Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 413-416 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 413-416 (2559)

การพัฒนากระบวนการรมผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Development of a Sulfur Dioxide Fumigation Process for Hong Huay Litchi Fruit

เกรียงศักดิ์ นักผูก[1] วิทยา อภัย[2] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1] และสมเพชร เจริญสุข[2]

Kiangsak Nukpook[1], Wittaya Apai [2], Satitpong Rattanakam[1] and Sompetch charoensuk[2]

Abstract

Development of suitable techniques for SO_2 fumigation application on Hong Huay litchis and the degradations of SO_2 residue were investigated. The experiments were conducted in a 6.9 m^3 volume model fumigation chamber. The SO_2 gas was produced by burning sulfur powder at 4 concentrations, i.e. 0, 0.16, 0.73 and 1.30% with 10 perforated plastic basket lots each and the fumigated time was 45 min. Half of the lots were separated to dip in HCl 5% for 3 min and the remaining was SO_2 alone without HCl dip. They were kept at 8 °C, 55-65% RH for 28 days. It was found that fruit fumigated with SO_2 at 0.73% + HCl or without showed less SO_2 residue in fruit flesh than EU tolerance (10 ppm) after storage for 7 days. Dipping in HCl to restore red pericarp color had higher SO_2 residue in fruit flesh. But applying of SO_2 0.73%+ HCl could increase consumer acceptances, i.e. better pericarp acceptance and still maintaining flesh acceptance as compared with SO_2 fumigation alone.

Keywords: litchis , Hong Huay ,SO_2

บทคัดย่อ

การพัฒนากระบวนการรม SO_2 ให้เหมาะสมกับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย และค่าการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษา เพื่อจำลองสภาพการส่งออก ได้ดำเนินการทดสอบรม SO_2 ในห้องรมขนาด 6.9 ลบ.ม. โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยรมด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ 0, 0.16, 0.73 และ1.30% จำนวน 10 ตะกร้าต่อครั้ง นาน 45 นาที จากนั้นแบ่งครึ่งหนึ่งของลิ้นจี่ที่รม SO_2 มาแช่กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid,HCl) ความเข้มข้น 5% นาน 3 นาที ส่วนที่เหลือไม่แช่กรด นำไปเก็บในห้องเย็นที่ 8 °C,ความชื้น 55-65% นาน 28 วัน ผลการทดลอง พบว่า การรม SO_2 ความเข้มข้น 0.73% ทั้งแช่และไม่แช่กรดเกลือ ค่าการตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่าเกณฑ์ของ EU (10 ppm) ภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วัน และการแช่กรดเกลือ เพื่อคืนสีแดงของเปลือกพบ SO_2 ตกค้างในเนื้อผลสูงขึ้นกว่าการไม่แช่กรดเกลือ การรม SO_2 0.73%+แช่กรดเกลือ พบว่า ค่าการยอมรับบริโภคในสีผิวเปลือกมีค่าสูงขึ้น และช่วยรักษาคุณภาพเนื้อผลได้ เมื่อเทียบกับการไม่แช่กรดหลังการรม SO_2

คำสำคัญ : ลิ้นจี่ ,ฮงอวย ,ซัลเฟอร์ไดออดไซด์

คำนำ

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ลิ้นจี่ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 70% ส่งออก 15% และที่เหลือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่ทั่วโลกนิยมรับประทานเนื่องจากรสชาติเปรี้ยวอมหวานมีคุณค่าทางอาหารสูง และเปลือกมีสีแดงทำให้น่ารับประทาน ปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบในการนำเข้าเพิ่มเติมได้แก่ EU กำหนดให้ลิ้นจี่จากประเทศไทยต้องผ่านการคัดจากโรงคัดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GMP และต้องประยุกต์ใช้ HACCP และกำหนดค่าตกค้าง SO_2 ในเนื้อผลให้พบไม่เกิน 10 ppm. ตามลำดับ ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วันและอุณหภูมิต่ำภายใน 7 วัน เนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การรมด้วย SO_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 30 วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee, 1994) ปัจจุบันใช้วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling) (จริงแท้, 2541) สำหรับส่งออกลิ้นจี่แบบช่อเริ่มมาตั้งแต่ปี 2530 โดยเฉพาะการจำหน่ายในพื้นที่ใกล้ๆ ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 7-10 วัน ได้แก่ ประเทศจีน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และ

[1]ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร 235 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

[1]Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai : Agricultural Engineer Research Institute : Department of Agriculture

[2]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร 225 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมืองเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

[2]Office of Agricultural Development Region 1 Chiang Mai : Department of Agriculture

หาดใหญ่แต่ยังขาดข้อมูลการสำรวจเทคโนโลยีการยืดอายุดังกล่าวว่า มีการพัฒนาหรือปัญหาข้อจำกัดอย่างไร ตลอดจนในปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรยังขาดข้อมูลมาตรฐานการรมควันผลลิ้นจี่ด้วย SO_2 เช่น ตารางการใช้ SO_2 สำหรับลิ้นจี่ส่งออก (Sulfur Table) ว่าควรใช้ความเข้มข้นเท่าไร่และข้อมูลการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษาในขณะขนส่งไปประเทศปลายทางยุโรปกำหนดตกค้างในเนื้อและเปลือกเท่ากับ 10 mg/kg และประเทศอื่นๆ ที่เข้มงวด เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนนาดาห้ามใช้สารนี้ บางประเทศนำมาตรฐานกลางของ Codex มาอ้างอิง เช่น ประเทศสิงคโปร์กำหนดค่าตกค้างทั้งผลไม่เกิน 50 ppm จึงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการส่งออกลิ้นจี่ที่รม SO_2 มีผู้ประกอบการรายใหม่ๆ 2-3 รายติดต่อเทคนิคและอัตราการรมควันลิ้นจี่ส่งไปยุโรป เพื่อไม่ให้ค่า SO_2 ตกค้างเกินค่ามาตรฐานที่ประเทศปลายทางกำหนดกับหน่วยงานสวพ.1 เขตภาคเหนือตอนบน แต่ยังไม่สามารถให้คำแนะนำได้มากนัก การรม SO_2 หลายสิบปีที่ผ่านพบว่ามีรายงานการใช้ SO_2 หลายระดับ ได้แก่ กระทรวงวิทยาศาสตร์แนะนำอัตราการใช้ SO_2 ในรูปของก๊าซจากถังโดยตรงสำหรับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย และจักรพรรดิไว้ที่ 75-125 ml SO_2/kg และพันธุ์ค่อมไว้ที่ 125 ml SO_2/kg โดยทั้งสามพันธุ์ควรมีความเข้มข้น SO_2 สุดท้ายในห้องรมเท่ากับ 0.3-0.45 และ 0.65% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับลำไยที่สูงถึง 1.5% แต่เป็นอัตราสำหรับใช้ SO_2 จากถังอัดความดันไม่ใช่การเผาผงกำมะถัน (Tongdee, 1994) การรมด้วย SO_2 เข้มข้น 2% นาน 25 นาที ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ก่อนนำไปแช่ในสารละลายกรด HCl เข้มข้น 1.0 % นาน 15 นาที แล้วเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิ 5 ℃ สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และรักษาสีแดงของเปลือกได้นานกว่า 49 วัน (สัณห์, 2538) การรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 เข้มข้น 1.5% รมลิ้นจี่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจงและเก็บในกล่องกระดาษ (นิธิยาและดนัย, 2543) การรมควันลิ้นจี่ด้วย SO_2 0.5% V/V นาน 1 ชั่วโมง ปล่อยให้ระเหย 1 ชั่วโมง และแช่กรดเกลือนาน 2 นาที ร่วมกับวิธีการทาง plant quarantine แช่น้ำร้อน 49 °C นาน 20 นาที และน้ำเย็น 20 นาที พบการตกค้างในเนื้อพบค่าต่ำกว่า 5 mg/kg (Paull *et al*., 1998) การรมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ์ด้วย SO_2 และทำ cold treatment ระหว่างขนส่งไปประเทศออสเตรเลีย จะพบปัญหาเมื่อถึงตลาดปลายทางคือ ผลลิ้นจี่กว่า 20% มีการยุบตัว (เบญจมาส และคณะ, 2546) ดังนั้นการทดสอบการรม SO_2 จึงเป็นสิ่งจำเป็น การสำรวจวิธีการปฏิบัติในการยืดอายุลิ้นจี่สำหรับส่งออก จำนวน 24 ราย จากผู้ประกอบการรวม 16 บริษัท ได้แก่ จ.พะเยา 15 ราย (9 บริษัท) และ จ.เชียงใหม่ 9 ราย (7 บริษัท) พบวิธีการยืดอายุ 2 แบบ ได้แก่ วิธีแรก คือ วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling) โดยบรรจุลิ้นจี่แบบช่อในตะกร้าพลาสติกน้ำหนัก 11.5 กก. และแช่ผลในน้ำเย็นนานประมาณ 10 นาที ก่อนส่งออกประเทศจีนทางเรือ ใช้เวลาขนส่งและจำหน่ายให้หมดภายใน 10-13 วัน โดยส่งออกไปประเทศในแถบเอเชีย 66.7% ปัญหาที่พบการวางจำหน่าย คือ ฤดูกาลเก็บเกี่ยวตรงกับต่างประเทศทำให้ราคาถูกลง และอายุการวางจำหน่ายสั้น และวิธีที่ 2 รม SO_2 ใช้ลิ้นจี่ผลเดี่ยวรมด้วยวิธีเผาผงกำมะถันก่อนส่งออกทางเรือใช้เวลาเดินทาง 15-25 วัน จำนวน 4 โรง พบว่าโรงรมคำนวณการใช้กำมะถันที่มีความเข้มข้น SO_2 ไม่เกิน 0.9% เมื่อส่งออกทางเรือค่าตกค้างในเนื้อผลลดลงไม่เกินมาตรฐาน EU (10 ppm) และมีอายุการเก็บรักษานาน 28 วันที่ 8 ºC (สมเพชร และคณะ, 2558) แต่อย่างไรก็ตามยังขาดข้อมูลการทดสอบการรมกับลิ้นจี่แต่ละสายพันธุ์เกี่ยวกับความเข้มข้นที่ใช้และการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษา และค่าตกค้างไม่เกินมาตรฐานของประเทศปลายทาง ดังนั้นการทดสอบการรมควันจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อพัฒนามาตรฐานลิ้นจี่ให้ดีขึ้นไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 กก. ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ห้องรม SO_2 ขนาด 6.9 ลบ.ม. พร้อมอุปกรณ์การรม กำมะถันผง ตาชั่ง กรด HCl และห้องเย็น

วิธีการทดสอบการรม SO_2 ลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือตอนบน โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยเก็บจากสวนเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเช้า และคัดเกรดเอ ตัดขั้วยาวไม่เกิน 0.5 ซ.ม. บรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกน้ำหนัก 11.5 กก. ขนส่งไปที่โรงรมของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โดยทดสอบทำการรมลิ้นจี่ในช่วงเย็นของวันเดียวกันในห้องรมทั้งตะกร้าพลาสติกครั้งละ 10 ตะกร้า จัดเรียง 2 แถวๆละ 5 ตะกร้า วางไว้กลางห้องรมปริมาตร 6.9 $ม^3$ รม SO_2 ด้วยวิธีการเผาผงกำมะถัน โดยกำหนดการรมกำมะถันคำนวณให้มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซ SO_2 ในห้องรม ตามสูตรของมาตรฐาน มกษ.1004-2557 รวม 3 ครั้ง (ความเข้มข้น) ใช้เวลารมนานเท่ากัน 45 นาที และเป่าบำบัดก๊าซที่เหลือบนผลลิ้นจี่นาน 15 นาทีด้วยพัดลม เพื่อระเหยก๊าซส่วนเกินรอบ ๆ จากนั้นนำมาแบ่งครึ่งกรรมวิธีละ 5 ตะกร้า เพื่อนำไป แช่กรด HCl (กรดเกลือ) 5% นาน 3 นาที และเปรียบเทียบกับไม่แช่ HCl กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ๆ ได้แก่

T1= ชุดควบคุม คือ ไม่รม SO_2 (0%) + ไม่แช่ HCl,
T2 = ชุดควบคุม คือ ไม่รม SO_2 (0%) + แช่ HCl,
T3 = การรม SO_2 0.16% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl,
T4 = การรม SO_2 0.16% นาน 45 นาที + แช่ HCl,
T5 = การรม SO_2 0.73% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl,
T6 = การรม SO_2 0.73% นาน 45 นาที + แช่ HCl,
T7 = การรม SO_2 1.3% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl
T8 = การรม SO_2 1.3% นาน 45 นาที + แช่ HCl

เมื่อเสร็จแล้วทำการขนย้ายผลลิ้นจี่ไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 8 °C, 55-65% RH นาน 35 วัน การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การวัดสี การตกค้างของ SO_2ในเนื้อ เปลือก และทั้งผล ด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในสีผิวเปลือกและคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ทดสอบประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับ ใช้ผู้บริโภคอย่างน้อย 10 คน มีประสบการณ์ 2 ปีขึ้นไป

ผล

ทดสอบการรมควันลิ้นจี่ส่งออกคุณภาพผลและการสลายตัวของ SO_2ในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่า การรม SO_2 เข้มข้น 0, 0.16, 0.73 และ 1.3% นาน 45 นาทีเท่ากัน พบสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อผลหลังรมทันที เท่ากับ 0, 2.47, 9.99 และ 25.70 ppm (Figure 1a) แต่เมื่อนำผลหลังรมควันไปแช่กรดเกลือนาน 3 นาทีพบสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อสูงขึ้นเท่ากับ 0, 0.56, 35.60 และ 64.82 ppm แต่อย่างไรก็ตามการตกค้างลดลงต่ำกว่า 10 ppm (มาตรฐาน EU) เมื่อเก็บรักษานาน 7-14 วัน (Figure 1b) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Lemmer and Kruger (2001) พบว่า การแช่กรดมีผลทำให้ค่าพีเอชเปลือกต่ำลงทำให้ SO_2 ซึมเข้าในเนื้อผลดีขึ้น โดยเฉพาะขั้วผลที่มีโพรงอากาศมาก และช่องว่างรอยแยกเปลือกทำให้ค่าตกค้างสูงขึ้นในเนื้อผล ในขณะที่การแช่กรดหลังรมทำให้การตกค้างของ SO_2 ในเปลือกลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการรมแต่ไม่แช่กรด การรม SO_2 เข้มข้น 0.73 และ 1.3% พบค่าตกค้างในเปลือกทันทีเท่ากับ 969.05 และ 1,245.40 ppm ตามลำดับ (Figure 2a) แต่เมื่อแช่กรดเกลือ 3 นาที พบค่าต่ำลงเท่ากับ 167.00 และ 312.67 ppm ตามลำดับ (Figure 2b) การสลายตัวของ SO_2 ในเปลือกลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิ 8 °C, 55-65% RH เหลือค่าตกค้างระหว่าง 119.61 – 254.35 ppm การแช่กรดหลังรมพบว่าช่วยลดค่าการตกค้างของ SO_2 ทั้งผลที่คำนวณจากค่าตกค้างในเนื้อและเปลือกรวมกันต่ำกว่า 50 ppm (มาตรฐาน Codex และประเทศสิงคโปร์) เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วันพบค่าระหว่าง 21.16 – 34.22 ppm ขณะที่การรมอย่างเดียวพบค่าระหว่าง 48.21 – 59.59 ppm การรม SO_2 ทุกความเข้มข้น (0.16-1.3%) ร่วมกับการแช่ และไม่แช่กรดช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกได้อย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บรักษาพบคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) ระหว่าง 1.00-1.95 (จาก 5 คะแนน) ซึ่งอยู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ต่ำกว่า 3.0) เมื่อเปรียบเทียบการแช่กรด HCl อย่างเดียวพบคะแนน BI ระหว่าง 1.00-2.65 และผลไม่แช่สารพบคะแนน BI เกินระดับการยอมรับภายใน 7 วัน นอกจากนั้นผลไม่แช่สารพบว่าค่าความสว่าง (ค่า L*) ที่มีค่าต่ำที่สุด สอดคล้องกับคะแนน BI ที่สูงที่สุด การแช่กรดเกลือนาน 3 นาทีหลังรม SO_2 ช่วยเพิ่มคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกนอก และด้านรสชาติให้สูงขึ้นกว่าการรม SO_2 อย่างเดียว เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน โดยเฉพาะสีผิวเปลือกที่แดงหลังการแช่กรดพบค่าคะแนนการยอมรับสูงขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการวัดสีพบว่าค่าสีแดง (a*) ของการแช่กรดเกลือพบค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่แช่กรดอย่างชัดเจน สาเหตุที่ผิวเปลือกผลลิ้นจี่หลังรม SO_2 เปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง เนื่องจาก SO_2 จะฟอกสีผิวโดยเข้าไปรวมตัวกับแอนโทไซยานินกลายเป็น colourless anthocyanin-SO_3H complex จึงจำเป็นต้องแช่กรด เพื่อให้สีผิวกลับคืนมาเป็นสีแดงได้เร็วขึ้น กรณีไม่แช่กรดเปลือกจะคืนสีแดงไม่เกิน 70% เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื่องจากสารซัลไฟต์สลายตัวและขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเก็บรักษา การแช่กรดช่วยลด pH เปลือกให้ต่ำลง และให้สีแดง (anthocyanin) ของเปลือกกลับคืนเร็วและสม่ำเสมอ (สัณห์ , 2538) แต่มีแนวโน้มการเกิดโรคเร็วขึ้นกว่าการรม SO_2 อย่างเดียว และผลนิ่มเร็วขึ้น โดยสรุปแล้ว การรมควันด้วย SO_2 ทุกความเข้มข้น + แช่กรดเกลือช่วยเพิ่มคุณภาพการยอมรับในสีผิวเปลือกให้สูงขึ้นและยังมีคุณภาพการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม่แช่กรด โดยการรมด้วย SO_2 0.73% + แช่*กรดเกลือพบ*ค่าการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนั้นพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบค่าระหว่าง 15.70 – 20.35% พบค่าไม่แตกต่างกัน และลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน แต่พบว่าการแช่กรดหลังรมพบมีแนวโน้มพบค่าสูงกว่ารมอย่างเดียวการแช่กรดมีผลทำให้รสชาติเนื้อหวานขึ้น

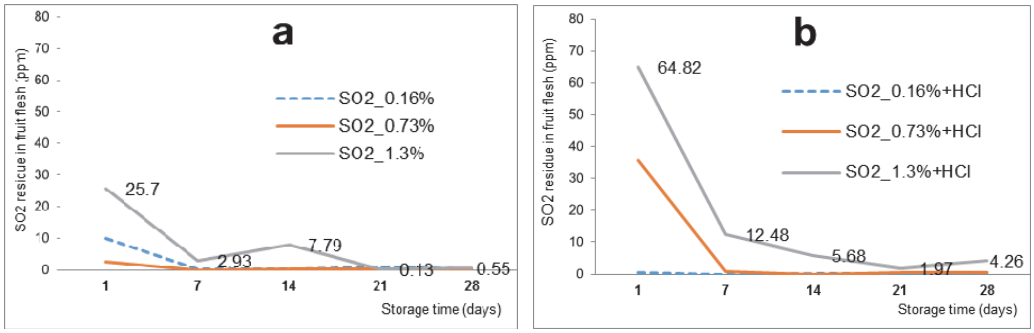

Figure 1 **a** Residue in fruit flesh after SO_2 **b** Residue in fruit flesh after SO_2 +HCL

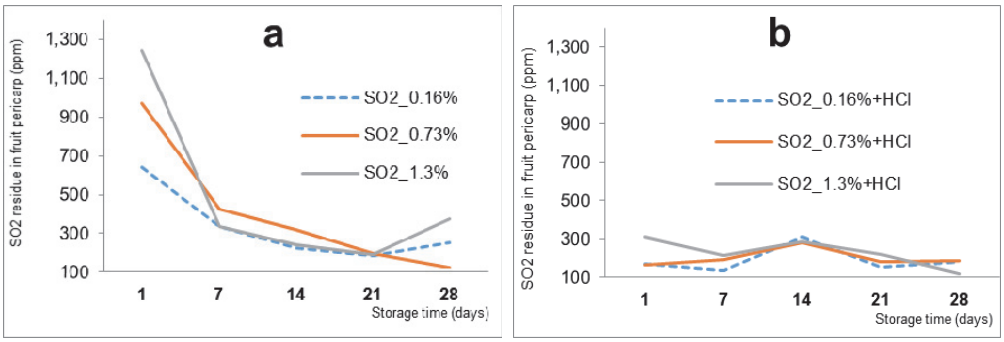

Figure 2 **a** Residue in fruit peel after SO_2 **b** Residue in fruit peel after SO_2 +HCL

สรุป

การทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยพบว่าการรม SO_2 0.73% รมนาน 45 นาที +แช่กรดเกลือ พบค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกมีค่าสูง และรักษาคุณภาพเนื้อ ที่สำคัญพบค่าตกค้างต่ำกว่า 10 ppm เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน ที่ 8 °C มีอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายอุทัย นพคุณวงศ์ นายนิพัฒน์ สุขวิบูลย์ นายคนึงศักดิ์ เจียรนัยกุล ทีมงานทุกคนของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่และเจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานทดสอบและให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน การปฏิบัติงานในในพื้นที่ร่วมกับผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุลิ้นจี่ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจนงานนี้แล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2543. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ที่รมด้วย SO_2 วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 31(1-6):13-24.

เบญจมาส รัตนชินกร, วีระอนงค์ คำศิริ, สุพัตรา วิชาชัย, จตุพร สิงห์โต และ สายฉัตร พงศ์กระวี. 2546. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลิ้นจี่ที่ผ่านการปรับสภาพสีผิว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34(4-6 Suppl.): 72-75.

สัณห์ ละอองศรี. 2538. ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพ และสีผิวของลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 233 หน้า.

สมเพชร เจริญสุข, เกรียงศักดิ์ นักผูก และวิทยา อภัย. 2558. การสำรวจวิธีการยืดอายุ และทดสอบการรม SO_2ในลิ้นจี่ส่งออก. รายงานผลงานวิจัยสิ้นสุดประจำปี. 2557. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1. หกจ.ดาราวรรณการพิมพ์. หน้า.161-180.

AOAC. 2005. *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.

Lemmer, D. and F.J. Kruger. 2001. Identification and quantification of the factors influencing sulphur dioxide residue levels in South African export litchi fruit. Acta Horticulturae 558: 331-337.

Paull, R.E., M.E. Reyes and M. Reyes. 1998. Sulfite residues on litchi fruit with sulfur dioxide. Postharv. Biol. Technol 14:229-233.

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.