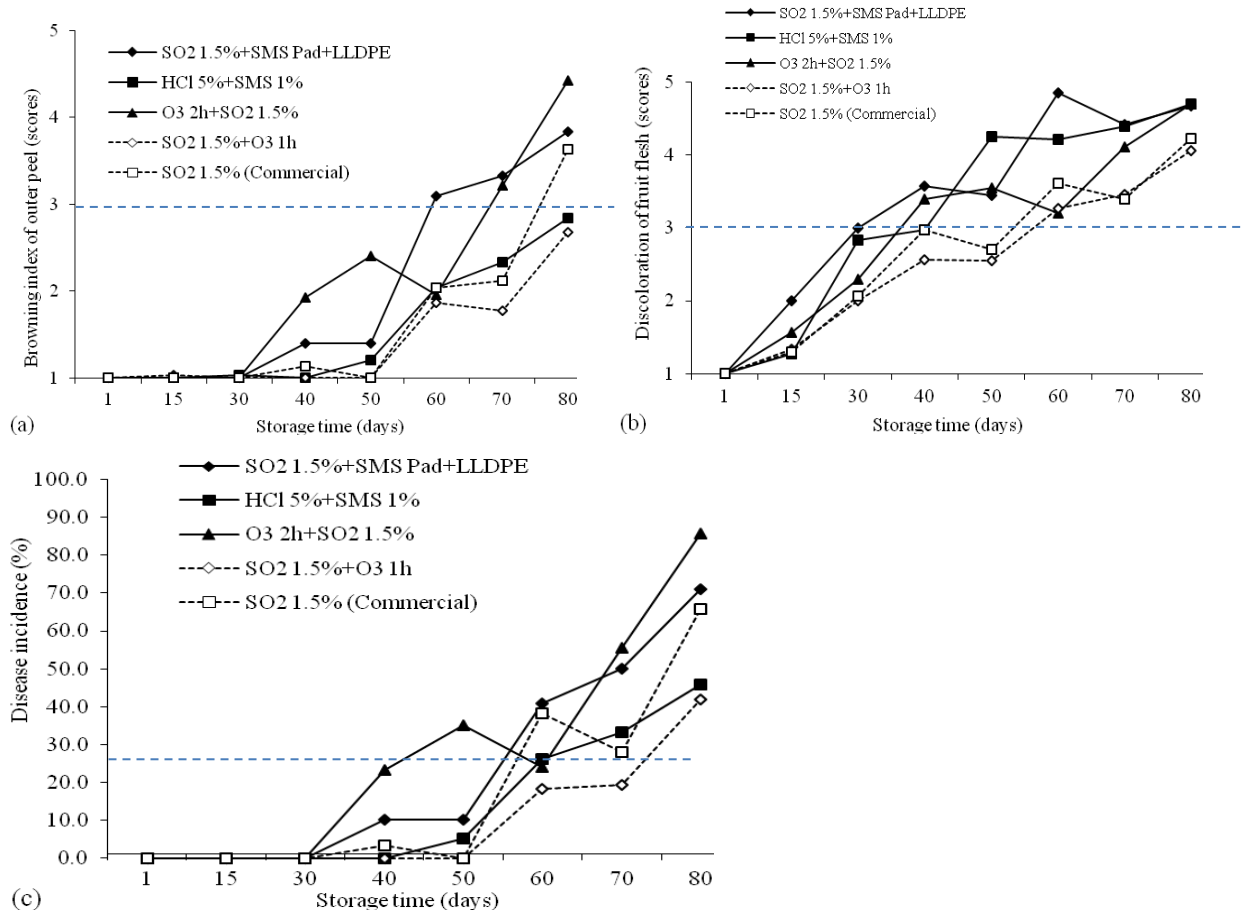
- เวลาและสถานที่ ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2560 – กันยายน 2562 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีต่อการลดการตกค้างของ SO₂ และยืดอายุการเก็บรักษาลำไย

กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีและเป็นไปได้ คือ SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม. และการแช่ HCl 5% + SMS 1% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมด้วย SO₂ วิธีการค้าปัจจุบัน (Control) ช่วยลดการเปลี่ยนน้ำตาลได้นาน 80 วันเท่ากัน ที่ 5°C (ภาพที่ 1a) (โดยมีคะแนนการยอมรับไม่เกิน 3.0) การใช้ SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม.และ SO₂ ช่วยลดการเปลี่ยนสีของเนื้อที่ผิดปกติได้นาน 50 วันเท่ากัน ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ได้แก่ กรรม SO₂ 1.5% + แผ่นระเหยทางการค้ายี่ห้อ Uvasys® (SMS pad), การแช่ HCl 5% + SMS 1%, กรรมก๊าซ O₃ นาน 1 ชม.+ รม SO₂ เข้มข้น 1.5% การยอมรับด้านคุณภาพเมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนสีของเนื้อ (เกณฑ์คะแนนการยอมรับไม่เกิน 3.0) ได้นาน 30, 40 และ 30 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 1b) การแช่ HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาทีช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนสีของเนื้อผล จากเดิมใช้ HCl 6.4% มีผลกับคุณภาพเนื้อและสีผิวเปลือกไม่สม่ำเสมอ นอกจากนั้นการเกิดไอระเหยของก๊าซ SO₂ ขณะแช่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ SMS 5% + HCl 1% ที่มีปริมาณก๊าซ SO₂ เกิดขึ้นมาก จาก SMS ที่ความเข้มข้นสูงถึง 5% ทำให้อันตรายกับผู้ปฏิบัติงาน (สถิตย์พงศ์ และคณะ, 2560, Apai et al, 2015) การใช้ SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม. ยังช่วยลดการเกิดโรคได้นานตลอด 70 วัน (เกณฑ์การยอมรับต่ำกว่า 25%) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ คือ HCl 5% + SMS 1%, SO₂ 1.5%, SO₂ 1.5%+SMS pad, O₃ นาน 2 ชม. + SO₂ 1.5% ลดได้นาน 50, 50, 50 และ 40 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 1c) กรรม O₃ มีแนวโน้มช่วยลด

การเกิดโรคได้ดีขึ้นรวมทั้งการรักษาสีผิวเปลือกเมื่อเปรียบเทียบกับกรรม SO_2 เพียงอย่างเดียวสอดคล้องงานวิจัยของ Taimaneerak *et al.* (2018) และยังลดการตกค้างให้ต่ำลงกรรมก๊าซโอโซนเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น

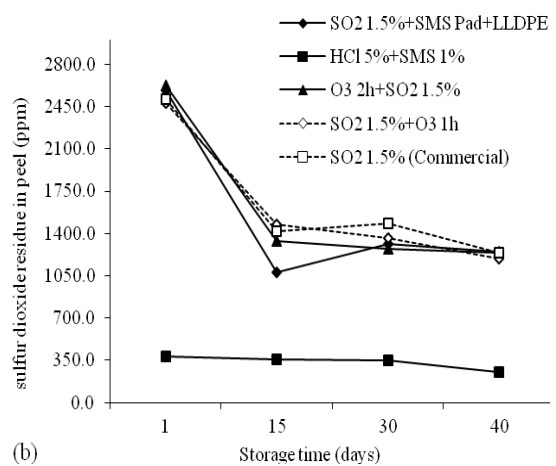
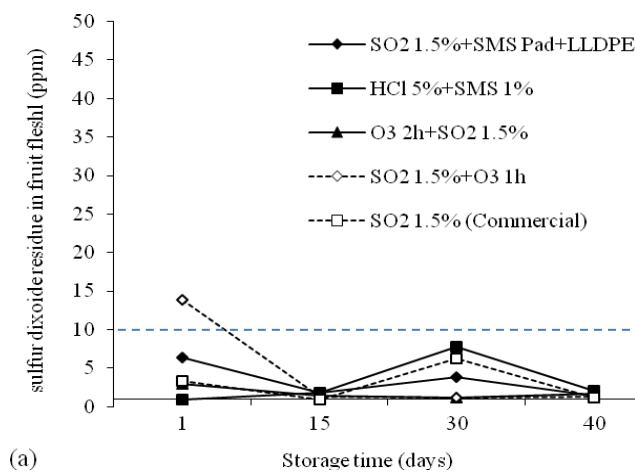


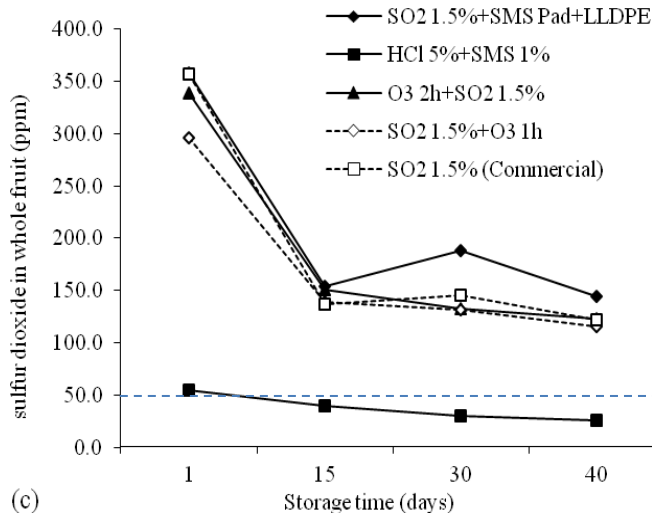
ภาพที่ 1 ผลของการทดสอบกรรมวิธี 5 วิธีการต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก (a) การเปลี่ยนสีของเนื้อผล (b) และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (c) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 80 วัน (เส้นประ คือ ระดับการยอมรับได้)

นอกจากนั้นค่าการตกค้างของสาร SO_2 ในเปลือกผลหลังกรรม SO_2 1.5% + O_3 นาน 1 ชม. มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการค้า SO_2 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 2b) การแช่ HCl 5%+SMS 1% มีค่าตกค้างในเปลือกต่ำที่สุด และลดลงภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 40 วัน มีค่าเท่ากับ 384 ppm ในวันแรก และวันที่ 40 มีค่าเท่ากับ 248.4 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าระหว่าง 1,077 – 2,622.5 ppm โดยมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 15 วัน กรรม SO_2 1.5% + O_3 นาน 1 ชม. มีค่าตกค้างในเปลือกลดลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกับวิธีการค้า SO_2 สันนิษฐานว่าเกิดจากกำลังการผลิตของเครื่อง O_3 ที่ใช้เพียง 10 กรัม/ชม. ต้องรอนานมากกว่า 1 ชม. สามารถลดการตกค้างได้มากขึ้นเมื่อศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยของ Taimaneerak *et al.* (2018) จึงควรทดสอบกำลังการผลิตเครื่อง O_3 ที่เหมาะสมกับปริมาตรตู้รมโดยเฉพาะห้องรมลำไยทางการค้า เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในอนาคตหากนำไปใช้ทางการค้ากับลำไยส่งออก เมื่อคำนวณเป็นค่าการตกค้างทั้งผล พบว่าการแช่ HCl 5% + SMS 1% มีค่าต่ำกว่าทุกกรรมวิธีมีค่าในวันแรก 54.93 ppm และวันที่ 40 มีค่าเท่ากับ 26.16 ppm (ภาพที่ 2c) สอดคล้องกับรายงานของสถิตย์พงศ์ และคณะ (2560) และวิทยา และ

คณะ (2559) เป็นค่าที่ไม่เกินเกณฑ์ของ Codex กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ppm ในขณะกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าระหว่าง 115.13 – 357.74 ppm การใช้ HCl และ SMS เป็นสารที่อยู่ในรายชื่อ food additives ที่รัฐบาลสิงคโปร์ให้ใช้ได้ ในขบวนการผลิตตามมาตรฐาน GMP โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน Codex ประเด็นการตกค้างของ HCl จากรายงานของ Apai *et al.* (2015) ที่ทดสอบการส่งออกกับผู้ส่งออกและนักวิจัยของ Agri-Food & Veterinary Authority (AVA) ของรัฐบาลประเทศสิงคโปร์พบค่าตกค้างมากเฉพาะที่เปลือกผลเท่านั้น แต่มีค่าต่ำที่เนื้อผลและมีค่าไม่แตกต่างกันกับผลลำไยไม่แช่สารสอดคล้องกับค่า pH เนื้อที่ไม่แตกต่างกัน กรดเกลือพบในกระเพาะมนุษย์สำหรับย่อยโปรตีนอยู่แล้วจึงมีความปลอดภัย และยังใช้เป็นสารสำหรับปรับค่า pH ของอาหารที่ Codex ให้ใช้ได้ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ HCl ยังเคยใช้แช่ลื่นจิ้งจอกในการค้าปัจจุบัน

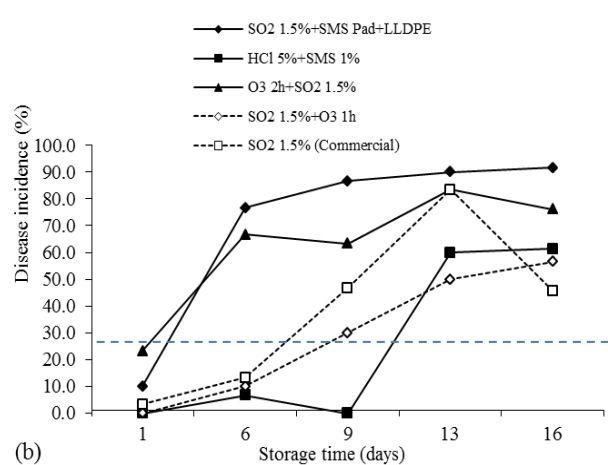
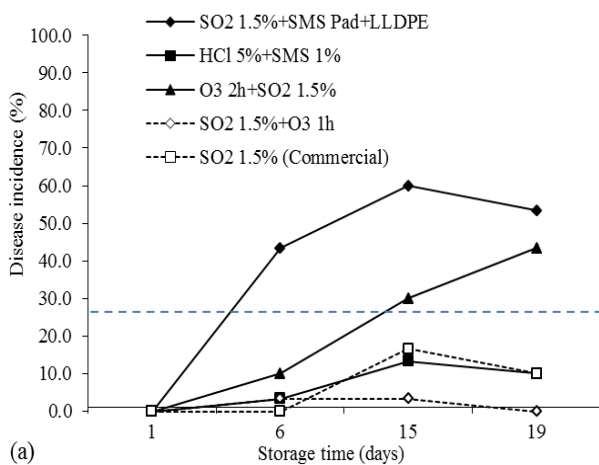
การทดสอบอายุการจำหน่ายภายหลังจากเก็บรักษานาน 30 และ 40 วัน ที่ 5 °C โดยวางจำหน่ายนานจนลำไยเกิดการเน่าเสียที่อุณหภูมิห้อง (25-35 °C) ในระยะเวลา 1-19 วัน พบว่าเมื่อสุ่มลำไยที่เก็บรักษานาน 40 วัน ที่ 5 °C มาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง การรม SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม., การแช่ HCl 5% + SMS 1% และ SO₂ 1.5% ช่วยลดการเกิดโรคได้ดี 19 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 3a) รวมทั้งช่วยลดการเปลี่ยนสีของเนื้อผลได้นาน 6 วัน (ภาพที่ 3c) โดยการรม SO₂ 1.5% + SMS pad มีการเกิดโรคที่สูงที่สุดเนื่องจากมีการหุ้มห่อตะกร้าด้วยถุงพลาสติก LLDPE เจาะรู มีการสะสมความชื้นภายในถุงสูงขึ้นทำให้เกิดเน่าเสียได้ง่าย เมื่อสุ่มลำไยที่เก็บรักษานาน 40 วันมาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการแช่ HCl 5%+SMS 1% มีการเกิดโรคที่ต่ำที่สุดแต่ผลเน่า รong ลงมา คือ SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม. และ SO₂ 1.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 3b) แต่เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนสีของเนื้อในช่วงเวลาเดียวกันพบว่า SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม., HCl 5% + SMS 1% และ SO₂ 1.5% มีค่าต่ำกว่า 3.0 ในวันแรกมีค่าไม่แตกต่างกัน และไม่สามารถลดการเปลี่ยนสีของเนื้อได้เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน (ภาพที่ 3d)





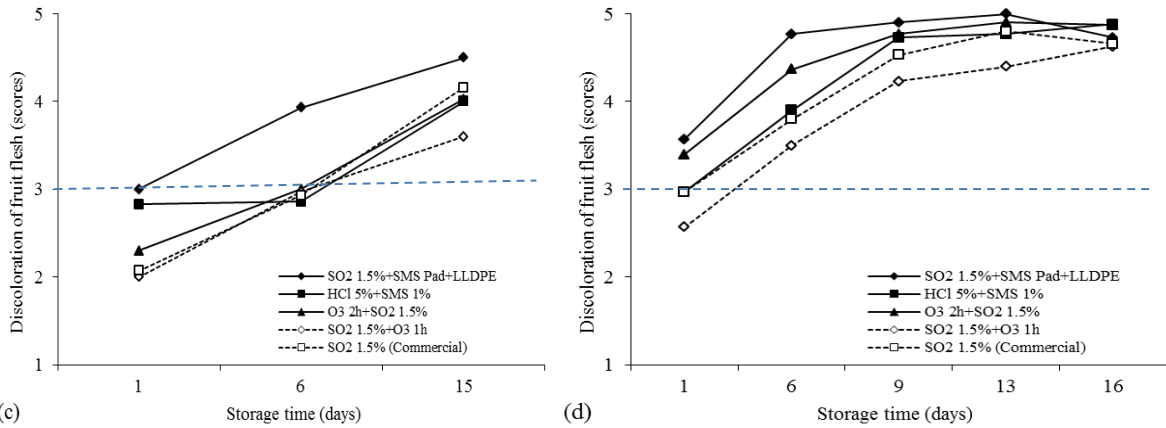
(c) ภาพที่ 2 ผลของการทดสอบกรรมวิธี 5 วิธีการต่อการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผล (a) เปลือก (b) และค่าทั้งผล (c) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 40 วัน

การทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสโดยสุ่มและวางจำหน่ายนาน 5 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าการยอมรับลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีคะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกอยู่ในเกณฑ์สูงกว่า 3.0 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 40 วัน และค่าลดลงเมื่อวางจำหน่ายนาน 5 วัน (ภาพที่ 4a) โดยการรวม SO₂ 1.5% + O₃ นาน 1 ชม., HCl 5% + SMS 1% และ SO₂ 1.5% มีค่าสูงที่สุดและไม่ต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 40 วัน การยอมรับด้านสีเนื้อพบว่าคุณภาพลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 40 วันและวางจำหน่ายนาน 5 วัน โดยการรวม SO₂ 1.5% + SMS pad มีค่าต่ำที่สุด คือ 2.83 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ที่มีค่ามากกว่า 3.0 (ภาพที่ 4b) ซึ่งสอดคล้องกันการประเมินสีเนื้อมีค่าเกิน 3.0 ตลอดอายุการวางจำหน่าย (ภาพที่ 3c) เนื่องจากมีการเกิดโรคที่สูงกว่าทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 3a) ส่วนคุณภาพการยอมรับด้านรสชาตินั้นพบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและอยู่ในเกณฑ์การยอมรับมากกว่า 3.0 ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 4c)

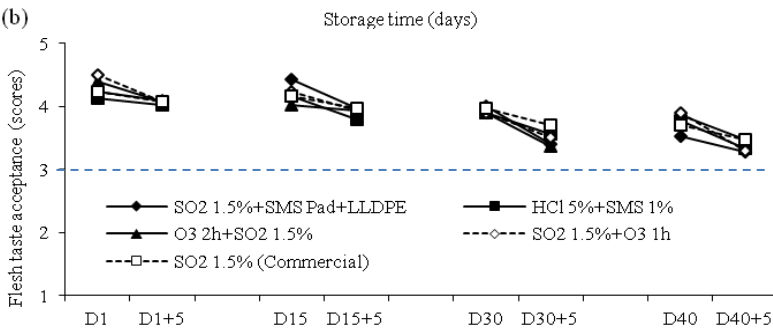
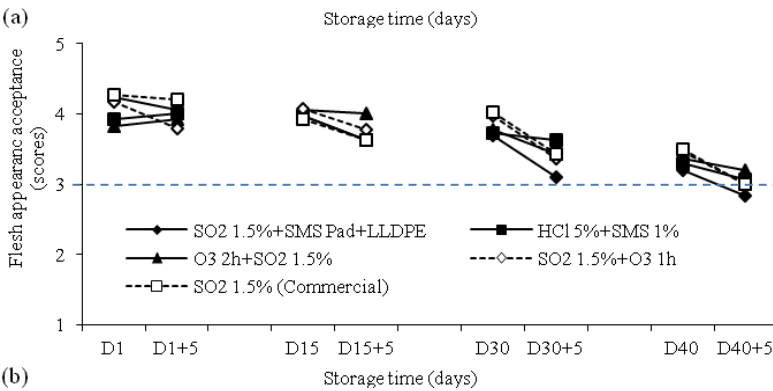
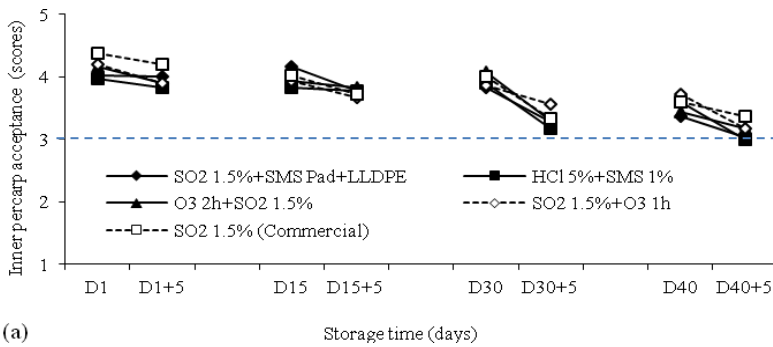


(a)

(b)



(c) ภาพที่ 3 ผลของการทดสอบกรรมวิธี 5 วิธีการต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 30 วัน+วางจำหน่ายนาน 1-19 วัน (a) และ 40 วัน+วางจำหน่ายนาน 1-16 วัน (b) และการเปลี่ยนสีของเนื้อผล ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 30 วัน+วางจำหน่ายนาน 1-19 วัน (c) และ 40 วัน+วางจำหน่ายนาน 1-16 วัน (d) ตามลำดับ



(c) Storage time (days)

ภาพที่ 4 ผลของการทดสอบกรรมวิธี 5 วิธีการต่อการยอมรับของผู้บริโภคระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 1, 15 และ 30 วัน+วางจำหน่ายนาน 5 วัน ได้แก่ การยอมรับด้านสีผิวเปลือกด้านใน (a) สีเนื้อ (b) และรสชาติ (c) ตามลำดับ

8.2 การทดสอบการลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างด้วยก๊าซโอโซน

8.2.1 ทดสอบครั้งที่ 1 พบว่า การรมโอโซน (O_3) กำลังการผลิต 10 กรัม/ชม. ประสิทธิภาพต่ำกว่ารมก๊าซ O_3 ที่มีกำลังการผลิตสูงกว่า คือ 30 กรัม/ชม. ในการลดการตกค้างของ SO_2 ตกค้างในผลในตู้รมขนาดเล็ก ปริมาตร 0.432 ลบ.ม. (ไม่แสดงข้อมูล) การรมก๊าซ O_3 ด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO_2 เข้มข้น 1.5% (อัตราแนะนำตามมกษ.1004-2557) นาน 0, 1 และ 2 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO_2 ตกค้างในเปลือก และเนื้อผล รม 4 ตะกร้าต่อครั้ง พบว่าในเปลือกลดได้ 8.40 – 19.36% (ตารางที่ 1) ในเนื้อลดได้ 41 – 59.60% เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยที่รม SO_2 อย่างเดียว (ชุดไม่รม O_3) ที่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงและแปรผัน (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาค่าทั้งผลมีค่าลดลงได้ 7.24 – 7.86% (ตารางที่ 3) มีค่าลดลงจาก 115.79 - 106.69 ppm

ต้นทุนของราคาเครื่องผลิตโอโซนที่ใช้ทดสอบกำลังการผลิต 10 และ 30 กรัม/ชม. ต้นทุนโดยประมาณ ราคาเครื่องละ 24,500 และ 69,500 บาท ตามลำดับ (http://www.protechsci.com/?page_id=17) ราคานี้ยังไม่รวมอุปกรณ์อื่นๆ โดยราคาตู้รมจำลองปริมาตร 0.432 ลบ.ม. ผนังเป็นอะคริลิกขอบเหล็กบุกันรั่วรอยต่อด้วยซิลิโคน บานประตูเปิด/ปิดบุขอบยางกันรั่ว ราคาต้นทุน 9,000 บาท (ภาพที่ 1 ภาคผนวก) ผู้รมควรดูแลรอยรั่วตามขอบตู้รมให้ดีไม่เช่นนั้นการรั่วไหลจะทำให้ความเข้มข้นของโอโซนในตู้ลดลง และเป็นอันตรายกับผู้ปฏิบัติงาน หากรั่วไหลมากเกินไป ผู้รมต้องสวมหน้ากากทุกครั้งในขณะที่ปฏิบัติงาน และไม่ควรมีโอโซนในห้องปฏิบัติการที่กินห้อง แต่ควรมีในที่โล่งแจ้งที่มีหลังคากันฝน เป็นต้น

ตารางที่ 1 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 0, 1 และ 2 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO_2 ตกค้างในเปลือกผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Fruit pericarp (ppm)			
	ไม่รม O_3	% Reduction	รม O_3	% Reduction
0	1344.15	0.00	1387.92	0.00
1	1543.82	-14.85	1271.27	8.40
2	1431.89	-6.53	1119.27	19.36
ค่าเฉลี่ย	1439.95	-7.13	1259.49	9.25

ตารางที่ 2 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้น 1.5% นาน 0, 1 และ 2 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเนื้อผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Fruit flesh (ppm)			
	ไม่รม O ₃	% Reduction	รม O ₃	% Reduction
0	2.1	0.00	6.51	0.00
1	2.02	3.81	3.84	41.01
2	6.91	-229.05	2.63	59.60
ค่าเฉลี่ย	3.68	-75.08	4.33	33.54

ตารางที่ 3 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้น 1.5% นาน 0, 1 และ 2 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างค่านวมทั้งผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Whole fruit (ppm)			
	ไม่รม O ₃	% Reduction	รม O ₃	% Reduction
0	109.21	0.00	115.79	0.00
1	116.96	-7.10	107.41	7.24
2	121.92	-11.64	106.69	7.86
ค่าเฉลี่ย	116.03	-6.24	109.96	5.03

8.2.2 ทดสอบครั้งที่ 2 พบว่าผลของการรมก๊าซ O₃ ด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ ความเข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเปลือกผลลำไยมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงเท่ากับ 0, 6.38, 12.89, 15.80, 21.50 และ 23.44 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จะลดลงได้ดีเฉพาะส่วนเปลือก หากใช้เวลารม O₃ เพียง 1-2 ชม. จะลดสารตกค้างได้ 6.38 – 12.89% ในส่วนเนื้อการตกค้างเริ่มต้นมีค่าสูงเกิน 50 ppm โดยมีค่าตกค้างเริ่มต้นสูงระหว่าง 200.23 - 326.86 ppm จึงมีการลดลงน้อยและมีค่าแปรผันก๊าซ O₃ ซึมผ่านเข้าไปในผลน้อย (ตารางที่ 5) แนวโน้มเช่นเดียวกับค่าทั้งผล (ตารางที่ 6) การลดลงของ SO₂ ในผลขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของ SO₂ ที่ใช้รมมีผลต่อการตกค้าง SO₂ เริ่มต้นในส่วนต่างๆ ของผล กำลังการผลิตของเครื่อง O₃ ระยะเวลาการรม O₃ ระบบหมุนเวียนในห้องรมและการกระจายก๊าซภายในห้องรม และสภาพผลลำไย ความสุกแก่ ผิวเปลือกผลต้องแห้ง เป็นต้น ด้านคุณภาพผลภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 11 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 4, 7 และ 10 วัน พบว่า การรมด้วย O₃ มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเฉลี่ยต่ำกว่า 3.0 อยู่ในเกณฑ์การยอมรับระหว่างการวางจำหน่ายนาน 10 วัน เมื่อเปรียบเทียบการไม่รม O₃ (ตารางที่ 7) การรม O₃ ช่วยยืดอายุสีเนื้อโดยเฉลี่ยได้นาน 4 วันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่รม O₃ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 (ตารางที่ 8) มีแนวโน้มช่วยลดการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษาได้นานกว่าการไม่รม O₃ (ตารางที่ 8) โดยการรม O₃ นาน 1 และ 2 ชม. ช่วยลดการเกิดโรคได้นาน 7 วัน มีค่าเท่ากับ 16.7 และ 23.3%

ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับที่ 25% เมื่อเปรียบเทียบกับไม่รม O₃ มีค่าเท่ากับ 70 และ 60% ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเปลือกผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Fruit pericarp (ppm)			
	ไม่รม O ₃	% Reduction	รม O ₃	% Reduction
0	1502.58	0	1911.11	0
1	1644.73	-9.46	1789.21	6.38
2	1874.52	-24.75	1664.70	12.89
3	1794.77	-19.45	1609.13	15.80
4	2177.17	-44.90	1500.14	21.50
5	1716.47	-14.23	1463.17	23.44
ค่าเฉลี่ย	1785.0	-18.80	1656.2	13.34

ตารางที่ 5 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเนื้อผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Fruit flesh (ppm)			
	ไม่รม O ₃	% Reduction	รม O ₃	% Reduction
0	326.86	0	200.23	0
1	352.74	-7.92	216.43	-8.09
2	269.05	17.69	246.8	-23.26
3	283.63	13.23	319.72	-59.68
4	260.13	20.42	217.38	-8.57
5	221.49	32.24	253.07	-26.39
ค่าเฉลี่ย	285.7	12.61	242.3	-21.00

ตารางที่ 6 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำล้างการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างคำนวณทั้งผล

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Whole fruit (ppm)			
	ไม่รม O ₃	% Reduction	รม O ₃	% Reduction
0	493.81	0	381.39	0
1	504.96	-2.26	380.8	0.15
2	483.31	2.13	396.14	-3.87
3	450.02	8.87	447.44	-17.32
4	482.05	2.38	365.44	4.18
5	444.8	9.92	396.64	-4.00
ค่าเฉลี่ย	476.5	3.51	394.6	-3.47

ตารางที่ 7 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำล้างการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 11 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 4, 7 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับคะแนนต่ำกว่า 3.0)

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Browning index (scores)					
	D4		D7		D10	
	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃
0	1	1	3	2.5	1	2.1
1	1	1	3.8	1.7	3.8	2.2
2	1.4	1.3	3.4	1.9	3.4	2.1
3	1.8	1.5	3.4	2.7	3.4	3.3
4	1.8	1.7	3.0	2.1	2.6	3.0
5	2.2	1.4	3.0	2.1	3.4	2.3
ค่าเฉลี่ย	1.5	1.3	3.3	2.2	2.9	2.5

ตารางที่ 8 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้น 1.5% นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อคะแนนเปลี่ยนสีของเนื้อที่ผิดปกติภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 11 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 4, 7 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับคะแนนต่ำกว่า 3.0)

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Flesh discoloration (scores)					
	D4		D7		D10	
	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃
0	3.2	2.8	3.8	3.9	4.8	4.1
1	3.4	2.3	4.5	3.0	4.8	4.3
2	3.6	2.2	4.3	3.4	4.6	4.1
3	3.2	2.7	4.4	4.1	4.6	4.5
4	3.5	2.7	4.2	3.5	5.0	4.3
5	3.0	2.8	4.1	3.9	4.6	4.7
ค่าเฉลี่ย	3.3	2.6	4.2	3.6	4.7	4.3

ตารางที่ 9 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้นสูง นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคนานภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 11 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 4, 7 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับเปอร์เซ็นต์เกิดโรคต่ำกว่า 25%)

ระยะเวลา การรม (ชม.)	Disease incidence (%)					
	D4		D7		D10	
	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃	ไม่รม O ₃	รม O ₃
0	0.0	0.0	50	36.7	60.0	36.7
1	0.0	0.0	70.0	16.7	70.0	30.0
2	10.0	6.7	60.0	23.3	60.0	26.7
3	20.0	13.3	60.0	30.0	60.0	56.7
4	20.0	16.7	50.0	26.7	40.0	50.0
5	30.0	10.0	50.0	26.7	60.0	33.3
ค่าเฉลี่ย	13.3	7.8	56.7	26.7	58.3	38.9

8.2.3 ทดสอบครั้งที่ 3 พบว่าการรม O₃ นาน 0-4 ชม. ในตู้รมปริมาตร 1.44 ลบ.ม. มีผลลดการตกค้างได้เฉพาะส่วนเปลือกผล (ตารางที่ 10) ในส่วนเนื้อคามีความแปรปรวนสูงโดยมีค่าติดลบเนื่องจากปริมาณสาร SO₂ หลังรม O₃ สูงขึ้น (ตารางที่ 11) การรม O₃ นาน 1, 2 และ 4 ชม. ช่วยลดการตกค้างของ SO₂ ได้เท่ากับ 8.22, 10.74 และ 16.63% ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ใช้พัสดมเป่าสองตัวมีค่าระหว่าง 14.43 – 20.59% (ตารางที่ 11) ส่วนค่าทั้งผลแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 12) สาเหตุสันนิษฐานเกิดจากห้องรมมีขนาดใหญ่

เกินไป และเครื่องมีกำลังการผลิตต่ำเพียง 20 กรัม/ชม. ควรแก้ไขโดยเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องให้มากกว่า 50 กรัม/ชม. ให้เหมาะสมกับขนาดห้องและปริมาณลำไยที่รมเยาะขึ้น และคุณภาพผลระหว่างการวางจำหน่ายพบว่าการรมด้วย O₃ ต่อการเกิดโรคมืดแวมสูงขึ้นเกินเกณฑ์การยอมรับที่ 25% เมื่อรม O₃ นานขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน ที่อุณหภูมิห้องแต่ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 13) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกด้านใน และสีเนื้อที่ผิดปกติ (ตารางที่ 14-15)

ข้อสังเกต การลดลงของ SO₂ ในผลขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- ความเข้มข้นของ SO₂ ที่ใช้รมโดยลำไยในการทดลองนี้ใช้อัตราสูง มีผลต่อการตกค้าง SO₂ เริ่มต้นในส่วนต่างๆ ของผลมีค่าสูงโดยมีค่าตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผลวันแรกมีค่าต่ำกว่า 50 ppm แต่กลับสูงขึ้นเกิน 50 ppm เมื่อรมนานขึ้น แต่ในเปลือกสามารถลดได้แต่ยังไม่แตกต่างกันการใช้พัสดุมเป่าบำบัดโดยตรง

- การลดการตกค้างอาจจะต้องใช้เครื่อง O₃ ที่มีกำลังการผลิตสูงขึ้นอาจจะต้องหาเครื่องโอโซนอีก 1 เครื่องมาเพิ่มอัตราความเข้มข้นของก๊าซให้เพียงพอต่อการลดสารตกค้างในเปลือกและเนื้อผล เพราะตู้อบมีปริมาตรมากขึ้น 1.44 ลบ.ม. หากเป็นห้องรมทางการค้ามีปริมาตรถึง 20-60 ลบ.ม. ควรจะใช้เครื่องผลิตโอโซนที่มีกำลังการผลิตสูงมากๆ และควรมีเครื่องวัดโอโซนสุ่มวัดความเข้มข้นเป็นช่วงๆ

- ระยะเวลาการรม O₃ ที่นานขึ้น โดยทั่วไปสภาพการค้าไม่ควรเกิน 1 ชม. หากรมนานขึ้นควรลดให้ค่าตกค้างทั้งผลต่ำเกณฑ์ของ Codex หรือ ประเทศสิงคโปร์ที่ไม่เกิน 50 ppm โดยอาจจะต้องพิจารณาระบบหมุนเวียนก๊าซภายในห้องรมและทิศทางการกระจายก๊าซภายในห้องรมควบคู่กันไปด้วย และคัดเลือกลำไยที่ดีที่สุด ไม่มีตำหนิจากโรคหรือแมลง ความสุกแก่ ผิวเปลือกผลต้องแห้ง เป็นต้น

การสุ่มตัวอย่างลำไยที่ผ่านการรมโอโซนมาตรวจสอบสารตกค้างในรูป Pesticide residue เบื้องต้น พบสารตกค้างชนิดเดียว คือ Cypermethrin สารนี้มีแนวโน้มลดลงเมื่อรมโอโซนนานขึ้น รมโอโซนนาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. มีค่าเท่ากับ 0.05 0.05 0.04 และ not detected ppm ตามลำดับ ค่าที่พบต่ำกว่ามาตรฐาน Thai MRL คือ 1.0 ppm ต้นทุนของตู้อบทำจากเสตนเลสที่ใช้ปริมาตร 1.44 ลบ.ม. พร้อมเครื่องผลิตโอโซนกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. (ภาพที่ 2 ภาคผนวก) ราคาประมาณ 150,000 บาท

ตารางที่ 10 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเปลือกผล

Time (ชม.)	no O ₃	% การลดลง	O ₃	% การลดลง
0	1872.48	0	1780.50	0
1	1557.43	16.83	1634.10	8.22
2	1487.01	20.59	1589.21	10.74
4	1602.27	14.43	1484.31	16.63

ตารางที่ 11 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างในเนื้อผล

Time (ชม.)	no O ₃	% การลดลง	O ₃	% การลดลง
0	14.03	0	7.92	0
1	41.65	-196.86	18.05	-127.90
2	52.56	-274.63	50.18	-533.59
4	54.99	-291.95	48.00	-506.06

ตารางที่ 12 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อการลดลงของสาร SO₂ ตกค้างเมื่อคำนวณเป็นค่าทั้งผล

Time (ชม.)	no O ₃	% การลดลง	O ₃	% การลดลง
0	215.22	0	205.45	0
1	207.00	3.82	204.41	0.51
2	215.73	-0.24	223.40	-8.74
4	206.80	3.92	200.12	2.59

ตารางที่ 13 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคภายหลังการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 1, 5, 8 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับเปอร์เซ็นต์เกิดโรคต่ำกว่า 25%)

Time (ชม.)	D1		D5		D8		D10	
	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃
0	0	0	3.3	1.7	16.8	18.3	16.8	15.0
1	0	0	3.0	2.4	15.8	15.3	15.8	36.7
2	0	0	3.1	3.7	14.9	19.7	14.9	35.0
4	0	0	3.1	2.9	14.9	18.6	14.9	21.7
Average	0	0	3.1	2.7	15.6	18.0	15.6	27.1

ตารางที่ 14 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านในภายหลังการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 1, 5, 8 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับคะแนนต่ำกว่า 3.0)

Time (ชม.)	D1		D5		D8		D10	
	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃
0	1	1	1.1	1.1	2.3	1.3	3.1	2.9
1	1	1	1.1	1.2	2	2.1	3.4	2.8
2	1	1	1.1	1.3	2.1	2.1	3.1	3.1
4	1	1	1.2	1.1	2.3	2.3	3	3.2
Average	1	1	1.1	1.2	2.2	2.0	3.2	3.0

ตารางที่ 15 ผลของการรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 20 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ต่อคะแนนการเปลี่ยนสีเนื้อผลภายหลังการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 1, 5, 8 และ 10 วัน (เกณฑ์การยอมรับคะแนนต่ำกว่า 3.0)

Time (ชม.)	D1		D5		D8		D10	
	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃	no O ₃	O ₃
0	1	1	1.1	1	2.5	1.7	3.6	3.4
1	1	1	1.1	1.2	2.1	2.2	3.5	4.4
2	1	1	1.1	1.5	2.2	2.2	3.6	3.5
4	1	1	1.1	1	2.6	2.5	3.7	3.6
Average	1	1	1.1	1.2	2.4	2.2	3.6	3.7

8.3 การทดสอบการยอมรับในวิธีการแช่ HCl+SMS ต่อคุณภาพผล และลดสาร SO₂ ตกค้างร่วมกับผู้ประกอบการ

8.3.1 การทดสอบแช่ HCl+SMS ในลำไยส่งออกที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1

1) การทดสอบครั้งที่ 1 กับลำไยเกรด A โดยทั้งสองกรรมวิธีมีค่าการตกค้างของ SO₂ ที่วิเคราะห์ทั้งผลต่ำกว่า 50 ppm ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 6.04 และ 24.84 ppm (ตารางที่ 16) เมื่อเก็บรักษาที่ห้องเย็นของห้องปฏิบัติการ สวพ.1 มีค่าลดลงมีค่าเท่ากับ 2.3 และ 3.39 ppm ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 7 วันที่ 5°C, 65% RH และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง (25-35°C) นาน 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาที่ห้องเย็นผู้ประกอบการส่งออกมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 143.27 และ 160.02 ppm ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 11 วัน ที่ 2°C, 90% RH มีค่าสูงขึ้น 6-20 เท่าเกิดจากการปนเปื้อนเมื่อเก็บรักษาในตู้คอนเทนเนอร์ร่วมกับลำไยรม SO₂ สภาพการค้ำ (ความเข้มข้นของก๊าซ SO₂ รม $\geq 1.5\%$)

ลำไยเกรด A เมื่อแช่ใน HCl 5%+SMS 0.5% มีแนวโน้มช่วยรักษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 °C, 65% RH นาน 7 และ 11 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง นาน 3-4 วัน ได้แก่ มีเปอร์เซ็นต์ผลดีที่สูงกว่า ผลเน่ามีน้อยกว่า และช่วยลดความผิดปกติของสีเนื้อ (ตารางที่ 19) และมีคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ HCl 5%+SMS 1% (ตารางที่ 20-23) โดยทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณภาพอื่นๆ ได้แก่ ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลทั้งเปลือกด้านนอก และใน และการเกิดโรคได้ดีไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 17-18) เป็นต้น

ตารางที่ 16 ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา

Treatments	pH solution					SO ₂ residue in whole fruit (ppm)				
	ก่อนแช่	หลังแช่ 1	2	3	เฉลี่ย	D1	D3	D7	D7+3	D11***
HCl 5%+SMS 0.5%	0.24	0.24	0.19	0.27	0.24	6.04	4.79	2.67	2.3	143.27
HCl 5%+SMS 1.0%	0.17	0.21	0.20	0.15	0.18	24.84	16.53	13.4	3.39	160.02

Note ... = เก็บรักษาที่ห้องเย็นของห้องปฏิบัติการสวพ.1, *** = เก็บรักษาที่ห้องเย็นบริษัท

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 3, 7, 11 และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1, 3 และ 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25-35 °C) (เกณฑ์การยอมรับ ≤ 25%)

Treatments	D1		D3		D7		D11***		D14	
	1	1	4	1	3	5	1	3	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	0	0	8.33	0	5	33.33	1.67	6.67	1.67	3.33
HCl 5%+SMS 1.0%	0	0	20.00	0	10	58.33	1.67	5.00	3.33	15.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 18 คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านในภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 3, 7, 11 และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1, 3 และ 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≤ 3.0)

Treatments	D1		D3		D7		D11***		D14	
	1	1	4	1	3	5	1	3	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	1	1.12 b	1.42 b	1.18	1.50 b	2.58	1.65	1.98	1.28 b	1.48 b
HCl 5%+SMS 1.0%	1	1.45 a	2.60 a	1.58	2.27 a	3.53	1.43	1.53	2.05 a	2.30 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 19 คะแนนการเปลี่ยนสีที่ผิดปกติของเนื้อผลภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 3, 7, 11 และ 14 วันที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1, 3 และ 5 วันที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≤ 3.0)

Treatments	D1		D3			D7			D11***		D14	
	1	1	1	1	3	4	1	3	5	1	3	4
HCl 5%+SMS 0.5%	1	1.30	2.43	1.50	2.22	2.83 b	2.15	2.68 b	1.83	2.60		
HCl 5%+SMS 1.0%	1	1.22	2.95	1.78	2.43	3.93 a	2.55	3.23 a	2.47	2.97		

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 20 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในสีผิวเปลือกนอกภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 7 วันที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1 และ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≥ 3.0)

Treatments	D1		D3		D7	
	1	4	1	4	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	5	4	3.83	3.42 a		
HCl 5%+SMS 1.0%	5	3.96	3.79	2.96 b		

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 21 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในสีเนื้อภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 7 วันที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1 และ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≥ 3.0)

Treatments	D1		D3		D7	
	1	4	1	4	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	5	4.42	4.42 a	3.58		
HCl 5%+SMS 1.0%	5	4.21	3.67 b	3.08		

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 22 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในกลิ่นของเนื้อภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 7 วันที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1 และ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≥ 3.0)

Treatments	D1		D3		D7	
	1	4	1	4	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	5	4.04	4.04 a	3.67 a		
HCl 5%+SMS 1.0%	5	4.04	3.54 b	2.79 b		

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 23 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในรสชาติของเนื้อภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 7 วันที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1 และ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์คะแนนการยอมรับ ≥ 3.0)

Treatments	D1		D3		D7	
	1	1	1	1	1	4
HCl 5%+SMS 0.5%	5	4.54	4.08	3.92	a	
HCl 5%+SMS 1.0%	5	4.29	3.75	3.25	b	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

2) การทดสอบครั้งที่ 2 พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งผลสูงขึ้นในวันแรกมีค่าระหว่าง 9.41-53.26 ppm (ตารางที่ 24) แต่มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 8 และ 11 วันตามลำดับแต่เมื่อเปรียบเทียบกับเก็บรักษาที่ห้องเย็นของผู้ประกอบการพบว่ามีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ 8.3.1 สาเหตุไปเก็บรักษารวมกับลำไยมทางการค้า ข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับค่าตกค้างที่สูงขึ้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ผลลำไยที่ใช้ผลเล็กเกรด A-B ปนกัน พื้นที่ผิวสัมผัสเมื่อแช่ทั้งตะกร้าจะมากกว่าลำไยที่ผลใหญ่กว่า ประเด็นต่อมาเกี่ยวกับความสุกแก่ของลำไยที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่แก่มาก เปลือกบางกว่าการทดลองที่ 8.3.1 ทดสอบครั้งที่ 1 และปัจจัยเกี่ยวกับการเติม SMS เพื่อป้องกันการสูญเสีย SO₂ มีผลทำให้ค่าตกค้างสูงขึ้นแต่ไม่เกินเกณฑ์ของประเทศสิงคโปร์ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ppm เมื่อเก็บรักษานานขึ้น

ด้านคุณภาพผล พบว่าสองกรรมวิธี คือ T1= HCl 2.5%+SMS 0.5% และ T2 = T2+เติม SMS เพิ่ม 0.5% รวมทั้ง T3= HCl 3.75%+SMS 0.5% และ T2 = T3+เติม SMS เพิ่ม 0.5% สามารถใช้ยืดอายุลำไยส่งไปประเทศสิงคโปร์ได้เมื่อจำลองสภาพการส่งออกนาน 14 วัน วางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง (25-35°C) ได้นาน 5-7 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่แช่สารที่ผลเน่าเสียจากเชื้อราภายใน 3 วัน โดยทุกกรรมวิธีลดความเข้มข้นของ HCl จาก 5.0% เหลือ 2.5% และ 3.75% ตามลำดับสามารถช่วยยืดอายุลำไยได้ สรุปแล้วสภาพผลลำไยผลไม่ใหญ่และไม่แก่สามารถลดความเข้มข้นของ HCl ลงได้ ลดการเน่าเกิดโรคได้ และคุณภาพเนื้อยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 25-27)

ตารางที่ 24 ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งผล (ppm) ระหว่างการเก็บรักษาทั้งสองสภาพ ได้แก่ เก็บรักษาที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 นาน 11 วันที่อุณหภูมิ 5°C, 65% RH และห้องเย็นของบริษัทอุณหภูมิ 2°C, 90% RH

Treatments	pH solution		Sulfur dioxide residue in whole fruit (ppm)			
	ก่อนแช่	หลังแช่	D1	D8	D8***	D11
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	0.86	0.71	31.58	26.66	164.75	31.84
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	0.71	0.68	53.26	33.48	173.55	39.95
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	0.67	0.63	9.41	12.12	108.8	7.06
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	0.63	0.61	17.44	48.92	155.56	34.96
T5_Untreated fruit (ไม่แช่สาร)	-	-	-	-	-	1.62
T6_SO ₂ commercial (รมทางการค้า)	-	-	-	-	-	152.15

Note ... = เก็บรักษาที่ห้องเย็นของห้องปฏิบัติการสวพ.1, *** = เก็บรักษาที่ห้องเย็นบริษัท

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 4, 7 และ 11 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25-35°C) (เกณฑ์การยอมรับ $\leq 25\%$)

Treatments	D1		D4			D7			D11		
	1	4	4+4	7+1	7+5	7+7	11+1	11+3	11+5	11+7	
ก. ห้องเย็นสวพ.1	1	4	4+4	7+1	7+5	7+7	11+1	11+3	11+5	11+7	
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	0	0	10.00	0	3.33 c	16.67 b	0.00	0.00 b	3.33 b	3.33 c	
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	0	0	0.00	0	0.00 c	10.00 b	0.00	0.00 b	3.33 b	0.00 c	
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	0	0	0.00	0	26.57 b	90.00 a	0.00	6.67 b	13.33 b	16.67 b	
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	0	0	0.00	0	6.67 c	33.33 b	6.67	0.00 b	3.33 b	6.67 bc	
T5_Untreated fruit	0	0	80.00	3.33	100 a		3.33	33.33 a	90.00 a	100.00 a	

Treatments	D8		
	8+1	8+5	8+7
ข. ห้องเย็นของบริษัท	8+1	8+5	8+7
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	0.00	0.00	10.00
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	0.00	3.33	6.67
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	3.33	0.00	6.67
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	0.00	3.33	16.67

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 26 คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของสีผิวเปลือกในภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 4, 7 และ 11 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์การยอมรับ $\leq 25\%$)

Treatments	D1		D4			D7			D11		
	1	4	4+4	7+1	7+5	7+7	11+1	11+3	11+5	11+7	
ก. ห้องเย็นสวพ.1	1	4	4+4	7+1	7+5	7+7	11+1	11+3	11+5	11+7	
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	1	2.6	1.90	2.00 bc	2.10 c	2.13 b	1.90 b	2.23 c	2.00 c	1.80 c	
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	1	2.6	2.50	2.47 b	2.10 c	2.70 b	2.37 b	2.47 bc	2.87 b	2.30 c	
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	1	2.4	2.90	2.47 b	3.33 b	4.87 a	2.43 b	2.90 b	2.53 bc	3.23 b	
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	1	2.3	1.90	1.83 c	1.93 c	2.67 b	2.13 b	1.90 c	2.17 c	1.93 c	
T5_Untreated fruit	1	5	5.00	5.00 a	5.00 a		5.00 a	5.00 a	5.00 a	5.00 a	

Treatments	D8		
	8+1	8+5	8+7
ข. ห้องเย็นของบริษัท	8+1	8+5	8+7
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	1.33 b	2.13	2.50 a
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	1.37 b	1.76	1.47 b
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	2.07 a	1.63	2.10 ab
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	1.20 b	1.67	2.43 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 27 คะแนนการเปลี่ยนสีที่ผิดปกติของเนื้อผลภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 1, 4, 7 และ 11 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์การยอมรับ $\leq 25\%$)

Treatments	D1	D4	D7			D11				
ก. ห้องเย็นสวพ.1	1	4	4+4	7+1	7+5	7+7	11+1	11+3	11+5	11+7
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	1	1.10	1.10	1.03	1.40 c	2.13 b	1.00	1.13 c	1.60 b	1.60 c
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	1	1.00	1.00	1.03	1.43 c	2.40 b	1.10	1.53 bc	1.87 b	2.07 bc
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	1	1.00	1.00	1.07	2.70 b	4.70 a	1.00	1.87 b	1.77 b	2.47 b
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	1	1.00	1.10	1.03	1.87 bc	2.70 b	1.47	1.67 bc	1.73 b	2.57 b
T5_Untreated fruit	1	1.00	4.20	1.17	5.00 a		1.17	2.70 a	4.60 a	5.00 a

Treatments	D8		
ข. ห้องเย็นของบริษัท	8+1	8+5	8+7
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	1.30	2.30	3.57 ab
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	1.30	2.03	2.53 c
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	1.73	2.57	4.20 a
T4_T3+เติม SMS ~ 0.5%	1.63	2.47	3.43 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

8.3.2 การทดสอบแช่ HCl+SMS ในลำไยส่งออกในสถานประกอบการต้นแบบ

1) การทดสอบหาความเข้มข้นและวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม

พบว่ามีความแตกต่างของ SO_2 ทั้งผลไม่เกิน 50 ppm (ตารางที่ 28) การแช่ลำไยจาก จ.ตาก ผลขนาดใหญ่เกรด AA ความเข้มข้นต่ำ HCl 2.5%+SMS 0.5% (T1) และเติม SMS คั้น คือ T1+เติม SMS ~ 0.5% (T2) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.60 - 4.13 ppm เมื่อแช่ลำไย 500 ตะกร้า รวม 10 ครั้ง ทั้งสองกรรมวิธีไม่สามารถลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกได้ คะแนนมีค่าเกินเกณฑ์การยอมรับ 3.0 (ภาพที่ 5b) ผลของการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลไม่สอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ที่ใช้ลำไยไม่แก่จากสวนเกษตรกร จ.เชียงใหม่ มีขนาดผลเล็กกว่าเป็นเกรด A ที่ความเข้มข้นระดับนี้ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลและลดการเกิดสีเนื้อที่ผิดปกติได้ดี (ตารางที่ 26) ผู้ประกอบการจึงต้องเพิ่มความเข้มข้น พบว่า แช่ใน HCl 5% + SMS 0.5% (T4) และเติม SMS คั้น คือ T4+เติม SMS~0.5% (T6) ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีขึ้น (ภาพที่ 5b) ค่าตกค้างของ SO_2 ทั้งผลไม่เกิน 50 ppm การเติม SMS คั้นเมื่อแช่ซ้ำเพื่อป้องกันการสูญเสีย SO_2 ระหว่างการแช่ เมื่อแช่ซ้ำผ่านไป 3 ครั้ง แต่มีผลทำให้ค่า pH สารละลายสูงขึ้นจาก 0.31 เป็น 0.79 และค่าตกค้างสูงขึ้นจาก 1.72 เป็น 18.83 ppm (ตารางที่ 28-29)

ตารางที่ 28 ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างระหว่างการเก็บรักษาหลังแช่เสร็จนาน 2 วัน

6.1 ชุดที่ 1

Treatments	การตกค้างทิ้งผลของ SO ₂ (ppm)				
	การแช่ครั้งที่ 1	5	6	10	ค่าเฉลี่ย
T1_HCl 2.5%+SMS 0.5%	1.49	1.71	-	-	1.60
T2_T1+เติม SMS ~ 0.5%	-	-	1.71	6.55	4.13

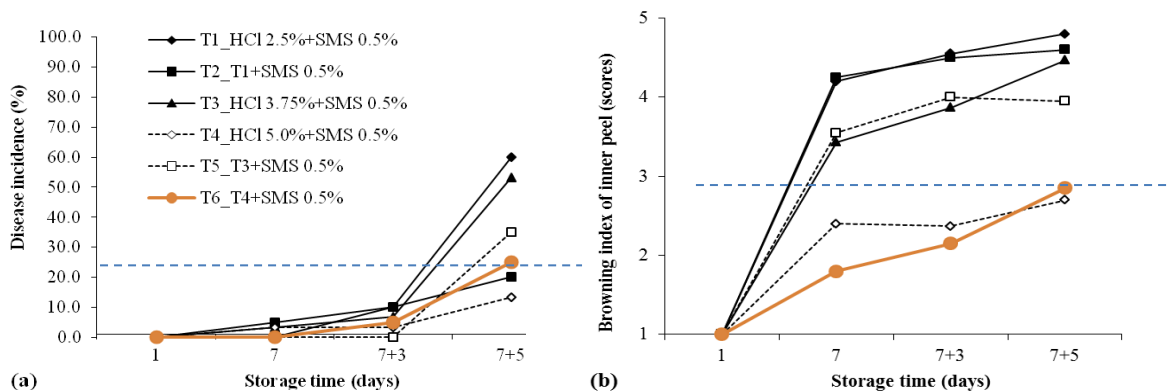
6.2 ชุดที่ 2

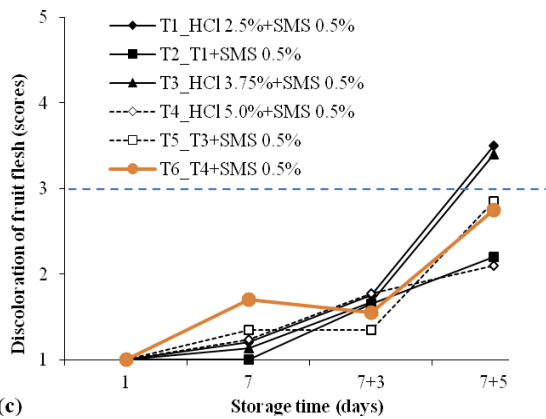
Treatments	การตกค้างทิ้งผลของ SO ₂ (ppm)					
	การแช่ครั้งที่ 1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
T3_HCl 3.75%+SMS 0.5%	2.75	1.51	1.56	-	-	1.94
T4_HCl 5.0%+SMS 0.5%	4.75	1.97	1.72	-	-	2.81
T5_T3+เติม SMS~0.5%	-	-	-	8.77	6.52	7.65
T6_T4+เติม SMS~0.5%	-	-	-	18.83	13.43	16.13

ตารางที่ 29 pH สารก่อนและหลังแช่

ถังแช่ที่	ก่อนแช่	หลังแช่1	หลังแช่2	ก่อนแช่ ^{1/}	หลังแช่3	หลังแช่4
1	0.47	0.43	0.41	0.79	0.80	0.74
2	0.37	0.34	0.31	0.72	0.70	0.70

^{1/}SMS ที่เติมอีก 0.5% (1.5 กก.) หลังแช่ครบ 3 ครั้ง ควรผสมในน้ำสะอาดปริมาตร 1 ลิตร





ภาพที่ 5 ผลของการทดสอบการแช่ในสาร HCl+SMS รวม 6 กรรมวิธี ได้แก่ ชุดที่ 1 และ 2 ต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค(a), การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านใน (b) และการเปลี่ยนสีของเนื้อที่ผิดปกติ (c) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 7 วัน+วางจำหน่ายนาน 1, 3 และ 5 วัน ตามลำดับ

2) การทดสอบแช่และวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม

การทดสอบแช่ใน HCl 5% + SMS 0.5% รวม 2 ถึง กับลำไยผลขนาดใหญ่และเปลือกบาง เกรด AA โดยแช่ซ้ำ 3 ครั้งๆ ที่ 1-3 และเติม SMS คั้นในครั้งที่ 4-5 พบว่าค่าตกค้างของ SO_2 ทั้งผลไม่เกิน 50 ppm (ตารางที่ 30) แต่การเติม SMS มีผลทำให้ค่าตกค้างสูงขึ้นสอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ โดยค่าเฉลี่ยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าสูงขึ้นจาก 1.70 เป็น 15.95 ppm และกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีค่าสูงขึ้นจาก 1.43 เป็น 22.48 ppm สอดคล้องกับค่า pH ของสารละลายที่สูงขึ้นเกิดจากต้องมีน้ำปริมาตร 10 ลิตร มาละลาย SMS น้ำหนัก 1.5 กก. (ตารางที่ 30-31) ส่วนด้านคุณภาพระหว่างการวางจำหน่ายภายหลังการเก็บรักษาที่ 5 °C, 65% RH นาน 4 วัน พบว่ามีอายุการวางจำหน่ายได้นาน 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อประเมินจากค่าการยอมรับไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ การเกิดโรคต่ำกว่า 25% คะแนนสีน้ำตาลและการเกิดสีเนื้อที่ผิดปกติต่ำกว่า 3.0 (ตารางที่ 32-34)

ตารางที่ 30 ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างระหว่างการเก็บรักษาหลังแช่เสร็จและเก็บรักษานาน 4 วันที่ 5 °C, 70% RH.

Treatments	การตกค้างทั้งผลของ SO_2 (ppm)					
	การแช่ครั้งที่ 1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
T1_HCl 5.0%+SMS 0.5% (I)	1.98	1.5	1.62	-	-	1.70
T2_T1+เติม SMS~0.5% (I)	-	-	-	21.99	9.91	15.95
T3_HCl 5.0%+SMS 0.5% (II)	1.16	1.59	1.54	-	-	1.43
T4_T3+เติม SMS~0.5%(II)	-	-	-	25.97	18.98	22.48

ตารางที่ 31 ค่า pH ของสารละลายก่อนและหลังแช่

Treatments	ก่อนแช่	หลังแช่ 1	หลังแช่ 2	หลังแช่ 3	ก่อนแช่ 4	หลังแช่ 4	หลังแช่ 5
T1_HCl 5.0%+SMS 0.5% (I)	0.31	0.25	0.21	0.19	-	-	-
T2_T1+เติม SMS~0.5% (I)	-	-	-	-	0.73	0.73	0.82
T3_HCl 5.0%+SMS 0.5% (II)	0.26	0.22	0.19	0.18	-	-	-
T4_T3+เติม SMS~0.5%(II)	-	-	-	-	0.72	0.75	0.80

ตารางที่ 32 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 4 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25-35°C) (เกณฑ์การยอมรับ $\leq 25\%$)

Treatments	D1	D4	D4+3	D4+5	D4+6
T1 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	0	0.00	6.67	6.67	16.67
T2 = T1+ เติม SMS 0.5%	0	0.00	0.00	10	20
T3 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	0	0.00	6.67	3.33	30
T4 = T3+ เติม SMS 0.5%	0	0.00	5.00	25	10
ค่าเฉลี่ย	0.00	0.00	4.59	11.25	19.17

ตารางที่ 33 คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของสีผิวเปลือกในภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 4 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์การยอมรับ ≤ 3.0)

Treatments	D1	D4	D4+3	D4+5	D4+6
T1 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	1	1.97	2.70	2.53	2.6
T2 = T1+ เติม SMS 0.5%	1	2.15	2.15	2.35	2.55
T3 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	1	2.53	2.80	3.03	3.63
T4 = T3+ เติม SMS 0.5%	1	1.95	2.35	2.4	2.7
ค่าเฉลี่ย	1.00	2.15	2.50	2.58	2.87

ตารางที่ 34 คะแนนการเปลี่ยนสีที่ผิดปกติของเนื้อผลภายหลังการแช่และเก็บรักษาผ่านไป 4 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C และย้ายมาวางจำหน่ายนาน 1-6 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (เกณฑ์การยอมรับ ≤ 3.0)

Treatments	D1	D4	D4+3	D4+5	D4+6
T1 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	1	1.33	1.80	2	2.1
T2 = T1+ เติม SMS 0.5%	1	1.55	1.45	2.1	2.45
T3 = HCl 5.0%+SMS 0.5%	1	1.43	1.53	1.9	2.7
T4 = T3+ เติม SMS 0.5%	1	1.85	1.95	2.5	2.65
ค่าเฉลี่ย	1.00	1.54	1.68	2.13	2.48

3) การทดสอบการส่งออก ผู้ประกอบการได้แช่ HCl 5%+SMS 0.5% แช่ซ้ำ และเติม SMS 0.5% คั้น และตัดข้าวบรรจุใส่กล่อง clamshell ภายหลังจากเก็บรักษาผ่านไป 4 วัน ที่ 5 °C และส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ ทางเครื่องบิน รวม 3-4 ครั้ง ช่วงเดือนธ.ค. 2562 โดยวางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า จำนวน 500-1,000 กก./ครั้ง ปริมาณ ~3,000 กก. พบว่า ครั้งที่ 1 พบว่าจำหน่ายหมดภายใน 1 วัน และผลการวิเคราะห์ SO₂ ทั้งผลที่ปลายทางพบมีค่าไม่เกิน 50 ppm ครั้งที่ 2 ส่งออกทางเครื่องบินจำนวน 1,000 กก. แช่และตัดข้าวบรรจุในกล่องทันทีในวันเดียวกันห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์และฟิล์มพลาสติกไว้ 1 คิน ที่ 5 °C พบมีปัญหาทำให้ไปเพิ่มความอับชื้นมีผลทำให้เปลือกเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลและมีการเกิดโรคทำลายซ้ำที่รอยแผลระหว่าง 20-30% ระหว่างการวางจำหน่าย การแก้ไขควรฝังไว้ในห้องเย็นนาน 1 คินและตัดผลในวันถัดไป ครั้งที่ 3 แก้ไขโดยการเพิ่ม SMS เป็น 1% คือ การแช่ HCl 5%+SMS 1% แช่ซ้ำได้หลายครั้งโดยไม่ต้องเติม SMS คั้น เก็บรักษาไว้ 1 คิน ที่ 5 °C และตัดซ้ำในวันถัดไป พบว่าสีผิวเหลืองสวยและมีค่า SO₂ ตกค้างทั้งผลไม่เกินมาตรฐานมีค่า 16.04 ppm และผลการทดสอบการส่งออกมีผลที่ดีขึ้นสามารถวางจำหน่ายได้นานขึ้นในห้างสรรพสินค้าภายในประเทศสิงคโปร์

การทดสอบการส่งออกทางเรือโดยใช้ตู้แบบสั้น 20 ฟุต รวม 2 ครั้ง ช่วงปลายเดือน ธ.ค. 2562 – ม.ค. 2563 โดยแช่ 2 วันๆ ละ 500 ต่กร้าจนเต็มตู้คอนเทนเนอร์มีค่า SO₂ ตกค้างทั้งผลไม่เกินมาตรฐานมีค่า 11.74 ppm ใช้เวลาเดินทางนาน 12 วัน โดยลดความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ให้ต่ำลงโดยการเปิดช่องระบายอากาศ (Vent) ให้มากขึ้น ช่วยลดปัญหาเรื่องสีผิวได้ สีผิวเปลือกมีตำหนิสีคล้ำและเปลือกมีรอยแตกในบางผลประมาณ 3% แต่ยังสามารถวางจำหน่ายได้ ผู้บริโภคภายในประเทศสิงคโปร์ และผู้นำเข้ายอมรับในคุณภาพลำไยจากประเทศไทย และผู้ประกอบการได้พัฒนาวิธีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

การทดสอบการส่งออกทางเรือโดยใช้ตู้แบบยาว 40 ฟุต รวม 2 ครั้ง ช่วงเดือนก.พ. 2563 เป็นต้นไป โดยแช่รวม 3 วันจนเต็มตู้คอนเทนเนอร์มีค่า SO₂ ตกค้างทั้งผลไม่เกินมาตรฐานมีค่า 24.80 ppm โดยลดความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ให้ต่ำลงโดยการเปิดช่องระบายอากาศ (Vent) ให้มากขึ้น ช่วยลดปัญหาเรื่องคุณภาพได้ สีผิวเปลือกมีตำหนิสีคล้ำและเปลือกมีรอยแตกในบางผลประมาณ 3% แต่ยังสามารถวางจำหน่ายได้

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

9.1 วิธีการรม SO₂ 1.5% +O₃ นาน 1 ชม., SO₂ 1.5%, HCl 5%+ SMS 1%, O₃ นาน 2 ชม.+SO₂ 1.5% และ SO₂ 1.5% + SMS pad ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาที่ 5°C, 90% RH + อายุการวางจำหน่ายได้ที่อุณหภูมิห้อง (25-35 °C) ได้นาน 40+5, 40+5, 40+5, 30+5 และ 30+<5 วัน ตามลำดับ วิธีที่มีความเป็นไปได้จะนำไปทดสอบใช้จริงในสถานประกอบการของผู้ส่งออก คือ การรม SO₂ 1.5% +O₃ นาน 1 ชม. และการแช่ HCl 5%+ SMS 1% ไปใช้แก้ไขปัญหาซึ่งตรวจพบค่าการตกค้างคำนวณค่าทั้งผลต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประเทศสิงคโปร์กำหนดต่ำกว่า 50 ppm

9.2 การทดสอบการลดสาร SO₂ ตกค้างด้วยการรมด้วยก๊าซโอโซน (O₃) รวม 3 ครั้ง โดยใช้เครื่องผลิตโอโซนกำลังการผลิต 10, 20 และ 30 กรัม/ชม. รมในตู้ขนาดต่างๆ ได้แก่ 0.432 ลบ.ม. (ความจุลำไย 4 ต่กร้า/ครั้ง) และ 1.44 ลบ.ม. (ความจุลำไย 12 ต่กร้า/ครั้ง) ด้วยระยะเวลารม O₃ นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชม. พบว่าความสามารถในการลดการตกค้างของ O₃ ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของลำไยที่รม SO₂ หากรมความเข้มข้น

สูงเกินค่าตกค้างในเนื้อผลจะเกิน 50 ppm เครื่องผลิต O_3 ที่ใช้จะลดได้เฉพาะที่เปลือกผล แต่ในเนื้อไม่สามารถลดได้ วิธีแก้ไขต้องเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซ O_3 โดยใช้เครื่องที่มีกำลังผลิตที่สูงขึ้นหรือลดปริมาณของตุ้มรมให้เล็กลงหรือเพิ่มเวลาการรมให้นานขึ้น

จากการทดลองพบว่าหากใช้ความเข้มข้นของ SO_2 ที่คำนวณให้เท่ากับ 13,000-15,000 ppm (1.3-1.5%) ตามคู่มือการปฏิบัติงาน (SOP) มาตรฐานมกษ. 1004: 2557 ลำไยที่ผ่านการรมจะมีค่าตกค้างในเนื้อผลไม่เกิน 50 ppm โดยการรม SO_2 1.5% + รม O_3 จากเครื่องที่มีกำลังการผลิต O_3 ที่ 30 กรัม/ชม. ในตุ้มรมขนาด 0.432 ลบ.ม. รม O_3 นาน 1-2 ชม. ช่วยลดสารตกค้างได้ทั้งในเปลือกและเนื้อได้ดี แต่หากลำไยรม SO_2 ด้วยความเข้มข้นสูงเกินมีผลค่าตกค้างในเนื้อผลเกิน 50 ppm ก๊าซ O_3 จะลด SO_2 ได้เฉพาะเปลือก ดังนั้นหากนำไปใช้เชิงการค้าต้องใช้เครื่องไอโซนที่มีกำลังผลิตที่สูงพอกับขนาดห้องรม ดังนั้นหากนำไปใช้เชิงการค้าห้องรมมีขนาดใหญ่มากปริมาณระหว่าง 25-70 ลบ.ม. (ความจุลำไย 200-700 ตะกร้า) จึงต้องใช้เครื่อง O_3 ที่มีกำลังผลิตที่สูงพอกับขนาดห้องรม การใช้เครื่องที่มีกำลังผลิตต่ำเกินไปกับขนาดห้องที่ใหญ่เกินไป เช่น ตุ้มรมที่มีปริมาตร 1.44 ลบ.ม. และใช้เครื่องผลิต O_3 ที่ 20 กรัม/ชม. มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการปลดสารตกค้างและลดการเกิดโรคระหว่างการวางจำหน่าย

9.3 การทดสอบวิธีการแช่ HCl 5.0% + SMS 1.0% นาน 5 นาที สามารถใช้ลดปัญหาสาร SO_2 ตกค้างร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับส่งออกประเทศสิงคโปร์ได้ และมีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 14 วันขึ้นไป ได้ทดสอบแช่ร่วมกันที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 และโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออก อ. จอมทอง จ.เชียงใหม่ จำนวน 2 และ 3 ครั้ง และทดสอบการส่งออก 5 ครั้ง พบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อการแช่ HCl+SMS หลายประการ ได้แก่ ผลลำไยที่มีความแก่ ขนาดผล และพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน ตลอดจนความเข้มข้นของสารละลายที่แช่ HCl 2.5-5.0%+SMS 0.5% และเติม SMS 0.5% คั้นกรณีแช่ซ้ำหลายครั้ง พบว่าการแช่ HCl 5%+SMS 1% นาน 5 นาที มีแนวโน้มปรับใช้วิธีการนี้ได้ในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาลำไยส่งออกประเทศสิงคโปร์ โดยตัดหัวเป็นลำไยผลเดี่ยวและบรรจุในกล่อง clamshell เเจาะรูความจุ 0.7-1.0 กก. ที่อุณหภูมิ 5 °C, 65% RH นานเพียงพอที่จะขนส่งและวางจำหน่ายรวมระยะเวลา 14 วัน สนิทเปลือก สีเนื้อที่ผิดปกติ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และค่าไม่เกินมาตรฐานพบค่า SO_2 ทั้งผลระหว่าง 11.74 – 24.80 ppm ขณะที่ผลลำไยรม SO_2 1.5% (วิธีทางการค้า) และไม่แช่สารมีค่า SO_2 ตกค้างทั้งผลเท่ากับ 152.15 และ 1.62 ppm โดยลำไยไม่แช่สารวางจำหน่ายได้นานเพียง 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25-35 °C)

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 ประเทศสิงคโปร์มีปริมาณการนำเข้าลำไยจากประเทศไทยปริมาณ 4 - 5 พันกว่าตัน/ปี และลดลงอย่างมากในปัจจุบันตามสถานะเศรษฐกิจที่ถดถอย ข้อกีดกัน และสงครามทางการค้า วิธีการแช่ HCl 5% + SMS 1% นาน 5 นาที สามารถใช้เป็นวิธีทางการค้าและพัฒนาวิธีการใช้เพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นได้ในอนาคต แต่ขั้นตอนปฏิบัติงานค่อนข้างยุ่งยาก ได้แก่ การคัดเลือกผลลำไยจากสวนเกษตรกรต่างพื้นที่กันมีผลต่อสีผิว หากลำไย จ.ตากใช้เวลาเดินทางนานขึ้นมาถึงเชียงใหม่ก็ยิ่งเสี่ยง ควรแช่ทันทีในกลางคืน ลำไยในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ การป้องกันผลแตกต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไว้ 1 คืนหากแช่ช่วงเช้า หรือเก็บรักษาอย่างน้อย 4-5 ชม. ลดผล

แตกได้หากแช่กลางคืน โดยส่วนมากนิยมแช่กลางคืน ผู้ปฏิบัติงานควรแต่งตัวให้รัดกุมสวมเสื้อแขนยาว ใส่หน้ากากกันแก๊ส ถุงมือยาง รองเท้าบูท ระวังความปลอดภัยการดูดกรดลงในน้ำ และควรใช้ SMS ไม่เกิน 1% การแช่สามารถแช่ซ้ำได้ 10 ครั้งอาจจะเพิ่มได้ ผึ่งลำไยไว้ 3 ชม. และเก็บรักษาต่อในห้องเย็นอีก 1 คืน ช่วงเช้าจึงตัดข้าวบรรจุในกล่อง clamshell ใช้เวลานานพอสมควร และมีต้นทุนรวมการส่งออกทางเครื่องบิน 80 บาท/กก. แต่จำหน่ายได้ราคาสูงถึง 100-150 บาทที่ปลายทาง หากส่งทางเรือเป็นผู้ส่งออกได้ต้นทุนรวมจะต่ำลงเหลือ 69 บาท/กก. หากใช้วิธีแช่ในถังพลาสติกรวม 10 ถังจะได้ 500 ตะกร้า/วัน ต้นทุนแรงงานสูงขึ้น หากในอนาคตใช้เครื่องแช่ลิ้นจี่ที่มีความยาวสามารถแช่ได้ครั้งละ 25 ตะกร้าต่อครั้ง จะช่วยลดต้นทุนแรงงานได้มากขึ้น และวิธีนี้ การแช่ HCl 1-3%+SMS 1% ยังสามารถพัฒนาการแช่กับลิ้นจี่ส่งออกได้เช่นเดียวกัน

10.2 การวิจัยเพื่อการแก้ไขปัญหาการตกค้าง SO_2 ขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่กำหนดโดยประเทศปลายทางเป็นหลัก แต่ละประเทศกำหนดค่าไม่เท่ากัน สามารถเลือกวิธีสำหรับใช้ทดสอบการยืดอายุให้ตกค้างไม่เกินได้ เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีนกำหนดไม่เกิน 50 ppm ในเนื้อผล สามารถรม SO_2 ให้มีความเข้มข้น 1.3-1.5% ได้ตามวิธีปัจจุบัน มกษ.1004-2557 หากปฏิบัติตามค่าตกค้างในเนื้อไม่เกิน 50 ppm การประยุกต์ใช้โอโซนกับการรมสามารถทำได้เพราะโอโซนช่วยฟอกสีผิวให้ใสขึ้น ช่วยลดค่าการตกค้างในผลและลดการเกิดโรคได้ดีขึ้น แต่ต้องทดสอบความเป็นไปได้เพราะต้นทุนเครื่องสูง เครื่องผลิตโอโซนที่ผลิตทางการค้ายังมีกำลังผลิตที่ต่ำ หากทดสอบใช้รมห้องรมลำไยการค้าที่มีปริมาตร 40-60 ลบ.ม.จะต้องใช้เครื่องที่มีกำลังผลิตสูงมากๆ ซึ่งหายากและราคาสูง การทดสอบต้องคำนึงถึงความคุ้มค่า จึงแก้ไขปัญหาด้วยการรมในตูรมโอโซนขนาดเล็กก่อนด้วยโอโซนกำลังการผลิตไม่เกิน 30 กรัมต่อชั่วโมงก่อนขยายผลต่อไป เวลารมโอโซนที่เหมาะสมควรไม่เกิน 1-2 ชม./ครั้ง หากใช้เครื่องที่มีกำลังผลิตสูง 100-500 กรัม/ชม. ต้นทุนโดยประมาณสูงถึง 200,000 –1,000,000 บาท แต่สามารถหาเช่าเครื่องมือของบริษัทได้แต่มีต้นทุนการทดสอบต่อครั้งสูง หากทดสอบใช้ต้องวัดความเข้มข้นของแก๊สภายในห้องรมด้วย และต้องควบคุมการรั่วไหลของแก๊สเพื่อความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน

11. คำขอบคุณ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ทุกคน และผู้ประกอบการและพนักงานทุกคนของโรงคัดบรรจุลำไยบริษัทหวนเชิงเพชรพรุฑ์ จำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ที่สนับสนุนการทดสอบลำไยในการแช่ HCl+SMS ที่โรงคัดบรรจุ และทดสอบการส่งออกประเทศสิงคโปร์จนประสบความสำเร็จ และผู้ประกอบการลำไยทุกท่าน และงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ผศ.ดร.กานดา หวังชัย คณะวิทยาศาสตร์ ม.เชียงใหม่ที่สนับสนุนเครื่องอบโอโซนสำหรับการศึกษาวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์ และงบวิจัยเพิ่มเติมจากผอ.กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สวพ.1 ที่สนับสนุนให้งานวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ แก้ไขปัญหาการส่งออกประเทศสิงคโปร์ได้

12. เอกสารอ้างอิง

- ณัฐนัย ตังมั่นคงวรกุล และวิทยา อภัย. 2560. การทดสอบความเข้มข้นของ SO_2 ที่เหมาะสมในการรมลำไย ร่วมกับการใช้แผ่นระเหยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์. รายงานผลงานวิจัยการทดลองสิ้นสุดประจำปี 2560.
- บุษรา จันทร์แก้วมณี, สมคิด รื่นภาคภูมิ, เกரியงไกร สุภโตษะ, อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, ปริญานุช ทิพย์วัฒน์ และรุ่ง ทิวา รอดจันทร์. 2550. รายงานผลวิจัยเรื่องเติม การศึกษาบรรจุภัณฑ์เคลือบด้วยสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสด. สนับสนุนโดยเงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 หน้า.
- สฤติย์พงศ์ รัตนคำ, วิทยา อภัย, สมเพชร เจริญสุข, เกரியงศักดิ์ นักผูก, สนอง อมฤกษ์ และชัยวัฒน์ เผ่าสันทัต พาณิชย์. 2560. การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ผสมกรดเกลือ (HCl) ทดแทนการรมควันด้วย SO_2 . รายงานผลงานวิจัยการทดลองสิ้นสุดประจำปี 2560.
- สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง และวิทยา อภัย. 2561. การทดสอบประสิทธิภาพการใช้คลอรีนไดออกไซด์ และก๊าซบาง ชนิดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย. รายงานผลงานวิจัยการทดลองสิ้นสุดประจำปี 2561.
- วิทยา อภัย, สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง และสมเพชร เจริญสุข. 2559. ผลของกรดไฮโดรคลอริกร่วมกับวิธีการอื่นต่อการลดปัญหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยส่งออก. *ว. วิทย์. กษ.* 47 : 3 (พิเศษ) : 345-348.
- วราพรรณ กันคำ. 2556. การรมไอโซนเพื่อลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง และการควบคุมโรคหลังเก็บเกี่ยวของผลลำไยสด.วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 119 หน้า.
- AOAC. 2016. *Sulfites in Food Optimized Monier – Williams Methods*, Vol.2, Ch. 47, Official Method 990.28, Section 47.3.43. In Official Method of AOAC, 17th edition.
- Apai, W., Klongdee, H., Sukhvibul, N., Noppakoonwong, U., Lim, S.S., Luk, S.C., Tan, S.C.A., Neo, S.Y., Khoo, G.H., Ch'ng, A.L., Amareok, S., Rattanakam, S. and Sardud, V. 2015. Study on the feasibility of use of hydrochloric acid as an alternative to sulphur dioxide for preserving longan. *Food and Applied Bioscience Journal*. 3 (3): 193–205.
- Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. Available [online] <http://www.rirde.gov.au/reports/NPP/03-125Sum.html>[cited [25 December 2019].
- Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan. *Food Chem.* 73:39-143.
- Taimaneerak, A., Uthaibutra, J., Sugaya, S., Kunkhum, W. and Whangchai, K. 2018. Ozone fumigation on sulfur dioxide treated longan for sulfur residue reduction and delaying of pericarp browning as well as disease control in longan fruit during storage. *Food and Applied Bioscience Journal* 6 (Special issue): 240–252.

- Tongdee, S.C. 1994. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. pp. 186-195. In: Postharvest Handling of Tropical Fruit. ACIAR Proceedings, vol. 50, Chang Mai, Thailand, July 19–23, 1993.
- Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Photchanachai, S. and Ieamtim, P. 2010. Combined treatments of sulfur dioxide and polyethylene bag on the quality and disease incidence in gamma irradiated longan fruit. *Acta Hort. (ISHS)* 877:1489-1494

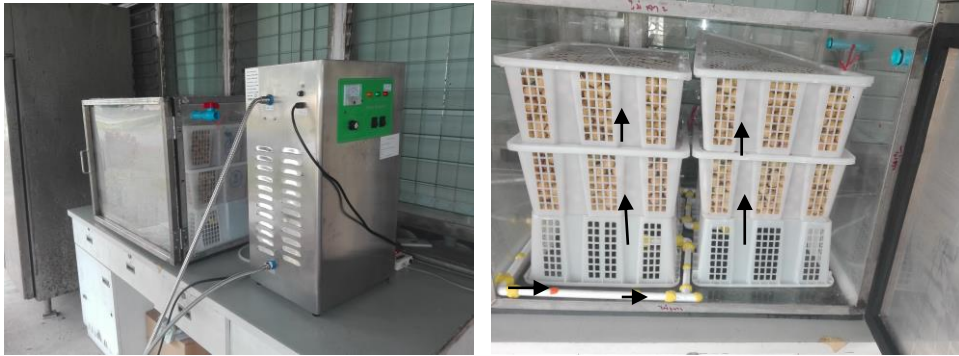
13. ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย

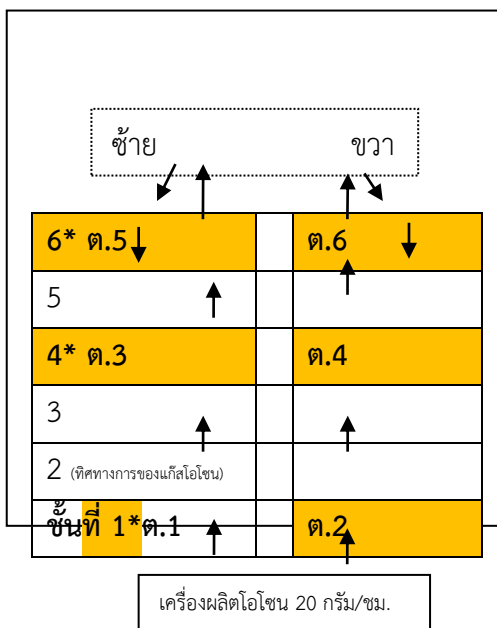
ประเทศ	ปริมาณสูงสุดของสารตกค้างยอมให้ตรวจพบ (ppm)	ระยะเวลาขนส่งทางเรือ (วัน)
สิงคโปร์	50 (ค่าทั้งผล)	5-7
จีน	50 (ในเนื้อผล, พิธีสารประเทศไทย/จีนปี 2547)	7-10
มาเลเซีย	30 (ในเนื้อผล)	3
Codex	50 (ค่าทั้งผล)	-
แคนาดา	0	30
อินโดนีเซีย	ไม่ตรวจ	7-10
เวียดนาม	ไม่ตรวจ	2-3
ฝรั่งเศส	10 (ในเนื้อผล) 350 (ในเปลือกผล)	25-28
สหรัฐอเมริกา	10 (เฉพาะผลอ่อน)	28-30

ตารางที่ 2 pH ของสารละลายก่อนและหลังการแช่ HCl 2.5%+SMS 0.5% แช่ซ้ำ 5 ครั้ง และเติม SMS เพิ่มก่อนแช่ซ้ำอีก 5 ครั้ง (การทดลองที่ 8.3.2)

ถังแช่ที่	ก่อนแช่	หลังแช่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.76	0.41	0.35	0.37	0.85	0.86	0.73	0.49	0.45	0.72	0.72
2	0.72	0.43	0.41	0.38	0.84	0.87	0.75	0.51	0.46	0.74	0.72
3	0.73	0.45	0.39	0.41	0.86	0.87	0.79	0.54	0.48	0.78	0.76
4	0.70	0.41	0.40	0.39	0.85	0.82	0.70	0.52	0.45	0.69	0.67
5	0.66	0.43	0.39	0.38	0.87	0.81	0.72	0.5	0.45	0.69	0.68
6	0.62	0.39	0.38	0.35	0.86	0.83	0.70	0.47	0.44	0.7	0.68
7	0.52	0.37	0.35	0.32	0.80	0.77	0.65	0.47	0.40	0.71	0.64
8	0.51	0.41	0.40	0.36	0.81	0.79	0.67	0.51	0.46	0.7	0.65
9	0.47	0.39	0.36	0.33	0.80	0.81	0.67	0.46	0.17	0.68	0.64
10	0.46	0.35	0.35	0.31	0.79	0.77	0.65	0.44	0.43	0.67	0.62



ภาพที่ 1 การรมโอโซนด้วยเครื่องกำลังการผลิต 30 กรัม/ชม. หลังรม SO₂ เข้มข้น 1.5% โดยรม 3-4 ตะกร้าต่อครั้ง ห้องรมขนาดเล็กมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง = 0.90x0.60x0.80 เมตร คิดเป็นปริมาตรเท่ากับ 0.432 ลบ.ม. ทำจากอะคริลิกใสหนา 5 มม. โครงเหล็กขอบประตูมียางกันแก๊สรั่ว มีจุดเชื่อมเป็นท่อพีวีซีเป็นท่อนำแก๊สโอโซนและมีท่อกระจายแก๊สอยู่บริเวณใต้พื้นตะกร้า 2 จุด (→)



ภาพที่ 2 กลุ่มที่ 1 รม SO₂ ทางการค้า+รม O₃ ในตู้อบโอโซน นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. ในตู้อบรมโอโซนรวม 12 ตะกร้าจัดวางซ้อนกันสองฝั่งละ 6 ตะกร้า ใช้ตำแหน่งตะกร้าเป็นซ้ำ รวม 6 ซ้ำ (ตะกร้าที่ ต.1-6)

ต.5	ต.6
ต.3	ต.4
ต.1	ต.2



ภาพที่ 3 กลุ่มที่ 2 รม SO_2 ทางการค้า+ไม่รม O_3 แต่ใช้พัดลมอุตสาหกรรม 2 ตัวเป่าที่ตะกร้าลำไย นาน 0, 1, 2 และ 4 ชม. รวม 6 ตะกร้าจัดวางบนพาเลทในแนวราบ รวม 6 ชั้น (ตะกร้าที่ ต.1-6)



ภาพที่ 4 กระบวนการแช่กรด $\text{HCl} + \text{SMS}$ ผลผลลำไยก่อนแช่และหลังแช่ ผึ่งให้แห้งนาน 2 h การตัดขั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 cm ใส่กล่อง clamshell ความจุ 0.7-1.0 กก. ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 จะได้เฉลี่ย 8-10 กล่องต่อตะกร้า จำลองสภาพการเก็บรักษาขณะขนส่งไปประเทศสิงคโปร์ในห้องเย็นอุณหภูมิ 5°C นาน 7 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ $25-35^\circ\text{C}$ นาน 1 3 และ 5 วัน (การทดลองที่ 8.3.1)



ภาพที่ 5 การทดสอบแช่ที่โรงคัดบรรจุบริษัทห้วยหวนเชิงเพชร จำกัดเป็นสถานที่แช่เป็นที่โล่งแจ้งอากาศถ่ายเทดี กันฝนได้ ผู้ปฏิบัติงานแต่งกายป้องกันสารเคมี แช่ HCl 2.5-5.0%+SMS 0.5-1.0% แช่ครั้งละ 4-5 ตะกร้า/ถัง กระบะ และผึ่งนานให้แห้งสนิทด้วยพัดลมอุตสาหกรรมนาน 2-3 h สุ่มลำไยแบบ composite sample 5 ตะกร้า/ครั้งที่แช่/ตัวอย่าง และสีผิวลำไยที่แช่วันแรก และส่งออกถึงปลายทางประเทศสิงคโปร์

Determination of Sulphur Dioxide (Longan)

Steps:

1. Record weight of 20 pcs whole fruit, skin, flesh and seed

สุ่มผลลำไยจำนวน 20 ผล ชั่งน้ำหนักทั้งผล แยกเปลือก เนื้อ และเมล็ด

2. Carry out SO₂ analysis for:

Skin and Flesh (Blended together)

เปลือกและเนื้อมาบด แบ่งชั่งน้ำหนัก 50 กรัม ± 0.5

3. Using the calculation, the SO₂ present in the whole fruit is :

$$\text{Amount of SO}_2 \text{ in whole fruit} = \frac{\text{Result of Blended Skin \& Flesh (ppm)} \times \text{Weight of Skin (g) + Flesh (g)}}{\text{Weight of Whole Fruit (g)}}$$

Longan	Weight (g)
Whole Fruit	180.57
Seed	33.86
Skin	27.68
Flesh	118.87

V HCl (ml) : 10.00

N HCl : 0.0100

V NaOH
(ml) : 10.10

N NaOH : 0.0099

Application No.	Spl Info	Sample wt (g)	V _{NaOH} for SO ₂ (ml)	SO ₂ (ppm)	Conversion to whole fruit (ppm)
33-2015-07-3585	Skin + Flesh	50.46	23.70	149	120.93

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างทั้งผลของประเทศสิงคโปร์โดยห้องปฏิบัติการของ Agri-Food & Veterinary Authority (AVA)