

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-
1. ชื่อชุดโครงการ วิจัยและพัฒนาลิ้นจี่
 2. ชื่อโครงการ การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ
 - กิจกรรมที่ 2 การทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับใช้ทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก
 3. ชื่อการทดลอง การทดสอบเทคโนโลยีการใช้กรดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่
- Technological Testing of Acids Applied on Shelf Life Extension of Litchi

4. คณะทำงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายวิทยา อภัย	สังกัด สวพ.1
ผู้ร่วมงาน	นางสาวสุทธินิ ลิขิตตระกูลรุ่ง	สังกัด สวพ.1
	นายสมเพชร เจริญสุข	สังกัด สวพ.1

5. บทคัดย่อ

ลิ้นจี่มีปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญทำให้อายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลและการเน่าเสีย การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้แต่พบการตกค้างในผลลิ้นจี่ส่งออกเกินมาตรฐานของประเทศคู่ค้า การหาสารทดแทนจึงเป็นสิ่งจำเป็น การทดลองได้ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2556 ถึงกันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรเขตที่ 1 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ การทดสอบการแช่กรดบางชนิดต่อสีผิวลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยทั้งตะกร้าขนาด 3-11.5 กก. โดยเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 °C, 85% RH ไว้ 1 คืนและแช่ในสารละลายปริมาตรปริมาตร 5 - 60 ลิตรในวันถัดไป พบว่าการแช่ในกรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 5 นาทีช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30 วันที่ 5 °C, 85% การแช่ในสารละลายกรดมีประสิทธิภาพในการฟอกสีผิวเปลือกได้ดีกว่าการพ่นฝอยกรดด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การพ่นฝอยด้วยเครื่องพ่นดัดแปลงจากชุดเครื่องแก้ว การพ่นฝอยด้วยเครื่อง ultrasonic aerosol generator และการพ่นหมอกด้วยเครื่องพ่นยาขนาดเล็ก อีกหนึ่งวิธีที่ได้ผลดีคือ การแช่ใน HCl ที่ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่พบว่า การแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในสารผสมระหว่างกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 1% ผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 3% นาน 5 นาที และบรรจุในกล่อง clamshell ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 28 วันที่ 5 °C, 85% RH พบค่าการตกค้างของ SO₂ ตกค้างต่ำกว่า 10 ppm ในเนื้อผล และต่ำกว่าเมื่อคำนวณค่าการตกค้างทั้งผล คือ 50 ppm ใช้ทดสอบการส่งออกประเทศที่เข้มงวดได้ ส่วนการรมควันพบค่าตกค้างในเนื้อผลและทั้งผลเกินเกณฑ์มาตรฐาน

Abstract

Postharvest litchi problems have a short shelf life due to pericarp browning and fruit decaying. Sulfur dioxide (SO₂) fumigation could solve this problem to prolong shelf life litchi for export. Unfortunately, they left high residue in fruit thus alternative to SO₂ is needed. Experiments were conducted from October 2013 to September 2015 at the laboratory of Office of Agricultural Research and Development Region 1, Knong Han, Sansai, Chiang Mai. Dipping

Hong Hauy' litchi in some acids was tested. Litchi packed in between 3 and 11.5 kg were kept in overnight at 5 °C, 85% RH prior dipping. They were dipped in 5-60 liters of solution volume. It was found that dipping in HCl 5% for 5 min could prolong shelf life for 30 days at 5 °C, 85% RH. Dipping in HCl had the best effectiveness to bleach pericarp in compared with the acid application with the other methods, i.e. mist straying from modified glass tube set, ultrasonic aerosol generator and mist machine. In addition, dipping in HCl mixed in sodium metabisulfite (SMS) had been investigated as another way of the alternative to SO₂ to prolong shelf life and decreased SO₂ residue in fruit flesh. Results found that dipping in combination between HCl 1% mixed in SMS 3% for 5 min packed in clamshell prolong shelf life for 28 days at 5 °C, 85% RH. SO₂ residue in fruit flesh was found less than 10 ppm (EU MRLs = 10 ppm in fruit flesh) and below than 50 ppm in whole fruit calculation (Codex ML = 50 ppm in whole fruit). Therefore, HCl 1%+1-3% SMS could be used for export testing to restricted countries as compared with conventional method (SO₂) showed high over residue in both fruit flesh and whole fruit.

6. คำนำ

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่การผลิต เช่น เชียงใหม่ เชียงราย และ พะเยา ลิ้นจี่ร้อยละ 70% ให้ผลผลิตประมาณช่วงเดือนพฤษภาคม และ 25% ในช่วงเดือนมิถุนายนของทุกปี ปัญหาลิ้นจี่ล้นตลาดจึงมักจะเกิดขึ้นในช่วงมิถุนายนที่ลิ้นจี่ออกมาตรงกันผลไม้อื่นๆ พันธุ์ส่งออกที่สำคัญ คือ พันธุ์ฮงฮวย ลิ้นจี่ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 70% ส่งออก 15% และที่เหลือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปริมาณการส่งออกลิ้นจี่สดของประเทศไทยปี 2552-53 อยู่ระหว่าง 6,496-16,811 ตัน คิดเป็นมูลค่า 110-358 ล้านบาท ปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบในการนำเข้าเพิ่มเติมตัวอย่างเช่น EU กำหนดให้ลิ้นจี่จากประเทศไทยนอกจากต้องผ่านการคัดจากโรงคัดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GMP แล้วต้องใช้ HACCP ด้วย และกำหนดค่าตกค้าง SO₂ ในเนื้อผลให้มีได้ไม่เกิน 10 ppm นอกจากนั้น EU ยังกำหนดค่า MRLของสารพิษตกค้างจาก pesticides ที่มีค่าต่ำอีกด้วย ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วัน และอุณหภูมิต่ำกว่าภายใน 7 วันเนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การรมด้วยแก๊ส SO₂ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 60 วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee, 1994) ปัญหาหนึ่งที่สำคัญจากผลการใช้ SO₂ ในลิ้นจี่และปัญหาเดียวกับลำไย คือ การตกค้าง SO₂ ในเนื้อผลเป็นประเด็นสำคัญที่ให้ประเทศปลายทางเข้มงวดการใช้สารนี้ แต่พบรายงานถึงความเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งแพ้เป็นต้น

การใช้ SO₂ ยังอาจจะถูกกีดกันมากขึ้นถ้าเข้าสู่ AEC ในปี 2558 สารทดแทนเป็นความต้องการของภาคเอกชนโดยตรง รวมทั้งต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยมาก ได้แก่ กรดเกลือ (HCl) กรดออกซาลิก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น รัมพ์พัน และ วีรภรณ์ (2554) พบว่า กรรมวิธีที่แช่ในกรด 0.10 M citric และ 40 mM oxalic ทำให้ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดและมีค่าความสว่าง สีแดงสูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่แช่ในกรด 40 mM oxalic ทำให้ลีนจิมิเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุด การแช่กรด HCl ที่ใช้กับลีนจิมานานพบว่ามีปัญหาเชื้อราบางชนิด คือ *Penicillium* sp. ขึ้นบนผลได้ นอกจากนั้นพบการใช้ HCl ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ได้แก่ การใช้ความร้อน Hot water Brushing ร่วมกับการแช่ HCl 4 % (สดศรี, 2547) และการผสม prochloraz ลงไปในกรด HCl แช่ป้องกันเชื้อราชนิดนี้พบในประเทศอิสราเอล และพบการใช้ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite เช่น จ่านงค์ (2542) พบว่าการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกลีนจิมิหลังการเก็บเกี่ยวทำได้โดยใช้สาร sodium metabisulfite เข้มข้น 1% นาน 5 นาที และ HCl 1 N นาน 1 นาที แต่ยังคงต้องมีการศึกษาถึงสารตกค้างและการยอมรับของผู้ซื้อเพื่อให้อุ่นใจอีกต่อไป Yu *et al.* (2012) พบว่าการแช่ผลลีนจิมิพันธุ์ Feizixiao ในสารประกอบเกลือซัลไฟต์ คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เข้มข้น 60 g/L และตามด้วยแช่กรดเกลือ 1.1 M เก็บรักษาที่ 20 °C, 95% RH นาน 18 วัน ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลและการเน่าเสีย เพิ่มปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานิน และลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสีน้ำตาล คือ PPO และ POD ในเปลือก ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (แช่น้ำ) ไม่พบการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผล แต่พบในเปลือกเท่ากับ 97.7 mg/kg และตรวจไม่พบหลังผ่านไป 18 วัน ดังนั้นการทดสอบและการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การประยุกต์ใช้และความปลอดภัย การทดสอบการยอมรับของผู้ประกอบการส่งออก และการทดสอบการส่งออกไปประเทศปลายทางเป็นสิ่งจำเป็น

นอกจากนี้ปัจจุบันงานวิจัยสารทดแทนพบว่าพยายามพัฒนาและปรับปรุงเทคนิคการใช้ให้สามารถใช้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าวิธีการแช่สาร เช่น การพ่นหมอกให้คล้ายคลึงการรมแก๊ส และพัฒนาการใช้แก๊สที่ปลอดภัยรมควินโดลอร์มได้ปริมาณผลผลิตจำนวนมากต่อครั้ง เป็นต้น ปัจจุบันเริ่มมีบางประเทศส่งออกลีนจิมิใช้สารทดแทนมากขึ้น เช่น ประเทศเม็กซิโกส่งลีนจิมิไปประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ที่ห้ามใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้ทุกชนิด ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลีนจิมิในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สารทดแทนเตรียมไว้ใช้ในอนาคต และการทดสอบการส่งออกสารทดแทนโดยมีผู้ประกอบการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเนื่องจากเป็นหน่วยงานในพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงผู้ประกอบการได้รวดเร็ว เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ

- **อุปกรณ์** กรดเกลือ กรดออกซาลิก กรดซिटริก กรดฟอสฟอริก โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตู้ดูดควัน (Hood) ตะกร้าพลาสติกขนาดความจุ 3 และ 11.5 กก. กะละมังพลาสติกแช่ความจุ 60 ลิตร ตูยีนควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ฟิล์มพลาสติกสำหรับเก็บลีนจิมิชนิดต่างๆ ชุดวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลีนจิมิด้วยวิธีไทเทรต เป็นต้น

- **วิธีการ** แบ่งเป็น 3 การทดลองแต่ละการทดลองจะมีการทดลองย่อยลงรายละเอียดของวิธีการ ได้แก่

7.1 การทดสอบการแช่กรดต่อลีนจิมิพันธุ์ฮงฮวย

1) การคัดเลือกชนิดของกรดที่ใช้แช่ต่อการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล (การทดลองเบื้องต้น) ตัดขั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 ซม. รวม 8 กรรมวิธีดังนี้

T1 = แช่กรดซिटริก (กรดน้ำมะนาว) เข้มข้น 2% นาน 5 นาที

T2 = แห่กรดซิติริก (กรดน้ำมะนาว) เข้มข้น 10% นาน 5 นาที

T3 = แห่กรดออกซาลิก เข้มข้น 10% นาน 5 นาที

T4 = แห่เกลือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% + กรดเกลือ 1% นาน 5 นาที

T5 = แห่กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 10%+กรดเกลือ 1% นาน 5 นาที

T6 = แห่กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 10%+กรดเกลือ 3% นาน 5 นาที

T7 = แห่กรดไฮโดรคลอริก (HCl) (กรดเกลือ) เข้มข้น 5% นาน 5 นาที

T8 = ไม่แช่สาร

นำผลลึ้นจี่หลังแช่บรรจุถุงพลาสติกเก็บรักษาที่ -20°C นาน 1 คืน 10 ผลต่อกรรมวิธี เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลจากนั้นช่วงเช้านำตัวอย่างมาเปิดปากถุงและทิ้งไว้อุณหภูมิห้องนาน 2 ชม. บันทึกผลการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกแต่ละกรรมวิธีด้วยคะแนน 5 ระดับด้วยสายตา

2) ทดสอบแห่กรดเกลือในตะกร้าขนาด 3 kg ในถังพลาสติกขนาดเล็ก

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 6 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำ (1 กก.) โดยบรรจุลึ้นจี่ทั้งซ่อในตะกร้าพลาสติกขนาด 3 kg แช่ในสารละลายกรด HCl เข้มข้น 5, 6 และ 6.4% นาน 5 นาที เปรียบเทียบวิธีทางการค้า ได้แก่ รมควันด้วย SO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 60 min + แห่กรด HCl 5% นาน 5 นาที และรม SO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 60 min + ไม่แห่กรด HCl และผลลึ้นจี่ที่ไม่แช่สารและรมควัน นำไปเก็บในถุงพลาสติกเจาะรู รวมกรรมวิธีละ 2 ซ้ำ (ถุง) ตรวจสอบคุณภาพภายหลังเก็บรักษาที่ 5°C , 85% RH ครบ 10 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 3 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล สีเนื้อ และการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

3) ทดสอบแห่กรดเกลือทั้งตะกร้าขนาด 11.5 kg ในถังพลาสติกความจุสารละลาย 60 ลิตร ผู้ประกอบการนำลึ้นจี่พันธุ์ฮวยมาแช่ไว้ในตู้เย็นไว้ 1 คืน ช่วงเช้านำมาแห่กรด กรรมวิธีการทดลอง ได้แก่

T1 = แห่กรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 5 นาที

- ตะกร้าไม่เอาใบออก
- ตะกร้าเอาใบออก

T2 = แห่กรดเกลือเข้มข้น 5% +เติมน้ำแข็งลงไปด้วย แช่นาน 5 นาที

- ตะกร้าไม่เอาใบออก
- ตะกร้าเอาใบออก

ผึ่งและนำไปเก็บรักษาที่ 5°C นาน 30 วัน ตรวจสอบคุณภาพได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาล และความผิดปกติต่างๆ ร่วมกับผู้ประกอบการลึ้นจี่ส่งออก

4) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

แช่ผลลึ้นจี่ในกรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 5 นาทีรวม 4 ตะกร้า รมกำมะถัน 6 ตะกร้าเปรียบเทียบกับไม่แช่สาร 6 กล่องกระดาษขนส่งจากห้องปฏิบัติการไปกรุงเทพฯ ฝากแช่ที่ 10°C ที่ห้องเย็นของสำนักวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป กทม. นำมาจำลองสภาพวางจำหน่ายที่นิทรรศการงานเปิดบ้านวิชาการเกษตรระหว่างวันที่ 29-30 พฤษภาคม 2557 ทดสอบให้ผู้เข้าร่วมชมงานชิมและถามผลการยอมรับทั้งสีผิวและรสชาติ

5) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่กรดต่าง ๆ กับลีนจี่พันธุ์ฮวงฮวยต่อการยืดอายุการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก (retail market)

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (กล่องพลาสติก)ๆ ละ 20 ผล ได้แก่ กล่องพลาสติก clamshell รวม 18 กล่อง/ครั้ง รวม 4 ครั้ง

Tr.1 การแช่ HCl 5% นาน 5 นาที

Tr.2 การแช่ oxalic acid 15% นาน 5 นาที

Tr.3 แช่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 5%+HCl 1%) นาน 5 นาที

Tr.4 แช่ SMS 5%+HCl 1% นาน 5 นาที และแช่ใน HCl 5% นาน 1 นาที

Tr.5 Hydrocooling + เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกชนิด active packaging

Tr.6 Hydrocooling + เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกชนิดชนิดเจาะรูเล็กๆ ยี่ห้อ peak forced

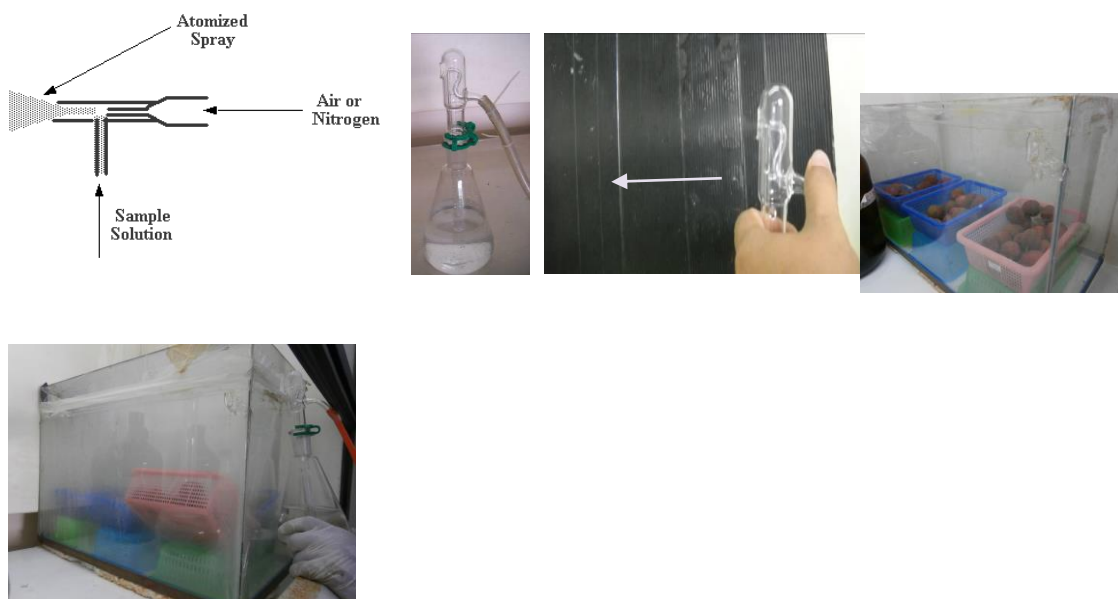
วิธีการดำเนินการ

โดยใช้ลีนจี่พันธุ์ฮวงฮวยจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดหัวเป็นผลเดี่ยว ล้างน้ำสะอาด 1 ครั้ง (ฆ่าเชื้อแล้วด้วย 200 ppm sodium hypochlorite) กรรมวิธีที่ 1-4 เตรียมสารละลาย 2 ลิตร แช่นานเท่ากัน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1-5 บรรจุในกล่องพลาสติกเจาะรู (clamshell) จำนวน 3 กล่อง (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธี และกรรมวิธีที่ 6 เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาผลลีนจี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิจากสวนลีนจี่โดยเก็บในกล่องน้ำแข็งและนำมาตัดหัวที่ห้องอุณหภูมิ 25 °C เก็บรักษาในฟิล์มพลาสติกชนิด active packing หรือชนิดฟิล์มที่เหมาะสม รวมทั้งหมด 18 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 90% RH นาน 21 วัน

7.2 การทดสอบการพ่นฝอยกรดต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลลีนจี่

1) ผลของรูปแบบการพ่นฝอยที่เหมาะสมกับลีนจี่ (การทดลองเบื้องต้น)

วิธีที่ 1 ตัดแปลงจากชุดเครื่องแก้วที่ออกแบบขนาดและเป่าแก้วสำหรับใช้พ่น TLC plate coating พ่นด้วยแรงดันจากถังแก๊สไนโตรเจนหรือปั๊ม ที่มีวาล์วควบคุมปรับความดันจากต่ำถึงสูง โดยมีสารเคมีที่ใช้ต่อเข้ากับส่วนของท่อแก้ว sample solution (Scott *et al.*, 2012)



ภาพที่ 1 การพ่นฝอยด้วยเครื่องพ่นตัดแปลงจากชุดเครื่องแก้ว

วิธีที่ 2 พ่นด้วยการใช้เครื่อง ultrasonic aerosol generator มีขนาดหยดประมาณ 2 micron แสดงการรวมควัน
ลึนจีหลังการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 2 การพ่นฝอยด้วยเครื่อง ultrasonic aerosol generator

วิธีที่ 3 พ่นจากเครื่องพ่นหมอกควันหรือเครื่องพ่นยาขนาดเล็ก



ภาพที่ 3 เครื่องพ่นหมอกควันหรือเครื่องพ่นสีขนาดเล็ก

ทดสอบโดยนำไปรมแต่ละวิธีใช้ผลลึนจีพันธุ์ฮวงฮวย 10 ผลต่อวิธีการ นำไปเก็บรักษาที่ -20 C นาน 1 คืน
เปิดถุงทิ้งไว้ 2 ชม. ตรวจสอบการเปลี่ยนสีน้ำตาลด้วยสายตา

2) การทดสอบการพ่นฝอยกรดต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลลึนจี

2.1) ผลของรูปแบบการพ่นฝอยที่เหมาะสมกับลึนจี วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 9 กรรมวิธีๆ
ละ 3 ซ้ำ (ถุงพลาสติก) ๆ ละ 6 ผล ได้แก่

T1 = รม HCl เข้มข้น 15% นาน 20 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที

- T2 = รม HCl เข้มข้น 15% นาน 30 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที
 T3 = รม HCl เข้มข้น 15% นาน 60 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที
 T4 = รม OA เข้มข้น 15% นาน 20 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที
 T5 = รม OA เข้มข้น 15% นาน 30 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที
 T6 = รม OA เข้มข้น 15% นาน 60 นาที และรมทิ้งไว้ 30 นาที
 T7 = แช่ HCl 5%+sodium chlorite 0.5% นาน 5 min
 T8 = แช่ OA 15% นาน 5 นาที
 T9 = ผลไม้แช่สาร

ทดสอบโดยนำไปรมแต่ละวิธีใช้ผลลึ้นจีพันธุ์ฮวงฮวย 18 ผลต่อกรรมวิธีโดยใช้กรด HCl และกรดออกซาลิก ในความเข้มข้นเท่ากัน 15% เปรียบเทียบกับวิธีการแช่ นำไปเก็บรักษาที่ -20 C นาน 1 คืนเปิดถุงทิ้งไว้ 2 ชม. ตรวจสอบการเปลี่ยนสีน้ำตาลด้วยสายตา

7.3 การทดสอบการผสมกรดเกลือ (HCl) ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลึ้นจี

1) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ HCl+SMS กับลึ้นจีพันธุ์ฮวงฮวยรวมกับการการเก็บรักษาในกล่อง พลาสติกต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลึ้นจี

วางแผนการทดลองแบบ 3x4x2+2 Factorial in CRD รวม 26 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ถุงฟิล์มพลาสติก) ๆ ละ 20 ผล

ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ HCl ได้แก่ 1 3 และ 5%

ปัจจัยที่ 2 ระดับความเข้มข้นของ SMS ได้แก่ 0 1 3 และ 5%

ปัจจัยที่ 3 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ กล่อง clamshell เจาะรู และ active & breathable bag ยี่ห้อ A® หน้า 25 ไมครอน ผลิตจากฟิล์มพลาสติก LDPE ขนาดกว้างxยาว (8x15 นิ้ว) ที่ปรับให้มีอัตราส่วนของก๊าซ O₂ ต่อ CO₂ เท่ากับ 5-10% ต่อ 2-15%

ตารางที่ 1 กรรมวิธีมี 26 กรรมวิธี ดังนี้

Tr.	HCl (%)	SMS (%)	Contact time (min)	Packaging
1	1	0	5 min	Clamshell
2	1	1	5 min	Clamshell
3	1	3	5 min	Clamshell
4	1	5	5 min	Clamshell
5	3	0	5 min	Clamshell
6	3	1	5 min	Clamshell
7	3	3	5 min	Clamshell
8	3	5	5 min	Clamshell
9	5	0	5 min	Clamshell
10	5	1	5 min	Clamshell

11	5	3	5 min	Clamshell
12	5	5	5 min	Clamshell
13	1	0	5 min	Active film
14	1	1	5 min	Active film
15	1	3	5 min	Active film
16	1	5	5 min	Active film
17	3	0	5 min	Active film
18	3	1	5 min	Active film
19	3	3	5 min	Active film
20	3	5	5 min	Active film
21	5	0	5 min	Active film
22	5	1	5 min	Active film
23	5	3	5 min	Active film
24	5	5	5 min	Active film
กรรมวิธีทำเพิ่มเติมไม่ซ้ำสาร รวม 2 กรรมวิธี ได้แก่				
25	0	0	Control 1	Clamshell
26	0	0	Control 2	Active film

เตรียมสารทดแทนตามกรรมวิธีด้านบนโดยละลายสาร SMS ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการและเติมกรดเกลือที่ระดับความเข้มข้นที่ต้องการลงไปผสมปรับปริมาตร 2 ลิตร นำลิ้นจี่ที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ โดยการแช่กรรมวิธีละ 5 นาที วัด pH ของสารละลายก่อนและหลังแช่ ผึ่งให้แห้งจากนั้นบรรจุใส่ถุงพลาสติกหรือกล่องพลาสติกจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ และนำไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 °C, 85-90% RH นาน 7 วัน การบันทึกข้อมูล สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพในวันแรกของการทดลอง และภายหลังการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 5 °C, 85-90% RH และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน ได้แก่

- วัดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005)

- เปอร์เซ็นต์ผลดี และผลเสีย คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล

- การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°)

- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับทั้งเปลือกและเนื้อผล

2) ผลของกรดต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ในรูปแบบการค้า

คัดเลือกนำเทคโนโลยีที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 7.3.1) มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุมาทดสอบซ้ำอีกครั้ง

กรรมวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (กล่อง chamshell) ได้แก่

Tr.1 = 1%HCl+SMS 1%

Tr.2 = 1%HCl+SMS 3%

Tr.3 = 1% HCl+SMS 5%

Tr.4 วิธีการทางการค้า (SO₂)

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

โดยใช้ลีนจีพันธุ์ฮวงฮวย จากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก อยู่ในสารที่มีประสิทธิภาพในการทดลองข้อที่ 7.3.1) ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 7 และ 28 วัน ได้แก่

- วัดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005)

- เปอร์เซ็นต์ผลดี และผลเสีย คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล

- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับทั้งเปลือกและเนื้อผล

- เวลาและสถานที่ ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การทดสอบการแช่กรดต่อสีผิวลีนจีพันธุ์ฮวงฮวย

1) การคัดเลือกชนิดของกรดที่ใช้แช่ต่อการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล (การทดลองเบื้องต้น) พบว่าการแช่กรดทุกชนิด คือ T4-T7 มีประสิทธิภาพดีกว่าทุกกรรมวิธี สรุปลแล้ว T7 = การใช้กรดเกลือเข้มข้น 5 นาทีจะมีต้นทุนต่ำที่สุด และ T4 = แช่เกลือโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% + กรดเกลือ 1% นาน 5 นาที น่าจะนำไปศึกษาในระดับที่ใหญ่ขึ้น ส่วนการแช่กรดเกลือ และกรดอื่นๆ ที่ปลอดภัย เช่น กรดซิตริก กรดฟอสฟอริก และกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้นต่ำลงสามารถช่วยเพิ่มสีแดงของผิวเปลือกได้แต่ไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ส่งออกต้องการสีแดงของผลอย่างเดียวหรือยืดอายุ

2) ทดสอบแช่กรดเกลือในตะกร้าขนาด 3 kg ในถังพลาสติกขนาดเล็ก พบว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในสีผิวการแช่กรดกรรมวิธี 1-3 และที่ 4 ดีกว่าวิธีที่ 5 คือ การรม SO₂ ที่สีผิวเหลืองอมเขียว แต่คุณภาพในเนื้อผลไม่แตกต่างกันระหว่างการแช่กรดและวิธีทางการค้า (T1-5) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าต่ำกว่า 5.0 ในทุกด้าน (ตารางที่ 2)

- การแช่กรด HCl 5% นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางการค้า ได้แก่ รม SO₂ และรม SO₂ + แช่กรด HCl 5.0% รวมทั้งลีนจีที่ไม่ได้รม+ไม่ได้แช่สาร การแช่กรด HCl ความเข้มข้นสูงขึ้น คือ 6.4% นาน 5 นาทีมีผลทำให้ pH ของเปลือกผลมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 2.17 ทำให้มีผลต่อคะแนน

ความผิดปกติของเนื้อไม้ค่าสูงและผลนิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบวิธีทางการค้าระหว่าง ร่ม SO₂ และ ร่ม SO₂ + แช่กรด HCl 5.0% วิธีรม SO₂ 1.5% นาน 60 นาที เมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน คุณภาพผลดีที่สุด ผลไม้ไม่นิ่ม (ตารางที่ 3) การแช่กรด HCl 5% นาน 5 นาทีจึงนำไปใช้แช่ลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยได้พบว่าผู้บริโภคยอมรับสีผิวเปลือก สีเนื้อ ความแน่นเนื้อ กลิ่น รสชาติ และโดยรวมพบค่าสูง และคะแนนสีเนื้อมีค่า 1.2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับเบญจมาศ และคณะ (2546)พบว่าสำหรับคุณภาพการรับประทานนั้นพบว่า ลิ้นจี่ที่ไม่รม SO₂ แต่จุ่มกรด HCl (pH 0.4) นาน 1.5 หรือ 3.5 นาที และ control ยังมีคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับแม้จะเก็บรักษาไว้นาน 3 สัปดาห์ที่ 2°C เมื่อเปรียบเทียบกับ ลิ้นจี่ที่รม SO₂ และจุ่ม HCl มีคุณภาพการรับประทานที่ดีน้อยกว่า และผลลิ้นจี่นิ่มลง อาจเกิดจากการแช่ HCl ทำให้ SO₂ ซึมเข้าเนื้อได้มากขึ้นเนื่องจาก SO₂ ทำงานได้ดี เมื่อ pH เป็นกรด (Paull *et al.*, 1998) แต่ไม่สอดคล้องกับสดศรี (2546) พบว่าการแช่ลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวยใน 4% HCl นาน 4 นาที ภายหลังจากขัดผิวด้วยระบบ HWB ที่ 50°C นาน 1 นาที คุณภาพของเนื้อไม้มีการเปลี่ยนแปลง และผู้บริโภคไม่ยอมรับ แต่ใช้กับพันธุ์คอมพิวเตอร์

ตารางที่ 2 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคหลังการเก็บรักษาผ่านไป 10 วันที่ 5 °C, 85% RH.

กรรมวิธี	การยอมรับของผู้บริโภค					
	สีเปลือก	สีเนื้อ	ความแน่นเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	โดยรวม
T1=แช่กรด HCl 5.0%	7.10 a	6.30 a	6.30 a	6.60 a	6.60 a	6.70 a
T2=แช่กรด HCl 6.0%	6.70 a	6.40 a	5.80 a	6.10 a	6.10 a	6.10 a
T3=แช่กรด HCl 6.4%	6.70 a	6.20 a	6.00 a	6.10 a	6.00 a	6.20 a
T4=รม SO ₂ + แช่กรด HCl 5.0%	7.00 a	6.30 a	6.50 a	6.40 a	6.30 a	6.30 a
T5=รม SO ₂	4.20 b	5.90 a	6.30 a	6.20 a	6.30 a	6.20 a
T6= Control ไม่ได้รม, แช่กรด	1.50 c	4.80 b	4.80 b	4.70 b	4.40 b	4.20 b
F-test	*	*	*	*	*	*
%CV	5.11	5.01	5.04	5.34	4.65	6.36

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 คุณภาพผลหลังการเก็บรักษาผ่านไป 10 วันที่ 5 °C, 85% RH

กรรมวิธี	คะแนนการเกิดสีน้ำตาล	คะแนนความผิดปกติเนื้อ	pH เปลือก	pH เนื้อ
T1=แช่กรด HCl 5.0%	1.15 bc	1.20 ab	2.44 d	4.12
T2=แช่กรด HCl 6.0%	1.40 b	1.15 bc	2.32 d	4.11
T3=แช่กรด HCl 6.4%	1.60 b	1.35 a	2.17 e	4.16
T4=รม SO ₂ + แช่กรด HCl 5.0%	1.00 c	1.05 bc	2.55 c	3.94
T5=รม SO ₂	1.00 bc	1.00 c	4.68 b	4.50
T6= Control ไม่ได้รม, แช่กรด	5.00 a	1.00 c	5.00 a	4.45
F-test	*	*	*	NS
%CV	17.59	6.79	1.63	5.26

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) ทดสอบแช่กรดเกลือทั้งตะกร้าขนาด 11.5 kg ในถังพลาสติกความจุสารละลาย 60 ลิตร พบว่าการแช่กรดช่วยรักษาสีผิวให้แดงเมื่อการเก็บรักษาผ่านไป 10 วัน ซึ่งผู้ประกอบการลื่นจี้ได้ตรวจสอบสีผิวและยอมรับผลไม่เปลี่ยนสีผิวเป็นน้ำตาล แต่ควรเอาใบออกก่อน การนำน้ำแข็งไปผสมในกรดทำให้ความเข้มข้นเจือจางลงผู้ประกอบการต้องการผสมกรดเกลือน้ำแข็งในรางเลื่อนสแตนเลสสำหรับการส่งออกไปประเทศจีนพบว่าอาจจะยุ่งยากในการผสมและอันตรายไม่สามารถใช้มือจุ่มในกรดเข้มข้นได้ ควรปรับวิธีการใช้โดยใช้มีป้มกรดตุ้ดลงกรดจากถังเข้มข้นลงใต้น้ำที่ผสมไว้รอแล้ว จะปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

4) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผลที่ไม่แช่สารเคมีสีผิวเปลือกคล้ำลงแต่ผู้บริโภคเกือบทั้งหมดให้การยอมรับด้านคุณภาพและรสชาติ

- แนวโน้มระหว่างผลที่แช่สาร HCl 5% กับผลที่รม SO₂ พบว่าสีเปลือกนอกของผลที่แช่ HCl 5% ผู้บริโภคให้ความสนใจมากกว่าผลที่รมด้วย SO₂ และการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แต่จะมีจุดด้อยคือผู้บริโภคพบว่าผลที่แช่ HCl 5% เปลือกจะบางและนิ่มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง 2 ชนิดข้างต้น -ด้านรสชาติ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลที่รมด้วย SO₂ มากกว่าผลที่แช่ด้วย HCl 5% ซึ่งผลที่รมด้วย SO₂ จะมีรสชาติหวานใกล้เคียงกับตัวอย่างธรรมชาติ (control) กว่าผลที่แช่ด้วย HCl 5% ที่มีรสชาติดอมเปรี้ยวชัดเจน และผู้บริโภคก็ไม่มั่นใจว่าเกิดจากสารที่ใช้ทดสอบหรือเป็นรสชาติธรรมชาติ



ภาพที่ 4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อลื่นจี้แช่กรดเกลือ รมกำมะถันและไม่แช่สาร

5) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่กรดต่าง ๆ กับลื่นจี้พันธุ์ฮวงฮวยต่อการยืดอายุการเก็บรักษาในกล่องพลาสติก การแช่ลื่นจี้ในกรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพดีช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาล และคะแนนด้านคุณภาพการบริโภคด้านรสชาติดี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดอกซาลิก 15% วิธีที่ได้ผลดีเช่นกัน คือ แช่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% + HCl 1% นาน 5 นาทีแต่ควรจะทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ ขณะที่การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นและเก็บรักษาด้วยฟิล์มพลาสติก 2 ชนิด ได้แก่ active packaging และ ถุงพลาสติกเจาะรูเล็กๆ ผลลื่นจี้พบสีคล้ำลงเนื่องจากเกิดการสะสมน้ำตาลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่คุณภาพการบริโภคยังปกติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนสีน้ำตาล ค่า a* pH ของเปลือกผล คะแนนสีเนื้อ และคุณภาพรสชาติระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วัน (ตู้เย็นเสียจึงทดสอบได้นานเพียง 7 วัน)

กรรมวิธี	คะแนนสีน้ำตาล	คะแนนสีเนื้อ	คุณภาพรสชาติ
T1 = HCl 5% 5 min	1.93 c	1.00	3.90 a

T2 = oxalic acid 15% 5 min	4.00 b	1.00	3.80 a
T3 = SMS 5%+HCl 1% 5 min	1.33 c	1.00	2.20 c
T4 =SMS 5%+HCl 1% 5 min+HCl 5% 1 min	1.47 c	1.00	3.40 ab
T5 hydrocooling+active packagaging	3.67 b	1.00	3.25 ab
T6 hydrocooling+ถุงเจาะรู (peak force)	5.00 a	1.00	2.80 bc
F-test	*	NS	*
%CV	15.51	0.00	9.68

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

8.2 การทดสอบการพ่นฝอยกรดต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่

1) ผลของรูปแบบการพ่นฝอยที่เหมาะสมกับลิ้นจี่ (การทดลองเบื้องต้น) พบว่ารูปแบบที่เหมาะสม คือ แบบที่ 1 ใช้หัวพ่นดัดแปลงและใช้แรงดันจากถังก๊าซไนโตรเจน ส่วนแบบที่ 2 นั้นพบปัญหาไม่ทนต่อชนิดกรดที่ใช้กรดไปกัดทำลายพลาสติกที่ต่อกับหัว ultrasonic ส่วนแบบที่ 3 พบว่าเป็นฝอยไม่เพียงพอ จุดด้อยของวิธีพ่นฝอยคือ ความสม่ำเสมอของสารที่จะซึมเข้าผลจะไม่สม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับ การแช่หรือการรมควันด้วยก๊าซโดยตรง

2) การทดสอบการพ่นฝอยกรดต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่

2.1) ผลของรูปแบบการพ่นฝอยที่เหมาะสมกับลิ้นจี่ พบว่า T7 คือ แช่ HCl 5%+sodium chlorite 0.5% นาน 5 min มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพ่นฝอยทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คะแนนยอมรับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล เปลือกในผล และเนื้อผล หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ต่ำ 1 วัน

กรรมวิธี	เปลือกนอก	เปลือกใน	เนื้อ
T3	5.00	5.00	1.00
T7	2.75	2.75	1.00
T8	2.75	3.00	1.25
T9	3.25	3.25	1.50

8.3 การทดสอบการผสมกรดเกลือ (HCl) ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่

1) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ HCl+SMS กับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยรวมกับการการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ พบว่าการใช้ HCl 1% + SMS 1-5% และการใช้ HCl

3% + SMS 1% แช่นาน 5 นาที ค่าตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผลในวันแรกของการเก็บรักษาพบค่าต่ำกว่า 10 ppm เกณฑ์ของ EU (ตารางที่ 6) เมื่อเก็บรักษาต่ออีก 7 วันที่ 5 °C ในภาชนะบรรจุที่นิยมใช้จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า พบว่าการเก็บรักษาในกล่อง clamshell ที่เจาะรูพบค่าตกค้าง SO₂ ต่ำกว่า ถุง Active film ยี่ห้อ A (ไม่เจาะรูแต่ ออกแบบให้มีระดับ O₂ และ CO₂ เท่ากับ 5 และ 10%) ทั้งในเปลือกและเนื้อ เนื่องจากก๊าซ SO₂ สลายตัวได้เร็วกว่า (ตารางที่ 7 และ 8) การใช้ HCl 1% + SMS 1-5% แช่นาน 5 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาในกล่อง clamshell จึงเหมาะสมกว่า Active film

- การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล พบว่าส่วนการแช่กรด HCl อย่างเดียวกับร่วมกับการเก็บรักษาใน clamshell พบว่าการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่า HCl+SMS อย่างมีนัยสำคัญ ข้อสังเกต ในสีผิวหลังกรรมวิธีในวันแรกในการแช่สารละลายผสม HCl + SMS นั้น พบว่าการเก็บรักษาใน Clamshell เหมาะสมกว่าการเก็บรักษาใน Active film ผลลึ้นจีหลังแช่มีสีเหลืองเขียวเช่นเดียวกับการรม SO₂ แต่สีผิวเปลือกคืนกลับเป็นสีแดงชมพูได้เร็วกว่า เพราะสารละลาย HCl + SMS มีค่า pH เป็นกรด และเจาะรูกล่องจึงสัมผัสกับก๊าซ O₂ แต่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า

- การทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าการใช้ HCl และ SMS ความเข้มข้นสูงมีคะแนนการยอมรับสีผิวเปลือกนอกสูงกว่าการใช้ความเข้มข้นต่ำ โดยเฉพาะการใช้ HCl 5% ผสมกับ SMS 0-5% พบค่าการยอมรับด้านสีผิวเปลือกสูงที่สุด โดยพบค่าระหว่าง 2.87-3.12 (จาก 5 คะแนน) การใช้ร่วมกับ champ shell มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติและคุณภาพโดยรวมสูงกว่า Active film (ตารางที่ 9) การใช้ HCl ร่วมกับ SMS ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้สารใดสารหนึ่งอย่างเดียว ไม่มีความแตกต่างในสีเนื้อทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 10) การใช้ HCl+SMS ร่วมกับการเก็บรักษาใน clamshell เหมาะสมที่สุด ส่วนผลลึ้นจีที่ไม่แช่สารใดเลย (Control 1 และ 2) แนะนำให้เก็บในถุง Active film พบว่ามีคุณภาพด้านสีผิวเปลือกและเนื้อดีกว่า clamshell และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 °C และวางจำหน่ายนาน 3 วัน การใช้ HCl 3% + SMS 1% แช่นาน 5 นาที พบว่าสีผิวมีค่า 2.75 (จาก 5 คะแนน) เพราะสีเปลือกมีสีแดงมากกว่าการใช้การใช้ HCl 1% + SMS 1-5% แช่นาน 5 นาที พบค่าระหว่าง 1.75-2.25 เนื่องจากมีส่วนผสมของกรด HCl มากกว่านั่นเอง ในขณะที่ผลลึ้นจีที่ไม่แช่สารเคมี สามารถเก็บรักษาในถุง Active film ได้พบคะแนนการยอมรับหลังผ่านไป 7 วันค่าเท่ากับ 2.75 สูงกว่ากล่อง clamshell แต่เมื่อนำออกจากถุงสัมผัสกับออกซิเจนสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 6 ผลของ HCl ผสมกับ SMS ต่อการตกค้างของ SO₂ ในวันแรกของการเก็บรักษา

HCl (%)	SMS (%)	SO ₂ residue in flesh (ppm)	SO ₂ residue in pericarp (ppm)	SO ₂ residue in whole fruit (ppm)
1	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f
1	1	1.29 d	545.40 c	111.26 de
1	3	1.09 d	497.94 cd	93.95 e
1	5	1.77 d	1,676.10 a	374.50 a
3	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f

3	1	2.13 d	354.72 cd	93.92 e
3	3	47.39 b	858.94 b	211.53 c
3	5	136.80 ab	1,524.30 a	368.74 a
5	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f
5	1	38.32 c	272.51 d	70.35 e
5	3	114.56 ab	423.30 cd	139.41 d
5	5	157.12 a	1,079.20 b	284.35 b

ตารางที่ 7 ผลของปัจจัยของการใช้ HCl SMS และบรรจุภัณฑ์ต่อการตกค้างของ SO₂ ในผลภายหลังการเก็บรักษา 7 วันที่ 5°C

Combined treatments	(%)	SO ₂ residue in flesh (ppm)	SO ₂ residue in pericarp (ppm)
A = hydrochloric acid	1	5.40 c	210.76 ab
	3	45.05 b	243.14 a
	5	61.10 c	179.26 b
B = SMS	0	1.87 c	1.42 d
	1	17.93 c	206.36 c
	3	38.87 b	296.89 b
	5	90.97 a	351.55 a
C = packaging	clamshell	3.03 b	133.87 b
	Active film	71.34 a	294.24 a
	A	*	*
	B	*	*
	C	*	*
Interaction effect	AxB	*	*
	AxC	*	*
	BxC	*	*
	AxBxC	*	*

ตารางที่ 8 ผลของ HCl ผสมกับ SMS และบรรจุภัณฑ์ต่อการตกค้างของ SO₂ ระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วันที่ 5°C

HCl (%)	SMS (%)	Packaging	SO ₂ residue in flesh (ppm)	SO ₂ residue in pericarp (ppm)
1	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
1	1	Clamshell	1.95 c	216.44 de
1	3	Clamshell	2.34 c	190.41 de
1	5	Clamshell	1.73 c	447.44 bc
3	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
3	1	Clamshell	2.05 c	98.57 def
3	3	Clamshell	4.50 c	134.02 def
3	5	Clamshell	1.82 c	164.75 def
5	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
5	1	Clamshell	1.64 c	96.98 def
5	3	Clamshell	1.65 c	91.70 def
5	5	Clamshell	18.73 c	166.16 def
1	0	Active film	5.00 c	3.73 f
1	1	Active film	3.28 c	419.20 bc
1	3	Active film	1.87 c	479.89 b
1	5	Active film	27.03 c	1.00 f
3	0	Active film	3.60 c	3.00 f
3	1	Active film	1.39 c	279.38 cd
3	3	Active film	98.71 b	452.07 bc
3	5	Active film	248.36 a	813.32 a
5	0	Active film	2.60 c	1.80 f
5	1	Active film	91.88 b	127.58 def
5	3	Active film	124.17 b	433.24 bc
5	5	Active film	248.16 a	516.61 b

ตารางที่ 9 ผลของปัจจัยของการใช้ HCl SMS และบรรจุภัณฑ์ต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในเปลือกและเนื้อระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วันที่ 5°C

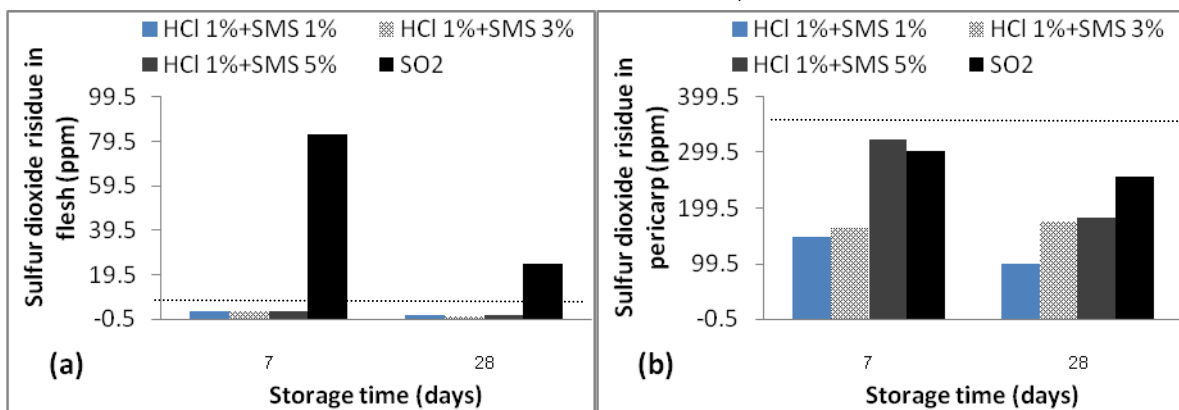
Combined treatments (%)	Outer Pericarp (scores)	Inner Pericarp (scores)	Flesh taste (scores)	Overall accepted (scores)
A = hydrochloric acid				
1	1.94 b	2.75	2.44 a	2.52
3	2.34 ab	2.5	2.02 b	2.24
5	2.66 a	2.64	2.09 ab	2.34
B = SMS				
0	1.70 b	2.22	2.06	2.13
1	2.67 a	2.75	2.35	2.40
3	2.52 a	2.65	2.06	2.42
5	2.35 a	2.92	2.25	2.52
C = packaging				
clamshell	2.4	2.61	2.33 a	2.54 a
Active film	2.22	2.65	2.03 b	2.19 b
A	*	NS	*	NS
B	*	NS	NS	NS
C	NS	NS	*	*
Interaction effect				
AxB	NS	NS	NS	NS
AxC	*	NS	NS	NS
BxC	NS	NS	NS	NS
AxBxC	NS	NS	NS	NS
CV%	46.44	50.09	46.58	40.32

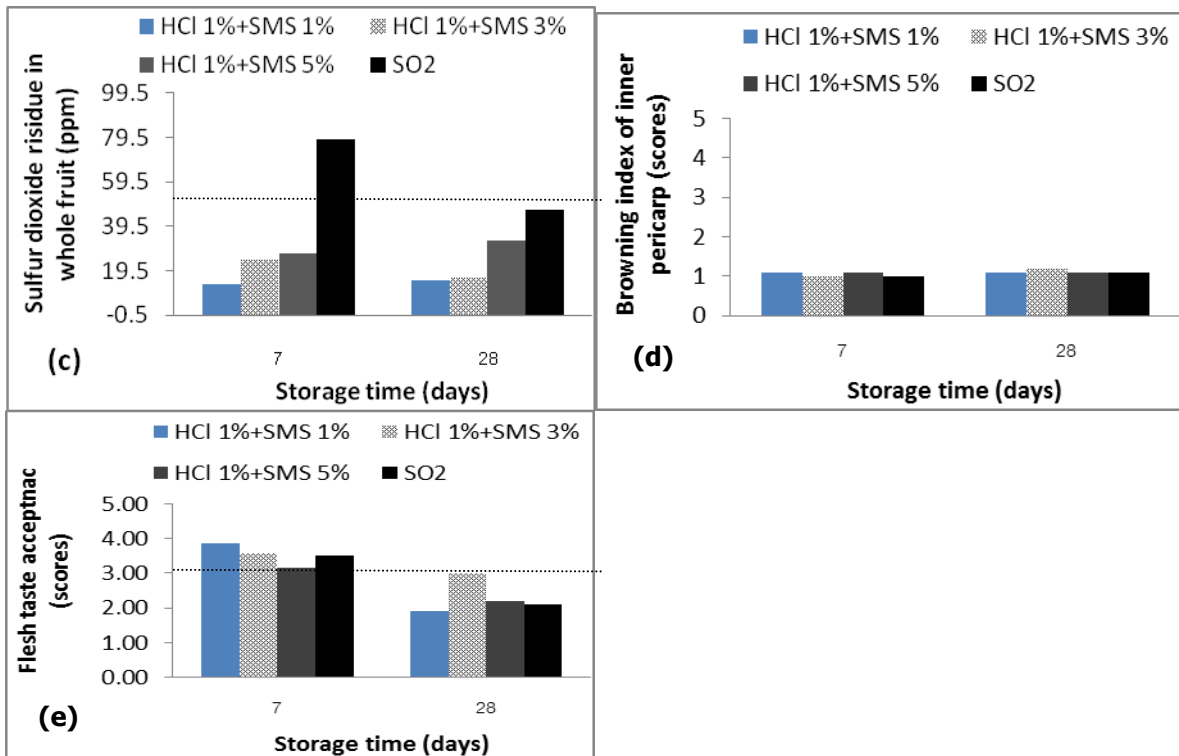
ตารางที่ 10 ผลของปัจจัยของการใช้ HCl SMS และบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาลและสีเนื้อระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วันที่ 5°C

Combined treatments (%)	Browning index of outer pericarp (scores)	Browning index of inner pericarp (scores)	Flesh discoloration (scores)
B = hydrochloric acid			
1	2.00 a	1.84 a	1.18
3	1.74 b	1.66 a	1.04
5	1.44 c	1.32 b	1.00
A = SMS			
0	3.81 a	3.23 a	1.28
1	1.03 b	1.04 b	1.01
3	1.04 b	1.04 b	1.02

	5	1.03 b	1.10 b	1.00
C = packaging	clamshell	1.74	1.72 a	1.13
	Active film	1.72	1.49 b	1.02
	A	*	*	NS
	B	*	*	NS
	C	NS	*	NS
Interaction effect	AxB	*	*	NS
	AxC	NS	NS	NS
	BxC	NS	*	NS
	AxBxC	NS	NS	NS

2) ผลของกรดต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ในรูปแบบการค้า พบว่าการใช้ 1%HCl+SMS 1-5% ทุกกรรมวิธีพบค่าตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผลต่ำกว่าวิธีการรมควัน SO₂ อย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการเก็บรักษานาน 28 วันพบค่าตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 10 ppm (เกณฑ์ของ EU) (ภาพที่ 5a)เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมด้วย SO₂ ที่การตกค้างในเนื้อพบค่าสูงเกิน 50 ppm นอกจากนี้การพิจารณาค่าการตกค้าง SO₂ ทั้งผลหากส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ที่อ้างอิงค่าของ Codex พบว่าการใช้ 1%HCl+SMS 1-5% ทุกกรรมวิธีพบค่าต่ำกว่า 50 ppm (เกณฑ์ของสิงคโปร์ทั้งผลต่ำกว่า 50 ppm) ภายหลังจากเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน (ภาพที่ 5c) การประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลพบว่าการใช้ 1%HCl+SMS 3% มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกนอกต่ำไม่แตกต่างจากการใช้ SO₂ (ภาพที่ 5d) แต่พบคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าด้านรสชาติสูงกว่าทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 5e) ขณะที่สีเนื้อพบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันพบค่าต่ำ 1.0





ภาพที่ 5 ผลของการแช่ 1%HCl+SMS 1-5% ต่อการตกค้างในเนื้อผล (a) ในส่วนเปลือกผล (b) และค่านวมทั้งผล (c) ของผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษานาน 7 และ 28 วันที่ 5 °C, 85% RH (เส้นปะ คือ ค่า MRL ของการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮวยในสารผสมระหว่างกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 1% ผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 3% นาน 5 นาที ต่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 28 วันที่ 5 °C, 85% RH พบค่าการตกค้างของ SO₂ ตกค้างต่ำกว่า 10 ppm ในเนื้อผล และต่ำกว่าเมื่อคำนวณค่าการตกค้างทั้งผล คือ 50 ppm ใช้ทดสอบการส่งออก ไปประเทศที่เข้มงวดได้ ส่วนการรวมค้นพบค่าตกค้างในเนื้อผลและทั้งผลเกินเกณฑ์มาตรฐาน

การยอมรับของผู้บริโภคนิยมบริโภคผลลิ้นจี่ที่มีสีผิวสีแดง การใช้ HCl เข้มข้น 1% ผสมกับ SMS 3% นาน 5 นาที สีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหลังการแช่และจะเปลี่ยนมาเป็นสีชมพูภายใน 7 วัน หากต้องการผลสีแดงสามารถปรับการใช้ HCl เข้มข้น 3% ผสมกับ SMS 1% ทดแทนได้

การแช่กรด HCl กับลิ้นจี่พันธุ์ฮวยที่ความเข้มข้น 5% นาน 5 นาที พบว่าสีผิวเปลือกมีสีแดงทันที แต่จำเป็นต้องทำการเก็บรักษาที่ห้องเย็นไว้ 1 คืนถึงนำมาแช่ช่วงเช้าเพราะแช่ทันทีผลจะแตกเพราะกรดความเข้มข้นสูง การเก็บรักษาสามารถแช่ได้ทั้งตะกร้าความจุ 11.5 กก หรือแบ่งจำหน่ายในกล่องพลาสติก clamshell ได้ในห้างสรรพสินค้าได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 สามารถนำไปทดสอบการส่งออกประเทศปลายทางที่เข้มงวดได้ เช่น ประเทศสิงคโปร์ที่กำหนดค่า SO₂ ตกค้างในลึนจีที่ผลตาม Codex กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ppm และ EU กำหนดไว้ในเนื้อผล 10 ppm หรือประเทศที่ห้ามใช้ เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดาได้

10.2 การผสมกรดและ SMS ต้องทดสอบการผสมที่ปลอดภัยเพราะมีแก๊ส SO₂ เกิดขึ้น และมีเครื่องมือตรวจสอบ เช่น ปั่นทนกรดเป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

10.3 สามารถนำไปทดสอบการแช่ลึนจีที่จำหน่ายภายในประเทศได้ทั้งจำหน่ายมัดปุกหรือในกล่อง clamshell ลดปัญหาผิวคล้ำเนื่องจากการสูญเสียน้ำของเปลือกได้

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) เจ้าหน้าที่สวพ.1 และผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุลึนจี และฝ่ายสถิติ กรมวิชาการเกษตร

12. เอกสารอ้างอิง

จำนง อุทัยบุตร. 2542. การพัฒนาของแอนโทไซยานิน กลไกการควบคุมและเทคนิคในการปรับปรุงสีในลึนจี.

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 57 หน้า.

เบญจมาศ รัตนชินกร; วีระอนงค์ คำศิริ; สุพัตรา วิชาชัย; จตุพร สิงห์โต; สายฉัตร พงศ์กระวี 2546. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลึนจีที่ผ่านการปรับสภาพสีผิว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 34(4-6 (Suppl.): 72-75.

รัมย์พันธ์ โกศลนันทน์ และ วีรภรณ์ เดชนาปัญญาชัย. 2554. การใช้กรดเพื่อลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลึนจีพันธุ์จ๊กพรรดี. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 42 : 1 (พิเศษ) : 43-46.

สดศรี เนียมเปรม. 2547. โครงการวิจัยที่ ภ.46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและ ระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุการเก็บรักษาและการรักษา สีผิวของลึนจี. สถาบันวิจัยวิทยาและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.

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.

Paull, R.E., M.E. Reyes, 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.

Yu, S.L., Nan, L.C. and Lih, S.K. 2012. Influence of dipping in sodium metabisulfite on pericarp browning of litchi cv. Yu Her Pau (Feizixiao). *Postharv. Biol. Technol.* 68: 72-77.



ภาพที่ 1 สีผิวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยหลังแช่ใน HCl 1% + SMS 1% นาน 5 นาที เก็บรักษาในกล่อง clamshell และถุงฟิล์ม active ในวันแรก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน