

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชื่อชุดโครงการ วิจัยและพัฒนาลำไย
2. ชื่อโครงการ พัฒนาเทคโนโลยีการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเพื่อการส่งออก
กิจกรรมที่ 1 วิธีการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ตกค้างในลำไยส่งออก
3. ชื่อการทดลอง การทดสอบความเข้มข้นของ SO₂ ที่เหมาะสมในการรมลำไยร่วมกับการใช้แผ่นระเหยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

The Suitable Concentration Testing on the Application of Longan Fumigated Sulfur Dioxide incorporated with Sodium Metabisulfite Generating Sheets.
4. คณะทำงาน
หัวหน้าการทดลอง นายณัฐชัย ตังมั่นคงวรกุล สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1
ผู้ร่วมงาน วิทยา อภัย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1

5. บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ปกติลำไยมีการเน่าเสียในเวลาอันสั้น จึงใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รมลำไยเพื่อให้สีผิวเปลือกสวยและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ในปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบที่เข้มงวดในการจำกัดค่าการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในลำไยนำเข้า ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเพื่อการส่งออกโดยใช้แผ่นระเหย หลังรมลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นำแผ่นระเหยระเหยยี่ห้อ Uvasys[®] ขนาด 260x440 มิลลิเมตร (ชนิด Dual phase) ประกอบกับแผ่นกระดาษซับที่ขูดแล้ววางไว้ด้านบนและด้านล่างของภายในลำไย จากนั้นคลุมทั้งตะกร้าด้วยถุงพลาสติกชนิด Linear Low density polyethylene (LLDPE) เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร และนำตะกร้าลำไยไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การทดสอบความเข้มข้นของการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับการใช้แผ่นระเหยผลิตจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยตรวจปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยและอายุการเก็บรักษา ผลการทดสอบ พบว่า วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา คือ การรมควันทซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่จำหน่ายยี่ห้อ Uvasys[®] ยืดอายุได้นาน 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

Abstract

Longan is an important exporting fruit for Thailand. Normally, the longan is very short shelf life due to fruit rot. Sulfur dioxide fumigation has been commercially used to bleach the brighter yellow peel color and thus extend the shelf life for longan. At present, the imported countries have restricted the rules to limit the amount of sulfur dioxide residue in the imported longan. Therefore, development technologies to reduce sulfur dioxide residue in the exporting fresh longan incorporated with SO₂ generated pads

was needed. After fumigation with sulfur dioxide, a sulfur dioxide generating sheet with dual phase type (260x440 mm.) (Uvasys®) was put on a sheet of tissue paper and then inserted the top and the bottom of position inside longan basket. After that, the whole basket was covered with the perforated linear low density polyethylene (LLDPE) bag with the size of 0.3 cm Ø hole. They were stored at 5 °C. The suitable concentration of sulfur dioxide is tested cooperate with sodium metabisulfite generating sheets for determination of the sulfur dioxide residue in longan was carried out. The results found that the appropriate method for extend the shelf life was sulfur dioxide fumigation with the concentration at 1.3% incorporated with Uvasys® generating sheets could extend the shelf life for 30 days when kept at 5 °C.

6. คำนำ

ลำไย (Longan) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญที่จัดอยู่ในกลุ่มสินค้าเพื่อการส่งออก โดยลำไยสดส่วนใหญ่จะส่งออกไปยังประเทศจีน อินโดนีเซีย และเวียดนาม และคู่แข่งที่สำคัญในการผลิตลำไย คือ เวียดนาม และจีน สำหรับประเทศไทยพื้นที่การผลิตลำไยอยู่ในเขตภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย และตาก เป็นผลผลิตลำไยทั้งในและนอกฤดู ส่วนภาคตะวันออก ได้แก่ จันทบุรีซึ่งเป็นผลผลิตลำไยนอกฤดูเท่านั้น โดยพันธุ์ส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์อีตอ ลำไยในภาคเหนือออกสู่ตลาดช่วงกลางเดือนกรกฎาคม และออกสู่ตลาดมากที่สุดในเดือนสิงหาคมของทุกปี ในปี 2557 มีปริมาณการส่งออกลำไยสด 357,185 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,934 ล้านบาท ปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบในการนำเข้าลำไย เช่น จีน กำหนดให้ลำไยต้องมาจากแปลงที่ได้รับการรับรอง GAP และโรงคัดบรรจุ/โรงงานต้องได้รับการรับรอง GMP/GFP ต้องมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในเนื้อลำไยไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโรงงานต้องมีการจัดทำเอกสาร Standard Operating Procedure (SOP) สำหรับการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน มกษ 1004-2557 ลำไยมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2-3 วันสีผิวเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสียง่าย จึงมีการรมลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อให้สีผิวเปลือกสวยและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ปัญหาที่พบ คือ พบค่าตกค้างเกินมาตรฐานที่ปลายทางและผลลำไยรมกำมะถันความเข้มข้นสูง และเก็บบรรจุในตะกร้าพลาสติกส่งทางเรือพบปัญหาการสูญเสียน้ำหนักและเนื้อยุบตัวลงทำให้อายุการวางจำหน่ายที่ปลายทางสั้นลง และพบว่าการลดการตกค้างหลังรมควันทันที ได้แก่ การเป่าบำบัด การล้างน้ำ โอโซน น้ำเกลือ น้ำคลอรีนสามารถลดการตกค้าง SO₂ ได้เฉพาะเปลือกเท่านั้นแต่เนื้อผลยังขาดวิธีการที่มีประสิทธิภาพ การรมก๊าซโอโซนนาน 1 ชั่วโมงขึ้นไปหลังการรมก๊าซ SO₂ ลดการตกค้างในเนื้อได้ การใช้ก๊าซ SO₂ ปริมาณ 0.4% จากถังก๊าซโดยตรง ช่วยลดการตกค้างในเนื้อผลได้แต่มีต้นทุนสูงถึง 13,000 บาท/ถัง การใช้แผ่นระเหยก๊าซ SO₂ (SO₂ generated pad) ที่ใช้รมผลก่อนเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจจลดการตกค้างของ SO₂ ได้ การรมก๊าซ SO₂ โดยเผาผงกำมะถันแบบเดิมที่ใช้ปริมาณกำมะถันต่ำ 1 ครั้ง และใช้แผ่นในถุงพลาสติกเจาะรูแพคใส่ตะกร้าก่อนส่งออก ช่วยลดการเน่าเสีย ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และเพิ่มอายุการวางจำหน่ายที่ปลายทาง

การศึกษาโดย Uthairatanaki *et al.* (2010) พบลำไยการรมผลลำไยจากเชียงใหม่ และบรรจุในกล่องกระดาษ (cardboard box) บุด้วยฟิล์ม polyethylene bag (PE) นำไปใส่แผ่นระเหยแบบ dual phase จำนวน 2-3 แผ่น (dual release sulfur dioxide (DRSD) pads) เปรียบเทียบกับลำไยไม่ใช้แผ่นระเหยและไม่บุพลาสติก และทุกกรรมวิธีผ่านการฉายรังสีแกมมาฆ่าแมลง โดยจำลองสภาพขนส่งทางเรือไปประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีคุณภาพดินาน 30 วันที่ 2 องศาเซลเซียส และการตกค้างในเปลือกลดลงและไม่พบสาร SO₂ ในเนื้อผล ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและรักษาค่าความหวาน (% brix)

การศึกษามลร่วมระหว่างการใช้ SO₂ แบบ slow release กับถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ต่อการควบคุมโรคเน่าของลำไยซึ่งเป็นปัญหาสำคัญสำหรับส่งออกทางเรือ จำนวน 2-3 แผ่นต่อถุงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 95% RH นาน 28 วันพบว่าลำไยที่บรรจุในถุงแอคทีฟ (active packaging) ร่วมกับ SO₂ grape guards จำนวน 3 แผ่น/ถุง สามารถชะลอการเกิดโรคผลเน่าได้ดี โดยมีการเกิดโรคผลเน่าเท่ากับ 11.42 % และสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกได้ดีที่สุด ตลอดจนมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มโพลีโพรพิลีน (PP) (ผ่องเพ็ญ และอภิรดี, 2550)

การศึกษาการใช้วัสดุให้สาร SO₂ ในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสด พบว่าวิธีการที่ใช้แผ่นวัสดุสำเร็จรูป UVASYS[®] และวิธีการใช้แผ่นกระดาษซึบสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) เข้มข้น 17% พบการตกค้างที่เปลือกต่ำกว่าวิธีการใช้ถุงผ้าบรรจุ KMS ปริมาณ 10 กรัม และวิธีรมควันทางการค้า พบว่าผลลำไยรมควันทางการค้ายังมีคุณภาพดีกว่าลำไยใช้แผ่นระเหยอย่างเดียว ผลลำไยที่ใช้วัสดุให้สาร SO₂ มีคุณภาพดินาน 13-25 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับรมควันทางการค้าอย่างเดียวยังมีคุณภาพดินาน 29 วัน จึงพบว่าการใช้วัสดุให้สารอย่างเดียวพบการตกค้างต่ำกว่าและมีอายุสั้นกว่าวิธีการรมควันอย่างเดียว หากสามารถนำมาปรับใช้แบบผสมผสานกันได้โดยรมควันด้วยความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นระเหยที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพดียิ่งและการยอมรับด้านคุณภาพและเทคโนโลยียังต้องศึกษาต่อไป (บุษรา และคณะ, 2550)

การใช้แผ่นระเหยร่วมกับการรม SO₂ จึงน่าสนใจนำมาใช้ทดสอบลดการตกค้างลำไยส่งไปต่างประเทศได้ โดยทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาและการตกค้างเปรียบเทียบกับวิธีทางการค้า และการยอมรับของผู้บริโภค

7. วิธีดำเนินการ

- สารเคมี

1. แผ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำเร็จรูป ชนิด Sulphur Dioxide Generating Sheets (UVASYS[®]) ขนาดกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร

2. แผ่นระเหยทำเอง โดยใช้กระดาษจุ่มสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ KMS) ที่ระดับความเข้มข้น 1.7×10^5 มิลลิกรัมต่อลิตร ขนาด 17 X 26 ซม.

3. กำมะถันผง

- อุปกรณ์

1. ตู้ดูดควัน (Hood)

2. ลำไยสด พันธุ์อีดอ

3. แผ่นระเหยขนาด 260 x 440 มิลลิเมตร (ชนิด Dual phase)
 4. ยี่ห้อ UVASYS® แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550)
 5. ตะกร้าขาว ขนาดบรรจุลำไย 11.5 กิโลกรัม ขนาดตะกร้า (34 X 48 X 16.5 เซนติเมตร)
 6. ถุงพลาสติกชนิด LLDPE (Linear low density polyethylene) ขนาด 30 X 21 นิ้ว เจาะรู
 7. ห้องรมควัน
 8. ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
 9. ชุดวิเคราะห์ SO₂ ตกค้าง
 10. เครื่องวัดสี
 11. เครื่องชั่ง
- วิธีการ แบ่งเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

7.1 การทดสอบความเข้มข้นของการรมควันร่วมกับการใช้แผ่นระเหยผลิตจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ต่อการตกค้างของ SO₂ในลำไยส่งออก

การทดลองแบบ 3x2 Factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำ โดย ปัจจัยที่ 1 อัตรา SO₂ ที่ใช้รม 3 อัตรา ได้แก่ 1.5, 1.3 และ 1.0% (ความเข้มข้นตาม S-Table) และปัจจัยที่ 2 แผ่นระเหยขนาด 260x440 มิลลิเมตร สำหรับตะกร้า 11.5 kg ได้แก่ ไม่ใส่ และแบบใส่แผ่น กรรมวิธีมี 6 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 (Tr.1)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.5% + ไม่ใส่แผ่นระเหย (No pad)
กรรมวิธีที่ 2 (Tr.2)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + ไม่ใส่แผ่นระเหย (No pad)
กรรมวิธีที่ 3 (Tr.3)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.0% + ไม่ใส่แผ่นระเหย (No pad)
กรรมวิธีที่ 4 (Tr.4)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.5% + ใส่แผ่นระเหย (Pad)
กรรมวิธีที่ 5 (Tr.5)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + ใส่แผ่นระเหย (Pad)
กรรมวิธีที่ 6 (Tr.6)	การรม SO ₂ ความเข้มข้น 1.0% + ใส่แผ่นระเหย (Pad)

เตรียมลำไยพันธุ์ดอกจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่ นำคัดผลเกรดเอบรรจุใส่ ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 กิโลกรัม จัดเรียงในห้องรมและรมกำมะถันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันของชิง ชิง ทองดีและคณะ (2541) คำนวณน้ำหนักกำมะถันตามมาตรฐาน มกษ. 1004-2557 รม SO₂ ความเข้มข้น 1.5 1.3 และ 1.0% จะมีน้ำหนักกำมะถันที่ใช้เท่ากับ 0.60 0.43 และ 0.34 กิโลกรัม ตามลำดับโดยใช้ห้องรมปริมาตร 18.696 ลบ.ม. รมครั้งละ 12 ตะกร้าใช้เวลารมนาน 60 นาที และดูดบำบัดนาน 30 นาที จากนั้นนำออกจากห้องรมมาเป่าบำบัดด้วยพัดลมอุตสาหกรรมนาน 30 นาทีเท่ากันหลังรมควันนำมา บรรจุใส่ตะกร้าที่รองพื้นด้วยแผ่นระเหยระเหยยี่ห้อ Uvasys® ขนาด 260x440 มิลลิเมตร (ชนิด Dual phase) จำนวน 2 แผ่นต่อตะกร้าโดยวางไว้ด้านบนและด้านล่างประกบกับแผ่นกระดาษซับที่ขูดจากนั้น สวมทั้งตะกร้าด้วยถุงพลาสติกชนิด Linear Low density polyethylene (LLDPE) เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และนำตะกร้าลำไยไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 85-90% RH แบ่งเป็นสองชุด ชุดแรกส่งแถบเอเชียสุ่มทุก 7 วันนานตั้งแต่วันที่ 1-28 วัน และชุดที่สองส่งออกไปยุโรปเก็บรักษานาน 28 วันจึงสุ่มทุก 7 วันจนครบ 42 วัน

การบันทึกข้อมูล สุ่มตัวอย่างมา 1.5 กิโลกรัม วิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ได้แก่

- การตกค้างของ SO₂ ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2012) และวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล
- ตรวจนับเปอร์เซ็นต์ผลดีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค
- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก
- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับโดยใช้ผู้บริโภคอย่างน้อย 10 คน ที่มีประสบการณ์ 2 ปีขึ้นไป

7.2 การทดสอบความเข้มข้นของการรวมควั่นร่วมกับการใช้แผ่นระเหยผลิตจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ต่อการตกค้างของ SO₂ ในลำไยส่งออก (ทดสอบซ้ำ)

การทดลองจำนวน 3 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธีดังนี้

- Tr.1 การรวม SO₂ ความเข้มข้น 1.5% + ไม่ใส่แผ่นระเหย (No pad)
- Tr.2 การรวม SO₂ ความเข้มข้น 1.3% + ไม่ใส่แผ่นระเหย (No pad)
- Tr.3 การรวม SO₂ ความเข้มข้น 1.5% + ใส่แผ่นระเหย (Pad)
- Tr.4 การรวม SO₂ ความเข้มข้น 1.3% + ใส่แผ่นระเหย (Pad)

เตรียมลำไยพันธุ์ตอจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำคัดผลเกรดเอบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 กิโลกรัม จัดเรียงในห้องรวมและรวมกำมะถันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันของชิงชิง ทองดีและคณะ (2541) คำนวณน้ำหนักกำมะถันตามมาตรฐาน มกษ. 1004-2557 รวบรวม SO₂ ความเข้มข้น 1.5 และ 1.3% จะมีน้ำหนักกำมะถันที่ใช้เท่ากับ 0.46 และ 0.41 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยใช้ห้องรวมปริมาตร 18.696 ลบ.ม. รวมครั้งละ 6 ตะกร้า ใช้เวลารวมนาน 60 นาที และดูดบำบัดนาน 30 นาที จากนั้นนำออกจากห้องรวมมาเป่าบำบัดด้วยพัดลมอุตสาหกรรมนาน 30 นาทีเท่ากัน หลังรวมวันนำมาบรรจุใส่ตะกร้าที่รองพื้นด้วยแผ่นระเหยระเหยยี่ห้อ Uvasys® ขนาด 260x440 มิลลิเมตร (ชนิด Dual phase) จำนวน 2 แผ่นต่อตะกร้าโดยวางไว้ด้านบนและด้านล่างประกบกับแผ่นกระดาษซับที่ซูดจากนั้นสวมทั้งตะกร้าด้วยถุงพลาสติกชนิด Linear Low density polyethylene (LLDPE) เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และนำตะกร้าลำไยไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและ 85-90% RH นาน 11 วัน จากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-35 องศาเซลเซียส) นาน 12 วัน

การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่

- สุ่มมา 1 กิโลกรัมต่อตะกร้า ตรวจการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2012) และวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล
- สุ่มมา 1 กิโลกรัมต่อตะกร้า ตรวจนับเปอร์เซ็นต์ผลดีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

7.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นระเหยที่เตรียมใช้เองกับแผ่นที่จำหน่ายทางการค้า

การทดสอบ แบบ Split plot มี 3 ซ้ำ โดย Main plot คือ วิธีการรวมลำไย 4 กรรมวิธี คือ T1, T2, T3 และ T4 ได้แก่

Tr.1 การรวมควัน SO₂ ความเข้มข้น 1.3%

Tr.2 การรวมควัน SO₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550)

Tr.3 การรวมควัน SO₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่จำหน่ายยี่ห้อ Uvasys®

Tr.4 รณกัมมะถันวิธีทางการค้า

Sub plot คือ อายุการเก็บรักษา 4 ระยะ คือ 0 10 30 และ 60 วัน ใช้ผลผลิตลำไยพันธุ์ต่อ 3 ซ้ำๆ ละ 11.5 กิโลกรัม (ตะกร้า)

วิธีการดำเนินการ

เตรียมลำไยพันธุ์ต่อจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำคัดผลเกรดเอบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติก 11.5 กิโลกรัม จัดเรียงในห้องรวมและรณกัมมะถันด้วยวิธีการเผาฟองกัมมะถันของซิง ซิง ทองดีและคณะ (2541) ในอัตราตามกรรมวิธี หลักรวมควันนำมาบรรจุใส่ฟิล์มพลาสติกชนิด Linear Low density polyethylene (LLDPE) เจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 cm บุกภายในตะกร้าใส่แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® ชนิด dual phase กับตะกร้า จำนวน 2 แผ่นต่อตะกร้า เปรียบเทียบกับแผ่นระเหยที่ทำขึ้นเองด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) เป็นแผ่นกระดาษซับจุ่มสาร SMS ที่ความเข้มข้น 17% ขนาด 26x44 cm จำนวน 2 แผ่นต่อตะกร้าจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและ 85-90% RH นาน 0 10 30 และ 60 วัน โดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วันก่อนตรวจสอบคุณภาพทุกครั้ง

การตรวจสอบคุณภาพ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพจำนวน 12 ตะกร้าต่อครั้ง ได้แก่

- การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2012) และวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล

- ตรวจนับเปอร์เซ็นต์ผลดี และผลเสีย คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า $L^* C^* h^{\circ}$) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เวลาและสถานที่ ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2558–กันยายน 2560 โดยดำเนินการที่

- กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 เลขที่ 80 หมู่ 12 ต.หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

- โรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของบริษัท อินเตอร์เฟรช จำกัด เลขที่ 293 หมู่13 ตำบลสบเตี๊ยะ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ 50160

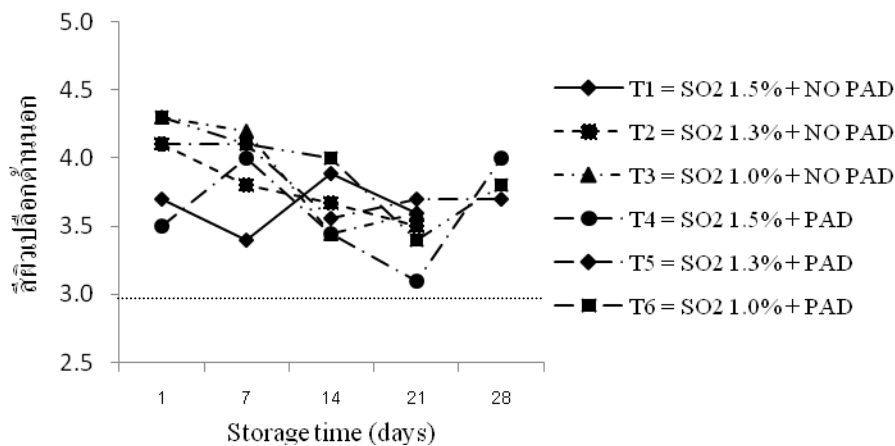
8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองเบื้องต้น โดยการทดสอบใช้แผ่นระเหยและฟิล์มพลาสติกพบว่าการใช้แผ่นระเหยชนิด dual phase ขนาด 260 x 440 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่นทั้งด้านบนและด้านล่างบนตะกร้ากับผลลำไยไม่ได้รับรวมควันร่วมกับการใช้คลุมตะกร้าด้วยถุงฟิล์มพลาสติก LLDPE เจาะรูมีการเน่าเสียจากเชื้อราต่ำกว่าทุกกรรมวิธี

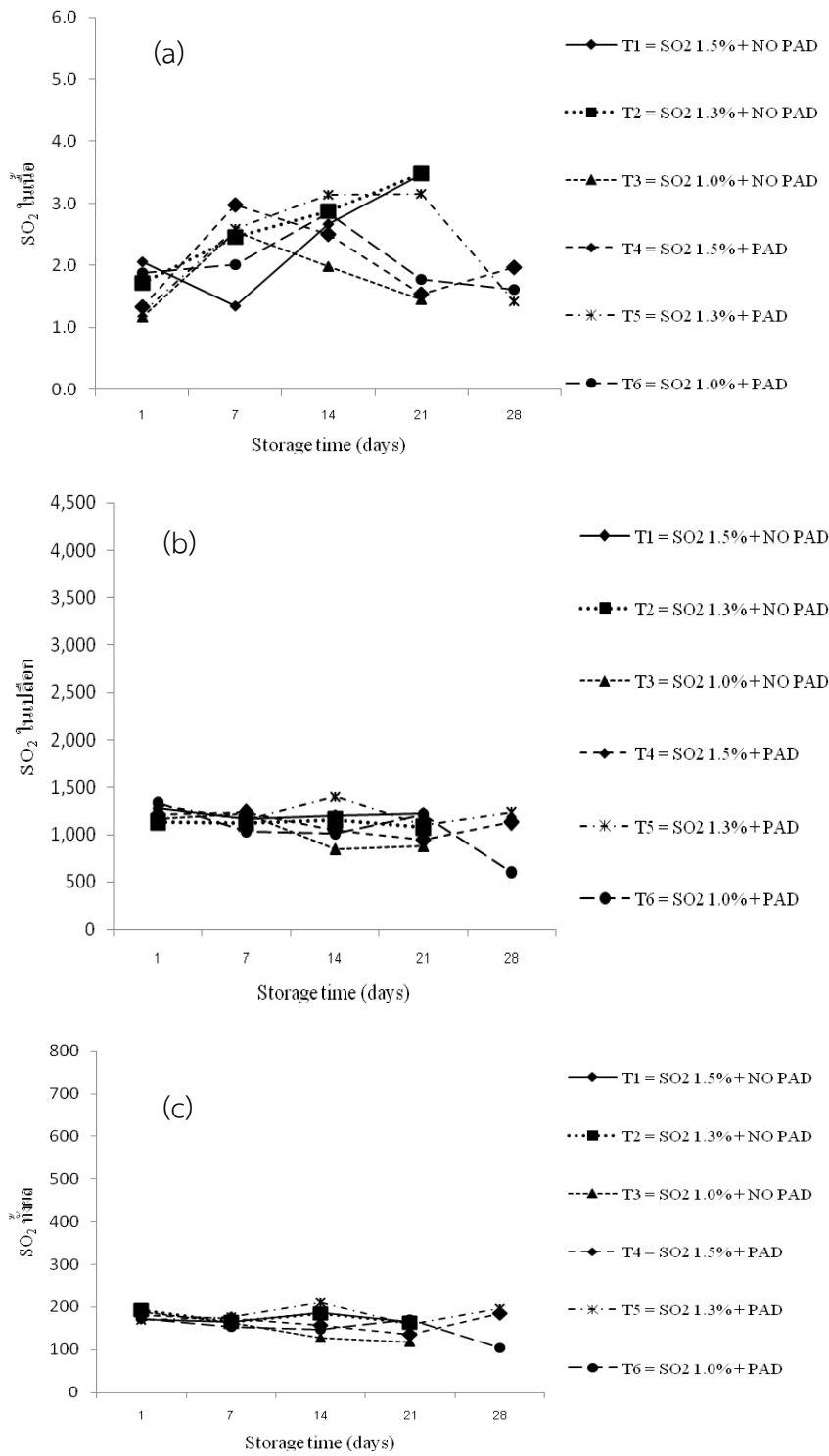
8.1 การทดสอบความเข้มข้นของการรมควันร่วมกับการใช้แผ่นระเหยผลิตจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ต่อการตกค้างของ SO₂ ในลำไยส่งออก

พบว่า ความเข้มข้นทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่า SO₂ ตกค้างลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้นโดยทุกกรรมวิธีการตกค้างในเนื้อต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับในเปลือกและทั้งผล (ภาพที่ 2)

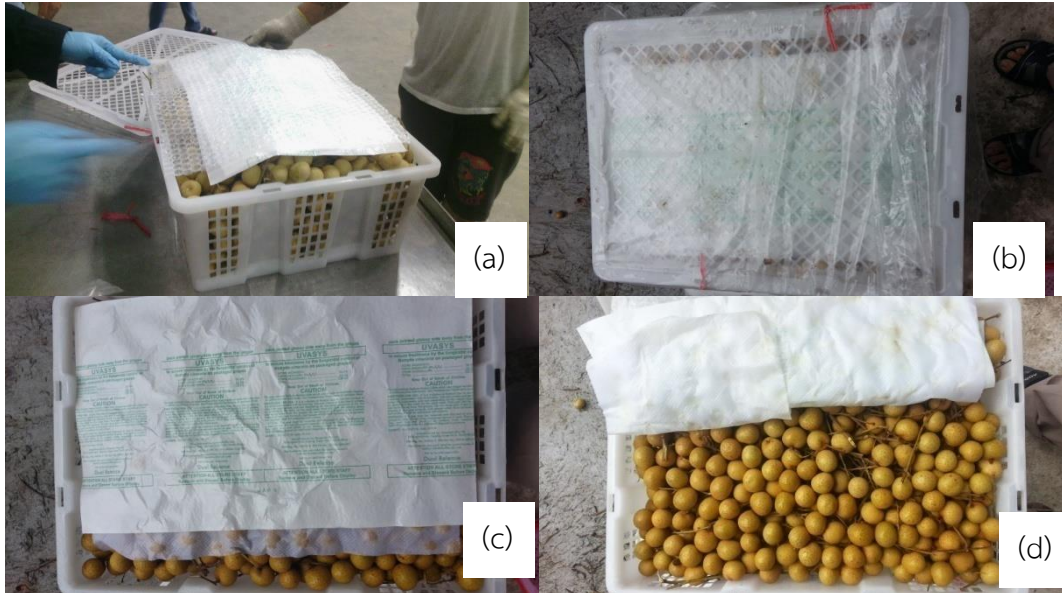
การรม SO₂ ทุกความเข้มข้น+แผ่นระเหย ไม่พบการเน่าเสียเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ขณะที่การรม SO₂ ทุกความเข้มข้น+แผ่นระเหยมีเชื้อราขึ้นอยู่ทุกกรรมวิธี การเก็บรักษาผลลำไยร่วมกับการเก็บในตะกร้าที่หุ้มทั้งตะกร้าด้วยฟิล์ม LLDPE จะระบุมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตะกร้าสูง (สังเกตจากมีหยดน้ำเกาะใต้ถุง) ช่วยคงความสดและทำให้คุณภาพการบริโภคดีขึ้นแต่ทำให้เชื้อราเกิดได้เร็วขึ้น (ภาพที่ 2, 3)



ภาพที่ 1 ผลของการรม SO₂ + pad ต่อการยอมรับสีผิวเปลือกด้านนอกระหว่างการเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิ 5 °C



ภาพที่ 2 ผลของการรม SO₂ + pad ต่อการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผล (a) ในเปลือก (b) และทั้งผล (c) ระหว่างการเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิ 5 °C



ภาพที่ 3 วันแรกใส่แผ่นระเหยหลังรม (a) หุ้มด้วยฟิล์ม LLDPE เจาะรู (b) หลังเปิดตะกร้าเมื่อครบ 28 วันที่ 5°C การรม SO₂ + pad ทุกความเข้มข้นไม่เน่าเสียและสภาพผิวมีคุณภาพดี (d) เป็นลำใยชุดที่สองที่จำลองสภาพส่งไปยุโรป

8.2 การทดสอบความเข้มข้นของการรมควินร่วมกับการใช้แผ่นระเหยผลิตจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ต่อการตกค้างของ SO₂ ในลำใยส่งออก (ทดสอบซ้ำ)

พบว่า การรม SO₂ โดยลดความเข้มข้นเท่ากับ 1.3% + ใส่แผ่นระเหย (Pad) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 10% ไม่แตกต่างจากการรม SO₂ ความเข้มข้น 1.5% + ใส่แผ่นระเหย (Pad) ภายหลังจากอุณหภูมิ 5°C นาน 11 วันและนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 วัน จึงนำวิธีการนี้ไปทดสอบต่อการทดลองที่ 3 ได้ ส่วนการรม SO₂ ความเข้มข้น 1.3 และ 1.5%+ ไม่ใส่แผ่นระเหย (No Pad) มีการเน่าเสีย 100% ทั้งสองกรรมวิธี อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีพบค่า SO₂ ตกค้างในเนื้อ เปลือกผล และทั้งผลไม่แตกต่างกันในเนื้อทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เกณฑ์ของ EU ในเนื้อไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการรมด้วย SO₂ และการใช้แผ่นระเหยแบบ Dual phase แบบ slow release ต่อการตกค้างของ SO₂ ในผลลำใย ภายหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 11 วัน และย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 12 วัน

Treatments	การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในส่วนต่างๆ ของผล (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	เนื้อผล		เปลือกผล		ทั้งผล	
	D11	D11+12 d	D11	D11+12 d	D11	D11+12 d
1.5% SO ₂ + no pad	1.44	NA	1,077.20	NA	171.98	NA
1.3% SO ₂ + no pad	1.34	NA	1,232.00	NA	178.8	NA
1.5% SO ₂ + pad	1.4	1.27	1,109.9	901.68	181.93	133.33

1.3% SO ₂ + pad	1.83	1.63	1,156.5	947.43	192.16	154.88
----------------------------	------	------	---------	--------	--------	--------

8.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นระเหยที่เตรียมใช้เองกับแผ่นที่จำหน่ายทางการค้า

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นระเหยที่เตรียมใช้เองกับแผ่นที่จำหน่ายทางการค้า พบว่าวิธีการที่ดีที่สุด คือ T3 การรวมคว้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่จำหน่ายยี่ห้อ Uvasys[®] ยึดอายุได้นาน 30 วันที่อุณหภูมิ 5 °C รองลงมา ได้แก่ T2 การรวมคว้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุชราและคณะ (2550) T4 รวมกำมะถันวิธีทางการค้า และ T1 การรวมคว้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% ตามลำดับ

การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยพบว่า T1-T4 มีปริมาณการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผล เมื่อเก็บไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ส่งออก EU คือ ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี โดยกรรมวิธี T2 มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อผลมากที่สุด (ตารางที่ 2) ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกผลเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี (ตารางที่ 3) และ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยทั้งผลเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ใน 0 วัน ถึง 30 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ใน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน โดยกรรมวิธี T3 รวมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys[®] มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยทั้งผลมากที่สุด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อผลเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วันแล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับส่งไป EU ≤ 10 มก./กก.)

กรรมวิธี	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อผล (มก./กก.)			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รวม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	23.74a	2.12b	2.18b	1.43b
รวม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุชราและคณะ (2550) (T2)	9.00b	2.14b	3.78a	3.50a
รวม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys [®] (T3)	7.50b	1.62b	2.15b	1.48b
รวมกำมะถันวิธีทางการค้า (รวมแบบส่งจีน) (T4)	2.22b	4.05a	1.77b	1.19b
CV (%)	73.40	36.61	22.10	21.99

F-test	*	*	*	*
--------	---	---	---	---

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกผลเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน
แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกผล (มก./กก.)			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	1576.42	1020.48	837.87	540.75
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง	1932.27	1043.62	851.84	704.00
ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)				
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	1678.41	1064.18	796.89	817.68
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	1388.66	1772.31	801.45	747.64
CV (%)	18.67	47.07	17.02	27.73
F-test	NS	NS	NS	NS

ตารางที่ 4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำใยทั้งผลเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำใยทั้งผล (มก./กก.)			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	241.98	142.35	128.54	85.32c
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง	261.52	161.07	129.22	114.15ab
ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)				
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	223.94	151.52	137.56	127.80a
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	187.11	127.01	101.96	96.65bc
CV (%)	16.55	19.9	10.91	12.69
F-test	NS	NS	NS	*

คุณภาพการเก็บรักษาพบว่าการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก และเนื้อของลำใย เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ที่ 60 แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า มีค่าไม่เกินเกณฑ์การยอมรับ (เกณฑ์การยอมรับ < 3.00) และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี (ไม่แสดงข้อมูล)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค พบว่า กรรมวิธี T1, T2 และ T3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C เป็นเวลา 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน แต่ T4 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับเท่ากับ 31.00 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของลำไย			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	0.00	6.00	30.00	100.00a
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง				
ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	0.00	3.67	12.67	100.00a
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ				
Uvasys® (T3)	0.00	1.00	11.67	100.00a
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	0.00	15.67	25.33	31.00b
CV (%)		124.49	44.84	17.71
F-test		NS	NS	*

เปอร์เซ็นต์ผลดีของลำไย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 30 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน โดยกรรมวิธี T4 รมกำมะถันวิธีทางการค้ามีเปอร์เซ็นต์ผลดีน้อยที่สุด คือ 6.00% ส่วน T1, T2 และ T3 มีเปอร์เซ็นต์ผลดีของลำไยเกิน 40 ผลการทดลองดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ผลดีของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ผลดีของลำไย			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	100.00	63.67	64.33a	0.00
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง	100.00	65.33	65.33a	0.00
ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)				
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ	100.00	88.33	47.67a	0.00
Uvasys® (T3)				
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	100.00	47.33	6.00b	3.00
CV (%)		38.83	35.57	240.37
F-test		NS	*	NS

เปอร์เซ็นต์ผลน้ิมของลำไย พบว่า T4 รมกำมะถันวิธีทางการค้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาที่ 5 ° นาน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน โดยกรรมวิธี T4 มีเปอร์เซ็นต์ผลน้ิมของลำไยต่ำที่สุด คือ 66.00% ผลการทดลองดังตารางที่ 7 ค่าความเป็นกรด/ต่างในเปลือกและเนื้อพบว่า โดยภาพรวมค่าความเป็นกรด/ต่างในเปลือกมีค่า pH ประมาณ 4 ส่วนค่าความเป็นกรด/ต่างในเนื้อมีค่า pH ประมาณ 7 (ไม่แสดงข้อมูล)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ผลน้ิมของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ผลน้ิมของลำไย			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	0.00	30.33	4.00c	100.00a
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	0.00	29.67	0.67c	100.00a
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	0.00	10.67	37.67b	100.00a
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	0.00	31.33	68.67a	66.00b
CV (%)		105.16	53.72	15.23
F-test		NS	*	*

การยอมรับของผู้บริโภค พบว่า คณะกรรมการยอมรับด้านสีผิวเปลือกนอกของลำไย คณะกรรมการยอมรับด้านสีผิวเปลือกในของลำไย คณะกรรมการยอมรับด้านสีเนื้อผลของลำไย คณะกรรมการยอมรับความแน่นเนื้อของลำไย เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี ผลการทดลองดังตารางที่ 8-12 คณะกรรมการยอมรับด้านสีผิวเปลือกนอกของลำไยไม่เกินเกณฑ์การยอมรับทั้ง 4 กรรมวิธี ส่วนคณะกรรมการยอมรับด้านสีผิวเปลือกในของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน T2 และ T4 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ สำหรับคณะกรรมการยอมรับด้านสีเนื้อผลของลำไย และคณะกรรมการยอมรับความแน่นเนื้อของลำไย พบว่า เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับทั้ง 4 กรรมวิธี

ตารางที่ 8 คะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกนอกของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ > 3.00)

กรรมวิธี	คะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกนอก			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	4.6	4.3	3.6	3.5
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเองด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	4.5	4.4	3.5	3.4

รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	4.5	4.4	3.6	3.5
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งเงิน) (T4)	4.5	4.2	3.6	3.3
CV (%)	4.23	3.05	3.31	3.95
F-test	NS	NS	NS	NS

ตารางที่ 9 คะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกในของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ > 3.00)

กรรมวิธี	คะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกใน			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	4.6	4.0	3.2	3.2
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	4.5	4.1	3.2	2.7
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	4.5	3.8	3.4	3.0
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งเงิน) (T4)	4.3	3.9	3.2	2.8
CV (%)	3.61	4.62	6.33	7.32
F-test	NS	NS	NS	NS

ตารางที่ 10 คะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อผลของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ > 3.00)

กรรมวิธี	คะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อผล			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	4.1	3.7	3.3	2.6
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	4.1	3.6	3.3	2.2
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	4.1	3.6	3.2	2.2
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งเงิน) (T4)	4.0	3.4	3.3	2.4
CV (%)	5.67	6.51	5.85	8.27
F-test	NS	NS	NS	NS

คะแนนการยอมรับรสชาติของลำไยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 30 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน โดย T3 และ T4 คะแนนการยอมรับรสชาติของลำไยต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ และเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่าทั้ง 4 กรรมวิธีมีคะแนนการยอมรับรสชาติของลำไยต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ ผลการทดลองดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนการยอมรับรสชาติของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ > 3.00)

กรรมวิธี	คะแนนการยอมรับรสชาติของลำไย			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	3.7	3.3	3.0	2.8
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	3.7	3.1	3.0	2.5
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	3.8	3.1	2.9	2.5
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	4.0	3.1	2.8	2.6
CV (%)	5.93	7.72	5.31	6.91
F-test	NS	NS	NS	NS

คะแนนการยอมรับลักษณะโดยรวมของลำไยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 กรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C นาน 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน พบว่า T2, T3 และ T4 คะแนนการยอมรับลักษณะโดยรวมของลำไยต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ ผลการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนการยอมรับลักษณะโดยรวมของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ตั้งแต่ 0 วัน ถึง 60 วัน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ > 3.00)

กรรมวิธี	คะแนนการยอมรับลักษณะโดยรวมของลำไย			
	Day 0	Day 10+3	Day 30+3	Day 60+3
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% (T1)	3.8	3.4	3.1	3.0
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่ผลิตเอง ด้วยวิธีของบุษราและคณะ (2550) (T2)	3.9	3.2	3.0	2.8
รม SO ₂ ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยยี่ห้อ Uvasys® (T3)	4.1	3.1	3.0	2.7
รมกำมะถันวิธีทางการค้า (รมแบบส่งจีน) (T4)	4.1	3.2	3.0	2.8
CV (%)	4.39	7.14	5.28	5.75
F-test	NS	NS	NS	NS

ข้อสังเกต ค่าการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อผลในการทดลองนี้ต่ำกว่าเกณฑ์ของลำไยส่งออก EU คือ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 60 วัน โดยสีเนื้อยอมรับได้นาน 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยของผู้ประกอบการส่งออกที่ทดสอบโดยจำลองสภาพการเก็บรักษาการส่งไป EU ทางเรือมีค่าการตกค้างสูงเกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าสูงถึง 69.53-221.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเก็บรักษานาน 45 วันที่ 0-1 °C ค่าตกค้างที่สูงในเนื้อทำให้สีเนื้อมีสีที่แดงผิดปกติ แตกต่างจากลำไยในการทดลองนี้ที่ยังมีสภาพที่ดีกว่าเมื่อประเมินผลร่วมกันระหว่างผู้ทดลองและผู้ประกอบการส่งออก (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ผู้ประกอบการส่งออกลำไยไป EU มาประเมินผลคุณภาพและปรึกษาแก้ไขปัญหาลำไยร่วมกัน สีเนื้อลำไยช้ำ และเปลี่ยนเป็นสีชมพู เนื่องจากการรวม SO₂ ความเข้มข้นสูงเกินไป

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดสอบความเข้มข้นของ SO₂ ที่เหมาะสมในการมลลำไยร่วมกับการใช้แผ่นระเหยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา คือ T3 การรวมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1.3% + แผ่นระเหยที่จำหน่ายยี่ห้อ Uvasys[®] ยืดอายุได้นาน 30 วันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 นำไปทดสอบการส่งออกลำไยไปประเทศปลายทางที่เข้มงวดได้ เช่น ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา และแคนาดาได้

10.2 สามารถนำไปพัฒนาการผลิตแผ่นระเหยทางการค้า

11. คำขอบคุณ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ สวพ.1 และบริษัท อินเตอร์เฟรช จำกัด

12. เอกสารอ้างอิง

บุษรา จันทรแก้ว และคณะ, (2549) ระบบการรับรองโรงงานผลิตสินค้าเกษตร. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด : กรุงเทพฯ. 80หน้า.

บุษรา จันทร์แก้วมณี, สมคิด รื่นภาควุฒิ, เกரியงไกร สุภโตษะ, อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, ปรียานุช ทิพย์ะวัฒน์ และรุ่งทิวา รอดจันทร์. 2550. รายงานผลวิจัยเรื่องเติม การศึกษาบรรจุภัณฑ์เคลือบด้วยสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสด. สนับสนุนโดยเงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 หน้า.

ชิง ชิง ทองดี สมศักดิ์ ชัยมงคล สดศรี เนียมเปรม สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ มานัส แจ่มจำรูญ ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์ อนวัช สุวรรณกุล ยุวดี รัตนไชย จิตตา ศาสตร์เพชร และน้ำเพชร ชัยวิภา. 2540. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

AOAC. 2012. *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.

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' Daw. Acta Hort. (ISHS) 877:1489-1494