

การพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก

Development of Postharvest Management of Longan for Exporting

วิทยา อภัย¹ สมเพชร เจริญสุข¹ สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง¹ นิพนธ์ สุขวิบูลย์¹ อุทัย นพคุณวงศ์¹

สนอง อมฤกษ์² สติชัยพงศ์ รัตนคำ² ชัยวัฒน์ เผ่าสันตพัฒน์ชัย² มานพ หาญเทวี³

Wittaya Apai¹ Sompetch Jaroensuk¹ Suttinee Likhitrakulrungs¹ Nipat Sukvibul¹ Uthai Noppakoonwong¹

Sanong Amarook² Satippong Rattanakam² Chaiwat Paosantanpanid² Manop Hantavee³

ABSTRACT

Longan is one of the important economic for export of Thailand but it is short shelf life by 2-3 days caused by pericarp browning and fruit rotting. Fruit fumigated with sulfur dioxide (SO₂) could commercially extend shelf life during export for 30-40 days but it frequently detected SO₂ residue problem over than limit standard in imported countries, i.e. P.R.China. Some restricted countries have not accepted fruit fumigated SO₂ thus it limited contents of fresh Thai longan for export. Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai province conducted the research and development on postharvest management of longan for exporting from 2010-2013. The objective was to find the new alternative to replace SO₂. The results found that some advices on decreasing SO₂ residue in fruit flesh for export, i.e. fruit wetting from rain should be dipped in HCl 1% containing sodium metabisulfite 5% for 5 minutes. It was found that SO₂ residue in fruit flesh was significantly less than the conventional method. The researches on the alternative to replace SO₂ found that dipping in HCl 6.4% for 5 minutes showed the highest efficacy and prolonged shelf life for 35 days at 2-5°C and 85-90% RH. This treatment had low HCl residue in fruit flesh and thus safe for consumer. The exporter and consumer acceptances had 82 and 80%, respectively. The capacity of this method was 10 baskets per 5 minutes/time and this could be greatly benefited for longan exporters in commercial scale.

Key words: sulfur dioxide (SO₂), hydrochloric acid (HCl), Good Fumigation Practice for SO₂ fumigation plant.

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (Office of Agricultural Research and Development Region 1)

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (Agricultural Engineering Research Institute, Chiang Mai)

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ (Chiang Mai Agricultural Research and Development Center)

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่เก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสีย การรมลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างส่งออกได้นาน 30-40 วัน แต่บ่อยครั้งที่พบปัญหาการตกค้างของ SO_2 ในผลเกินค่ามาตรฐานกำหนดของสาธารณสุขประชาชนจีนและมีบางประเทศไม่ยอมรับผลไม้ที่ผ่านการรมก๊าซ SO_2 ทำให้เป็นข้อจำกัดในการส่งออกลำไยของไทย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก ระหว่างปี 2553-2556 โดยการวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่ทดแทนการรมก๊าซ SO_2 ผลการดำเนินงานได้คำแนะนำลดการตกค้างของ SO_2 เช่น ผลที่เปียกน้ำฝนควรแช่กรดเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% นาน 5 นาที พบว่า การตกค้างของ SO_2 ต่ำกว่าการรมก๊าซ SO_2 ปกติ การวิจัยหาเทคโนโลยีทดแทนการรมก๊าซ SO_2 เพื่อยืดอายุเก็บรักษาลำไย พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 6.4% นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ 2-5 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ได้นาน 35 วัน มีการตกค้างของ SO_2 ต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ประกอบการส่งออกและผู้บริโภคยอมรับร้อยละ 82 และ 80 ตามลำดับ คณะวิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องดันแบบแช่กรดไฮโดรคลอริกแทนแรงงานคนสามารถแช่ได้ 10 ตะกร้าพลาสติกต่อเวลา 5 นาที ซึ่งผลงานวิจัยและพัฒนานี้ผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งออกลำไยได้ต่อไป

คำสำคัญ : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, กรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ), หลักเกณฑ์การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

คำนำ

ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลลำไยมีอายุเก็บรักษาสั้น ได้แก่ สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพราะสูญเสียสีภายใน 2-3 วันหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อาการสะท้อนขาวภายใน 7-10 วัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °ซ และปัญหาการเน่าเสียจากการเข้าทำลายของเชื้อรา (Jiang *et al.*, 2002) การรมผลด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ช่วยฟอกสีผิวเปลือกให้มีสีเหลืองทองและฆ่าเชื้อที่ผิวเปลือก จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30-40 วัน ที่อุณหภูมิ 2-5 °ซ (Tongdee, 1994) แต่อย่างไรก็ตามพบปัญหาที่ตามมาจากการใช้ก๊าซ SO_2 ในเชิงการค้า การหาสารทดแทนจึงเป็นสำคัญต่อการแก้ไขปัญหานี้ในอนาคต

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของ SO_2 ในผล เช่น ผลที่มีความสุกแก่เกินไป และผลที่เปียกน้ำฝนหรือหมอกความชื้น (พงษ์พันธุ์และคณะ, 2551) ส่วนมากผู้ประกอบการไม่รับซื้อลำไยเปียกฝนช่วงฤดูการผลิตเพราะรวมวันแล้วอาจจะตกค้างสูงเกินค่ากำหนด กรณีรับซื้อมาแล้วต้องเป่าแห้ง 1 คืนจึงรวมวัน มีผลทำให้ผิวเปลือกลำไยแห้งการรวมวันอาจจะขาดประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคการแช่เป็นเทคนิคหนึ่งที่ผู้ประกอบการสนใจเพราะสามารถนำมาแช่ได้ทันทีได้และอาจพบค่าตกค้าง

ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมควันในปัจจุบัน พรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าการผสม sodium metabisulfite (SMS) เข้มข้น 7.5% กับกรด oxalic acid เข้มข้น 5% แช่นาน 5 นาที ช่วยทำให้สีผิวเปลือกลำไยมีความสม่ำเสมอขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ SMS ที่ไม่ผสมกรด แต่ขาดข้อมูลยืนยันถึงการตกค้างในผล ดังนั้นการศึกษาการใช้กรด HCl ที่ต้นทุนต่ำมาปรับพีเอชเกลือซัลไฟต์ให้ต่ำลง นอกจากยืดอกอายุการเก็บรักษาได้นานเท่ากับการรมควันแล้ว และอาจจะทำให้การตกค้างในเนื้อผลลดลงได้ต่ำกว่าวิธีการรมควัน จึงเป็นรูปแบบที่น่าสนใจสำหรับทดแทนการรมควันในอนาคต

การวิจัยเพื่อหาสารเคมีหรือเทคโนโลยียืดอกอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมกำซัล SO_2 เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้ประกอบการมีความต้องการ เพื่อเตรียมการสำหรับในอนาคตหากประเทศคู่ค้ายกเลิกหรือเข้มงวดต่อการใช้กำซัล SO_2 ในลำไย ที่ผ่านมาการวิจัย เช่น การแช่สารเคมี การเคลือบผิว การเก็บรักษาแบบคัดแปลงบรรยากาศและควบคุมบรรยากาศ ตลอดจนการใช้ความร้อนและความเย็นในการยืดอกอายุการเก็บรักษาลำไย (วิชาและคณะ, 2546; Jiang *et al.*, 2002; Jiang and Li, 2001) ยังด้อยประสิทธิภาพและมีต้นทุนสูงกว่าการรมกำซัล SO_2 แต่สำหรับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นสารเคมีที่ใช้แช่ผลเพื่อยืดอกอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ (สดศรีและคณะ, 2547; Lichter *et al.*, 2000) และลำไย (Drinan, 2004) ซึ่งการแช่ HCl มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการรมกำซัล SO_2 แต่การหาเทคโนโลยีหรือสารทดแทนกำซัล SO_2 จะต้องมีประสิทธิภาพลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลที่เปลือกผล ควบคุมการเน่าเสีย คุณภาพผลเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออก ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาหาเทคโนโลยียืดอกอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมกำซัล SO_2 สำหรับใช้ในอนาคต จึงเป็นสิ่งสำคัญ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารทดแทน SO_2 ต่อการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาล

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ ใช้ลำไยผลเดี่ยวจำนวน 5 ผล/ซ้ำ (ถาดโฟม) และตัดขั้วยาวไม่เกิน 5 ซม. นำมาล้างน้ำไหลนาน 1 นาที และผึ่งให้แห้ง กรรมวิธีได้แก่ แช่ใน citric acid หรือ ascorbic acid 5 10 20 และ 50% (w/v) หรือ oxalic acid 5 และ 10% (w/v) นาน 20 และ 60 นาที โดยเปรียบเทียบกับ hydrochloric acid (HCl) 1.5 N ที่แช่นาน 5 และ 20 นาที ภายหลังแช่เสร็จนำผลมาล้างด้วยน้ำสะอาดและเป่าผลด้วยพัดลมให้แห้ง บรรจุผลลำไยจำนวน 5 ผล/ถาดโฟม (เปิดถาดโฟม) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ และ ความชื้นสัมพัทธ์ 85% บันทึกผลประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกทั้งด้านในและนอก 5 ระดับตามวิธีของ Jiang and Li (2001) (1 = ผิวเปลือกปกติ, 3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25%, 5 = เกิดมากกว่า 50 %) และพีเอชของเปลือก (Joas *et al.*, 2005) ภายหลังเก็บรักษานาน 30 วัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมงก่อนบันทึกผล และใช้ การรมกำซัล SO_2 และไม่แช่สารเป็นกรรมวิธีควบคุมร่วม

2. ผลของความเข้มข้นกรดเกลือต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล

วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 2 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ได้แก่ การแช่ผลใน HCl ความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ 12% นาน 5 นาที โดยไม่ล้างสารออก เปรียบเทียบกับแช่ HCl 6% นาน 35 นาที + ล้างสารออก, SO₂ และผลลำไยที่ไม่แช่สารเคมี ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg ที่เก็บรักษาไว้ 1 คืน ที่ 5 °ซ มาล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ผลลำไยสดทั้งตะกร้าในสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ 12% ปริมาตร 60 ลิตร เติมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% แช่นาน 5 นาที ขยับตะกร้าไปมาระหว่างแช่เพื่อให้กรดซึมเข้าเปลือกได้ทั่วถึง หลังแช่ทิ้งไว้ 10 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °ซ, 85% RH ทันที เปรียบเทียบกับการแช่ผลใน 6% HCl นาน 35 นาที+ล้างให้สะอาด+ผึ่งนาน 10 นาทีและขึ้นตู้ทันที และ SO₂ รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. สุ่มปริมาณ 1.5 กก. ต่อตะกร้า (ซ้ำ) ทุก 7 วันจนครบ 21 วัน วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกด้านใน เปอร์เซ็นต์ผลดี เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การเปลี่ยนสีเนื้อ 3 ระดับ (1 = ปกติ, 2 = สีเนื้อเปลี่ยนสีเล็กน้อยและยอมรับได้ และ 3 = สีเนื้อเปลี่ยนมากไม่ยอมรับ) พิเอชเปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรดเกลือในผล (ดัดแปลงจากวิธี AOAC, 2005b) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling 9 ระดับ

3. ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. ดังนี้ คือ ปัจจัยที่ 1 มี 2 กรรมวิธี ได้แก่ ผลที่รมก๊าซ SO₂ และผลที่แช่ HCl 6.4% นาน 5 นาที ปัจจัยที่ 2 มี 3 กรรมวิธี ได้แก่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 10 และ 30 °ซ นำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าที่เก็บรักษาไว้ 1 คืนที่ 5 °ซ ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด แช่ผลลำไยใน HCl 6.4% (pH 0.03) ผสมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% ไว้ประมาณ 300 ลิตร จะแช่ได้ถึงพลาสติกละ 4 ตะกร้า ผึ่งให้แห้ง และจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ที่กำหนดไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 1, 5, 10, 20 และ 30 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกด้านในและนอก เปอร์เซ็นต์ผลดี เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การเปลี่ยนสีเนื้อ พิเอชเปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรดเกลือในผล และการยอมรับผู้บริโภค และยังทดสอบอายุการวางจำหน่ายโดยการยอมรับของผู้บริโภคระหว่างการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน และประเมินอายุการเก็บรักษา พิจารณาจากการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลเมื่อคะแนนมากกว่า 3.0 (Jiang and Li, 2001) คะแนนการยอมรับของเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างใดอย่างหนึ่งน้อยกว่า 5 คะแนนหรือ (Lawless and Heymann, 1998) และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

4. การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

4.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก ได้แก่

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม รวม 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้ลำไยสดพันธุ์ดอนนอกฤดู พักไว้ที่รุ่มนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน 6% HCl ปริมาตร 60 ลิตร นาน 30

นาที่ ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งลำไยทิ้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C และความชื้นสัมพัทธ์ 85% นำตัวอย่างทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 300 คน ในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของประชากร ในรูปของความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย SPSS ครั้งที่ 2 เป็นการศึกษาร่วมกับผู้ประกอบการ โดยเข้าไปสัมภาษณ์และนำผลลำไยที่แช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที เป็นกรรมวิธีที่ปรับลดเวลาแช่ ให้ผู้ประกอบการทดสอบชิม และให้คะแนน

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม รวม 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม 2554 ตัวอย่างที่ใช้เป็นลำไยพันธุ์ค้อในฤดูกาล และบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. เป็นลำไยที่จะส่งออก นำไปรมก๊าซ SO₂ และขนส่งกลับมาห้องปฏิบัติการพักไว้ที่ห้องเย็นนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน HCl 6.4% ปริมาตร 60 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งลำไยทิ้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °C และ 85% RH นาน 10 วัน และนำตัวอย่างทดสอบ HCl เปรียบเทียบกับการรม SO₂ มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 433 คนในงานวันปทุมมาที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ ครั้งที่ 2 เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 200 คนในงานนิทรรศการพืชไร่ 80 ปี เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ เชียงใหม่

4.2 การทดสอบการส่งออก โดยคัดเลือกผู้ประกอบการโรงรมควันส่งออกลำไยนอกและในฤดูกาลจำนวน 3 บริษัทที่ให้ความร่วมมือ ส่งผลลำไยที่แช่กรด HCl ทดสอบส่งออกระหว่างเดือน พ.ย. 54 – ส.ค. 55 ร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ และลำพูน ได้แก่ บริษัทโอเค อินเตอร์เฟรช เทรดดิ้ง (ประเทศไทย), บริษัทหยวนเซิงเฟรช จำกัด และบริษัทรอยัล อินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด จำนวน 1 4 และ 2 ครั้งตามลำดับ รวมจำนวน 6 ครั้งในการส่งออกไปประเทศจีน และ อินโดนีเซียรวม 4 ครั้ง ส่งผ่านด่านประเทศไทยที่แหลมฉบัง จ.ระยอง และส่งต่อไปประเทศปลายทาง ควบคุมอุณหภูมิ 2°C และผู้ประกอบการที่ต้นทางประสานข้อมูลที่ประเทศปลายทางส่งผลให้ทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

5. การพัฒนาเครื่องแช่กรดเกลือต้นแบบและทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์

สร้างเครื่องแช่ต้นแบบดำเนินการที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ปี 2555-56 ขั้นตอนได้แก่ ศึกษาฐานเครื่องแช่ลิ้นจี่ และออกแบบ ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงต้นแบบให้แล้วเสร็จ และทดสอบการทำงานของเครื่องแช่ต้นแบบปรับปรุงแก้ไขให้แล้วเสร็จ จากนั้นนำไปทดสอบเครื่องและทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์ ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการ Post Harvest Technology Department และ Food & Nutrition Chemistry Section, Agri-Food & Veterinary Authority (AVA) ประเทศสิงคโปร์ ระหว่างวันที่ 15 กรกฎาคม – 13 สิงหาคม 2556 บริษัทผู้ส่งออก คือ พงษ์เจริญเทรดดิ้งหาดีใหญ่ จ.ลำพูน ประเทศไทย และบริษัทผู้นำเข้าบริษัท HUPCO ประเทศสิงคโปร์ ส่งออกวันที่ 12 ก.ค. 56 ขนส่งถึงบริษัทนำเข้า

วันที่ 19 ก.ค. 56 รวม 8 วัน จำนวนตะกร้ารวม 18 ตะกร้า รวม 4 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1-3 ทำกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (ตะกร้า) ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 HCl manual (ใช้คนแช่) กรรมวิธีที่ 2 วิธีการค้า (SO_2) กรรมวิธีที่ 3 ผลไม้แช่สาร และกรรมวิธีที่ 4 HCl dipping machine (ใช้เครื่องแช่) จำนวน 6 ซ้ำ (ตะกร้า) นำไปเก็บรักษาที่ 5°C, 85-90% RH ของ AVA นาน 20 วัน ประเมินการตกค้างของกรด HCl ในผล การตกค้าง SO_2 ในผล (Kirk and Sawyer, 1991) พิเศษของเปลือก และน้ำคั้น การยอมรับของผู้บริโภค การเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกผล การเปลี่ยนสีเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอายุการเก็บรักษา

6. การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

6.1 ผลของ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับกรดเกลือต่อคุณภาพ การยอมรับผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้าขนาด 11.5 กก. ได้แก่ 1) แช่ใน HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที 2) แช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที 3) รมด้วย SO_2 และ 4) ไม่แช่สารเคมี ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่ 5°C นาน 60 วัน สุ่มวัดการตกค้าง SO_2 ในเนื้อ ผล และเปลือกทุก 7 วัน ด้วยวิธี Optimized Monier Williams Method (AOAC, 2005a) เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C ครบ 7 วัน และจนครบ 60 วัน ทำการบันทึกคุณภาพผลทุกๆ 7 วัน จนครบ 60 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาล และการเปลี่ยนสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย พิเศษเปลือกและเนื้อ และปริมาณกรดเกลือตกค้างและการยอมรับของผู้บริโภค

6.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง

การทดสอบการส่งออกที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 2 ครั้งร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ คือ บริษัทหวนเชิงเฟรช จำกัด ได้แก่ ครั้งแรกลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศจีน ในเดือนพฤศจิกายน 2556 รวม 40 ตะกร้า แช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที ตรวจวัดค่า pH หลังแช่ทุกครั้ง สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และครั้งที่ 2 นำลำไยสีผิวไม่สวยสำหรับส่งไปประเทศอินโดนีเซียที่ค้างคืน 1 คืน ในเดือนธันวาคม 2556 รวม 20 ตะกร้า (สำหรับส่งออก) มาทดสอบแช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที แบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 แช่ทั้งตะกร้าโดยไม่เอาสายรัด+bubbles (แผ่นกันกระแทก) ออก และชุดที่ 2 แช่ทั้งตะกร้าแต่เอาสายรัดตะกร้า+bubblesออกก่อน หลังแห้งจึงนำ bubbles ใส่กลับคืนมัดสายรัดตะกร้า แบ่งเก็บรักษาที่ห้องเย็นห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 12 ตะกร้า สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่ 6 °C และตะกร้าที่เหลือนำกลับไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นบริษัท หวนเชิงเฟรช จำกัด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารทดแทน SO_2 ต่อการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาล การแช่ผลในกรด HCl เข้มข้น 1.5 N (~5%) นาน 20 นาที กรด oxalic acid เข้มข้น 10% นาน 60 นาที กรด citric acid เข้มข้น 50% นาน 60 นาที ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลคะแนนระหว่าง 1.00–1.30 ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 30 วันที่ 3 °ซ (เกณฑ์ยอมรับค่า browning index; BI $\leq$ 3.0) และพบค่า BI ไม่แตกต่างจากวิธีทางการค้า คือ รมด้วย SO_2 นาน 1 ชั่วโมง (ไม่แสดงข้อมูล) ประสิทธิภาพการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับการดูดซับของกรดในเปลือกกวัดได้จากค่า pericarp pH ทั้ง 3 กรรมวิธีพบค่า 2.87–3.06 ส่วน SO_2 พบค่า 4.35 เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สารพบค่า BI เท่ากับ 5.00 และค่า pericarp pH เท่ากับ 5.14 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนและประสิทธิภาพกรด HCl เข้มข้น 1.5 N นาน 20 นาที เหมาะสมสำหรับทดสอบสำหรับทดแทน SO_2 ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ (ไม่แสดงข้อมูล) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Drinnan (2004) แต่การนำไปใช้ประโยชน์ควรปรับปรุงเรื่องเวลาแช่และความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้เพราะเข้มนานเกินไป

2. ผลของความเข้มข้นกรดเกลือต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล การแช่ผลในกรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สาร (Figure 1a) พบคะแนนการเปลี่ยนสีเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับนาน 35 วัน (ค่าต่ำกว่า 2.0) เมื่อเปรียบเทียบกับ HCl ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นหรือเข้มนานเกินไป (Figure 1b) และความเข้มข้น HCl ที่สูงขึ้นกว่า 8% หรือแช่ HCl 6% นาน 35 นาทีพบว่า เปอร์เซ็นต์ผลเนื้อมากขึ้นและยุบตัวทำให้ผลเกิดการเน่าเสียจากเชื้อราบางชนิดมากขึ้น เกิดจากการดูดซับของกรดในผลที่มากเกินไป และตกค้างในเนื้อมากขึ้น (Figure 1c) การใช้ HCl ระหว่าง 6.4–8% และรม SO_2 พบว่าการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบระหว่าง 0.028 – 0.041 % (Figure 1c) ค่ามีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และ juice pH พบระหว่าง 6.81 – 7.58 พบว่าค่าไม่แตกต่างกันและยังพบว่าไม่แตกต่างจากผลไม่แช่สาร พบการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อสูงขึ้นเมื่อเข้มนานขึ้นหรือความเข้มข้นสูง 9% มีค่าสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (Figure 1c) สันนิษฐานว่ากรดซึมจากเปลือกเข้าเนื้อหรือเนื้อหลุดลงทำให้คุณภาพการบริโภคลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าการแช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที มีคะแนนการยอมรับทั้งสีเนื้อและรสชาติรองจากการใช้ SO_2 มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ (มากกว่า 5.0) นาน 21 วันที่อุณหภูมิ 3 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85% (Figure 1d)

3. ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา การใช้ HCl มีคุณภาพผลดีรองจากวิธีทางการค้า เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาพบว่าการใช้กรดเกลือเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ช่วยยืดอายุที่อุณหภูมิ 3, 10 และ 30 °C ได้นาน 30, 20 และต่ำกว่า 5 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 นาน 30, 20 และ 5 วัน ตามลำดับ เมื่อย้ายผลลำไยแช่กรดเกลือและเก็บรักษาที่ 3 °ซ มาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องโดยการสุ่มตัวอย่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษานาน 1, 5, 10, 20 และ 30 วัน พบว่าจะคุณภาพบริโภคด้านรสชาติจะเก็บรักษาได้

ไม่เกิน 3 วัน ในขณะที่ SO_2 นานมากกว่า 3 วัน (ไม่แสดงข้อมูล) การใช้ HCl และเก็บรักษาที่ 3 และ 10 °ซ ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลทั้งเปลือกและการเน่าเสียนานเท่ากัน คือ 40 วัน (Figure 2a-b) การชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อมานาน 30 และ 40 วัน และพบการตกค้างกรด HCl ในเปลือกสูง 0.25 - 0.38 % ค่าพีเอชเปลือกต่ำระหว่าง 2.92 - 3.16 เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 ที่พบค่าสูงกว่า แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางของพีเอชเนื้อพืชมะนาวระหว่าง 6.75 - 7.34 และการตกค้างของกรดเกลือในเนื้อไม่แตกต่างกันระหว่าง 0.027 - 0.034 % (Figure 2c) ค่าที่วัดใกล้เคียงกับการทดลองที่ 2 ส่วนอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำลงมีผลการช่วยชะลอการเน่าเสีย (Figure 2b) และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อได้นานขึ้นระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาผลลำไยที่แช่กรดเกลือช่วยยืดอายุได้นานที่สุดเมื่อพิจารณาจากสีเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90% รองลงมา คือ 10 °ซ และ 30 °ซ ตามลำดับ (Figure 2d)

4. การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

4.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก ได้แก่

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม ครั้งที่ 1 พบว่ากลุ่มผู้บริโภค ได้แก่ ภาครัฐ นักศึกษา ผู้ประกอบการ ค้าขาย เกษตรกร และอื่นๆ คะแนนการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยต่อลำไยสดที่แช่ HCl และรวม SO_2 มีค่า 5.86 ± 2.13 และ 5.95 ± 1.9 (จาก 9 คะแนน) (ไม่แสดงข้อมูล) ให้การยอมรับ HCl สำหรับเตรียมไว้เป็นสารทดแทนร้อยละ 84.7 และยอมรับ HCl ผู้บริโภคแนะนำให้ปรับปรุงสีผิวเปลือกนอกให้สม่ำเสมอ และปรับปรุงวิธีการแช่ HCl โดยลดเวลาการแช่ให้ต่ำกว่า 5 นาที โดยเพิ่มความเข้มข้น การทดสอบการยอมรับโดยผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกนอกฤดูกาล จำนวน 15 ราย จาก 9 บริษัท ทดสอบการชิม (ไม่แสดงข้อมูล) พบว่าให้การยอมรับลำไยที่ใช้ HCl เป็นสารทดแทน SO_2 จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 86.67 เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากมีความเห็นตรงกันว่าควรมีสารทดแทนเตรียมไว้ในอนาคต ครั้งที่ 2 ได้ปรับการแช่ผลใน HCl 6.4% นาน 5 นาที การทดสอบการยอมรับผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกในฤดูกาล จำนวน 9 ราย จาก 8 บริษัท พบว่าผู้ประกอบการยอมรับร้อยละ 77.78 (ไม่แสดงข้อมูล) ค่าเฉลี่ยทั้งสองครั้ง คือ ร้อยละ 82.22

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม ครั้งที่ 1 พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพผลโดยรวม 90.30% และครั้งที่ 2 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพโดยรวม 70% ค่าเฉลี่ยทั้งสองครั้ง คือ 80.15%

4.2 การทดสอบการส่งออก พบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง จาก 6 ครั้ง ได้แก่ ผลการตอบรับการส่งออกไปปลายทางประเทศสิงคโปร์ที่ตัดขั้วผลเดี่ยวบรรจุใส่กล่องพลาสติกขนาด 1 kg ได้ผลการตอบรับที่มีความเป็นไปได้ผลการประเมินคุณภาพ ผ่านทั้ง 2 ครั้ง (ไม่แสดงข้อมูล) ส่วนการส่งออกไปประเทศจีนและอินโดนีเซียที่แช่ทั้งตะกร้าและส่งออกทันทีพบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 1 ครั้ง จาก 4 ครั้ง พบว่าต้องปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติในเทคนิควิธีการแช่ ควรให้ผลลำไยแห้งก่อนเก็บรักษา และการบรรจุผลลำไยไม่ควรสวมฟิล์มพลาสติกปิดทับทั้งตะกร้าเพราะเพิ่มความอับชื้นและกระตุ้นการเน่าเสียและการเปลี่ยนสีเนื้อ

5. การพัฒนาเครื่องแช่กรดเกลือต้นแบบ ดำเนินการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องจุ่มสาร HCl ทำจาก สเตนเลสเกรด 304 หนา 1.2 มม. (Figure 3a-c) คัดแปลงจากเครื่องแช่ชิ้นเนื้อประกอบสำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการเติม-บำบัดสาร HCl (Figure 3b) 2) ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด (Figure 3c) 3) ขั้นตอนการแช่สาร อ่างแช่ HCl ขนาด กxยxส คือ 0.6 x 6 x 0.4 ม. ที่มีชุดหมุนเวียนกรด โดยใช้ปั๊มสเตนเลส 220 Vac ขนาด 3/4 HP อัตราไหลสูงสุด 7.2 ลบ.ม./ชั่วโมง หมุนเวียนสารแบบการไหลสวนทาง ผ่านท่อ PVC และมีวาล์ว เป็นตัวควบคุม และ 3) ชุดลำเลียง เป็นสายพานสเตนเลส และ 4) ขั้นตอนการเป่าแห้ง ด้วยชุดเป่าแห้ง มีพัดลมเป่าอากาศ ขนาด 12 นิ้ว 2 เครื่อง การทดสอบเครื่องแช่โดยเปรียบเทียบกระบวนการใช้ HCl กับใช้ SO₂ พบว่าเครื่องต้นแบบแช่ HCl มีความสามารถในการแช่ใช้เวลาเฉลี่ย 5.07 นาที เครื่องดังกล่าวทำงานได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับใช้แรงคนจุ่ม ความจุใช้ลำเลียงแช่ 10 ตะกร้าต่อ HCl ปริมาตร 1,200 ลิตร การทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์ พบการตกค้าง HCl พบในเปลือกมากกว่าเนื้อพบค่าระหว่าง 0.55 - 0.86 % (pericarp pH = 3.4 - 3.6) และการแช่ HCl ด้วยคน (manual) ไม่พบการตกค้างในเนื้อผล ส่วนการแช่ด้วยเครื่องแช่พบค่าต่ำมากระหว่าง 0.000-0.006% (ไม่แสดงข้อมูล) และพบค่าพีเอชเนื้อระหว่าง 6.78 – 7.03 ค่าพีเอชเนื้อใกล้เคียงกับการทดลองที่ 2-3 และ 7 ค่าลดลงเท่ากับ 0.000 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากรด HCl ในกระเพาะมนุษย์มีค่า 0.5% จึงปลอดภัยตามคำแนะนำของ FDA (1979) แต่ AVA ให้นำผลต่างๆ มายืนยันถึงความปลอดภัยว่าสามารถใช้ได้ เช่น จาก FDA และสารที่ใช้ควรเป็นชนิด food grade เป็นต้น สรุปกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ การใช้ SO₂ HCl machine HCl manual และผลไม้แช่สารมีอายุการเก็บรักษานาน 25, 27 และ 31 วัน ที่ 5°ซ ตามลำดับ (Figure 3d-f, 4a-d)

6. การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

6.1 ผลของ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite ต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดเกลือในผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การแช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 42 วัน ไม่แตกต่างจากวิธีการค้า คือ การรมด้วย SO₂ และกรรมวิธีทดแทน HCl (Figure 5a) เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้แช่สาร ผลการทดลองสอดคล้องกับพรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าสารประกอบซัลไฟต์เมื่ออยู่ในสภาพพีเอชเป็นกรด สารประกอบซัลไฟต์จะปลดปล่อยกรดซัลฟิวริกออกมามากกว่าพีเอช SMS ปกติที่ไม่ผสมกรดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน นอกจากนั้นพบค่าการเปลี่ยนสีเนื้อมีค่าต่ำไม่แตกต่างจากวิธีรม SO₂ นาน 1 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 1.0-1.1 เมื่อเปรียบเทียบกับ HCl และผลไม้แช่สาร ขณะที่ค่าการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อพบค่าต่ำกว่ากรรมวิธีทางการค้า SO₂ ในวันแรก (Figure 5b) และลดลงไม่แตกต่างกันภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วันขึ้นไป ค่าตกค้างที่ต่ำกว่าค่ากำหนดจึงเป็นผลดีต่อการส่งออกลำไยไปประเทศจีน การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบค่าต่ำทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันค่าลดลงต่ำเท่ากับ 0.00 ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 21 วัน ที่ 5°ซ การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% มี

ค่าไม่แตกต่างจากผลไม่แพร่เชื้อ ถือว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Figure 5d) ส่วนการตกค้างในเปลือกมีค่า 0.53 – 1.03% (Figure 5c) ค่าสอดคล้องการทดลองที่ 6 ส่วนค่าการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การใช้ HCl+SMS, SO₂, HCl และผลไม่แพร่เชื้อผู้บริโภคยอมรับคุณภาพด้านรสชาติ 35, 21, 21 และ 14 วัน ตามลำดับ (Figure 5f) ขณะที่การยอมรับด้านสีเนื้อ 35, 42, 35 และ 7 วัน ตามลำดับ (Figure 5e) ผลลำไยไม่แพร่เชื้อค่าต่ำลงเนื่องจากสีผิวเปลือกเริ่มคล้ำและคุณภาพเนื้อเริ่มเปลี่ยน ขณะที่คุณภาพเนื้อของทั้งสามกรรมวิธียังยอมรับได้เพียงพอต่อการส่งออก

6.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง ผู้ประกอบการทั้งต้นทาง คือ บริษัทหวนเชิงเฟรช และผู้นำเข้าที่ประเทศจีนยอมรับคุณภาพผลลำไยที่แช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที พบค่าตกค้าง SO₂ หลังแช่ 1 วันโดยเฉลี่ย 0.97 mg/kg บริษัทหวนเชิงจึงนำลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศอินโดนีเซียและค้ำคืนที่อุณหภูมิต่ำ มาทดสอบแช่ HCl+SMS พบว่าการแช่โดยรัดตะกร้าและไม่นำแผ่นกันกระแทกออกพบค่าตกค้างต่ำไม่แตกต่างเท่ากับ 4.33 และ 11.39 mg/kg ตามลำดับ ค่าสลายตัวลดลงใกล้เคียง 1 mg/kg เมื่อเก็บรักษา 1 สัปดาห์ขึ้นไป ค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด 50 mg/kg จึงพบความเสี่ยงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมควัน และลดการนำเข้าได้ วิธีการแช่สามารถนำไปใช้ทดแทนวิธีการรมควันได้หากประเทศจีนเริ่มเข้มงวดมากขึ้น และสามารถนำมาใช้กรณีผลลำไยเปียกได้ ผู้ประกอบการที่มีเครื่องแช่ลิ้นจี่อยู่แล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

สรุปผลการทดลอง

1. วิธีการแช่กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-5°C, 90% RH พบว่าเตรียมไว้ใช้ทดแทนสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอนาคตได้ มีอายุเก็บรักษาได้เฉลี่ยนาน 35 วัน คุณภาพการบริโภครองจากวิธีการค้าแต่ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่แพร่เชื้อ สีผิวเปลือกสีเหลืองอมส้ม การตกค้างของกรดในเนื้อต่ำปลอดภัย การพัฒนาเครื่องแช่สารต้นแบบพบว่ามีกำลังการผลิต 10 ตะกร้าต่อครั้ง แช่ครั้งละ 5 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานคนแช่ได้ครั้งละ 3 ตะกร้าต่อครั้ง ครั้งละ 5 นาที และต้องผึ่งจนผลแห้งก่อนเก็บรักษา

- นำไปใช้กับประเทศนำเข้าที่เข้มงวดการตรวจสอบสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เช่น สิงคโปร์ แคนาดา ยุโรป อเมริกา เป็นต้น สามารถใช้ร่วมกับการฉายรังสีหรือวิธีที่มีข้อกำหนด plant quarantine ได้ การประยุกต์ใช้กับลำไยส่งไปประเทศจีน ต้องเพิ่มความยาวเครื่องแช่ทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างน้อย 50 ตะกร้าต่อครั้ง

- การผสมเตรียมสารละลายกรดเกลือ ควรแต่งกายมิดชิด สวมหน้ากากกันสารเคมี ใส่ถุงมือ และควรมีมอเตอร์ดูดกรดเกลือจากถังบรรจุจะได้ปลอดภัยกว่าการใช้คนเท และต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสดต้นทุนก่อสร้าง 300,000 บาท แช่ผลผลิตได้ปริมาณมากและต่อเนื่อง ต้นทุนการใช้ HCl 6.4% ต่อลิตรเท่ากับ 2.11 บาท ถ้าผลการทดสอบดีสามารถนำไปทดสอบปรับใช้แช่ผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ลิ้นจี่ เป็นต้น การบำบัดด้วยปูนขาวปรับพีเอชจนเป็นกลาง

- กฎระเบียบการนำเข้าแต่ละประเทศความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นอุปสรรคต่อการใช้ HCl บางครั้งต้องมีการ Approval ก่อนจึงควรเลือกใช้ชนิด Food grade ไว้ก่อน การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% เมื่อเปรียบเทียบกับกรด HCl ในกระเพาะมนุษย์มีค่า 0.5% (pH 1-2) กรด HCl ผ่านการ approved จาก US-FDA ใช้เป็น food additive เป็นสารปลอดภัย (Generally recognized as Safe, GRAS) ในอาหารได้ (FDA, 1979) ภายใต้ระบบ GMP เมื่อนำเนื้อผลไม้เปลี่ยนสีเป็นสีแดง (discolored flesh) พบ cyaniding-3-glucoside ปริมาณ 0.021 มก./กก. เป็นสารแอนโทไซยานินจึงปลอดภัยต่อผู้บริโภคแต่ควรตรวจหาเพิ่มเติมเทคนิคขั้นสูงต่อไป

- ผลลำไยที่กรดเกลือหากเปลือกหนาควรแช่นานขึ้น หากเปลือกบางไม่ควรแช่นานเกิน 4 นาที เพื่อป้องกันผลแตก ควรเว้นเวลาหลังการเก็บเกี่ยวก่อนแช่นาน 8 ชั่วโมงหรือเก็บรักษาไว้นาน 1 คืนที่ 5 °ซ หรือผสมเกลือแคง 1% ลงไปในกรดจะช่วยลดปัญหานี้ได้ และขนาดผลเล็กจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าผลใหญ่จึงใช้เวลาแช่น้อยกว่า เป็นต้น การผสมโซเดียมคลอไรต์ (sodium chlorite) เพิ่มขึ้น 0.5 - 1% ในกรดเกลือเข้มข้น 5% แช่นาน 5 นาทีพบว่าสีผิวสวยกว่าเมื่อใช้กรดเกลืออย่างเดียวและป้องกันโรคได้ดีขึ้น

2. การใช้ SMS 5% +HCl 1% นาน 5 นาที สามารถใช้ทดแทนการรมควันได้ให้ผลที่น่าพอใจ ช่วยแก้ไขปัญหาลำไยเปลือกฝืนหรือหมอกน้ำค้างช่วงฤดูหนาวสร้างปัญหาให้กับผู้ประกอบการในการรมควันเพื่อส่งออก ควรเป่าผลให้แห้งก่อนรม วิธีนี้พบว่า SO₂ ตกค้างในเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของประเทศจีน การแช่ต้องระวังการสลายของก๊าซ SO₂ ผู้ปฏิบัติงานต้องป้องกันใส่หน้ากากกันก๊าซ สร้างฝาท่อรอบเครื่องแช่และอุปกรณ์สำหรับดูดควัน และให้ตะกร้าไหลในทางเดียวกัน สามารถใช้ได้ค่าฟิเชอร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และมีเครื่องตรวจวัดก๊าซ SO₂ ขณะแช่ ต้นทุนการใช้ SMS 5.0 % ต่อลิตรเท่ากับ 2.50 บาท การแช่ช่วยควบคุมฟิเชอร์สารละลายให้ใกล้เคียง 0.91-1.20 หากเพิ่มกรดหรือ SMS อย่างใดอย่างหนึ่ง สารผสมหลังแช่เสร็จไม่ควรทิ้งเก็บไว้ในถังพักโดยควรใช้ได้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ขึ้นไป และควรมีระบบกรองตะกอน การทิ้งให้ผสมโซดาไฟปรับฟิเชอร์จนเป็นกลาง

- การแก้ไขปัญหาสาร SO₂ ตกค้างในลำไยส่งออกจากประเทศปลายทาง แต่ละพื้นที่สามารถแก้ไขโดยมีความร่วมมือที่ดีระหว่างกันและอาจเข้มงวดระบบการส่งออกให้มากขึ้นตั้งแต่ระบบ GAP GFP GMP รวมถึง HACCP การสุ่มตัวอย่างส่งออก และการแจ้งเตือน การบังคับใช้กฎหมายในบางระบบจะช่วยลดปัญหาได้

เอกสารอ้างอิง

- ชิง ชิง ทองดี สมศักดิ์ ชัยมงคล สดศรี เนียมเปรม สัมพันธ์ ศรีสุริวงษ์ มานัส แจ่มจำรูญ ศิริพงษ์
พัฒนวิบูลย์ อนุวัช สุวรรณกุล ยุวดี รัตนไชย จิตตา ศาสตร์เพชร และน้ำเพชร ชัยวิภา.
2540. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
กรุงเทพ. 97 หน้า.
- พรหมทิพา บุญอินทร์, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และ จานงค์ อุทัยบุตร. 2549. ผลของสาร
ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอระหวางการเก็บรักษา.
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37(5 (Suppl.): 144-147.
- สดศรี เนียมเปรม. 2547. โครงการวิจัยที่ ภ. 46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
และระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุเก็บ
รักษาและการรักษาสีผิวลิ้นจี่. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.
- วิชา สอาดสุด อูราภรณ์ สอาดสุด ปริญญา จันทศรี และสาริณี ประสาทเขตต์กรณ์. 2546.
กรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวบนผลลำไยเพื่อทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์.[ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก: <http://www.phtnet.org/research/ViewResearch.asp?id=16>
- AOAC. 2005a. *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.
- A.O.A.C. 2005b. *AOAC Official Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products*. Revision 2,
2007. Ed.: William H. and George W.L., Jr. Published by AOAC International Suite 500,
USA, 18th edition.
- Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. Available [online] <http://www.rirde.gov.au/reports/NPP/03-125Sum.html> [2 Nov, 2008].
- FDA. 1979. Hydrochloric acid. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm>
- Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp and M. Reynes. 2005. Postharvest control of pericarp browning of
litchi fruits (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic
acids I. Effect of pH and pericarp dehydration. *Postharvest Biol. Technol.* 38: 128-136.
- Jiang, Y. M., D. C. Zhang and S. Ketsa. 2002. Postharvest Biology and Handling of Longan
(*Dimorcarpus longan* Lour.) fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 241-252.
- Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan.
Food Chemistry. 73, 139-143.
- Kirk RS & Sawyer R. 1991. *Pearson's Composition and Analysis of Foods*, 9th Ed. Longman
Scientific and Technical: Harlow, UK.

- Lichter, A., Dvir O, Rot I, Akerman M, Regev R, Wiesblum A, Fallik E, Zauberman G and Fuchs Y. 2000. Hot water brushing: an alternative method to SO₂ fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 235-244.
- Lawless, H.T., and H. Heymann. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapman and Hall. New York. 848 pp.
- 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.

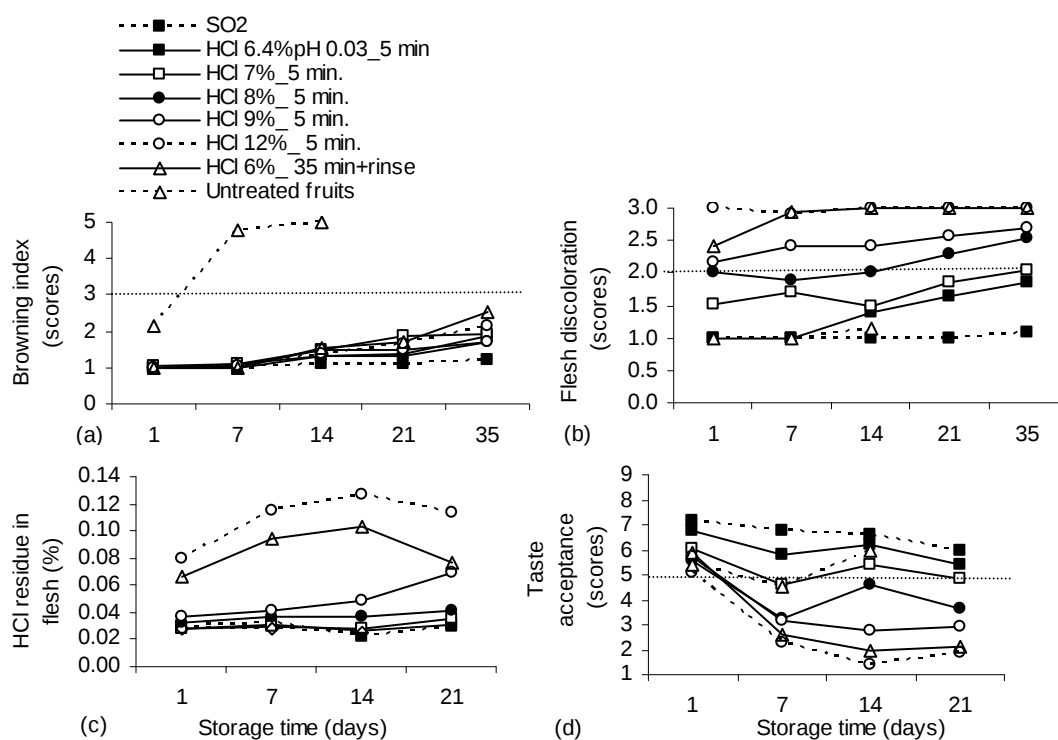


Figure 1. Effects of dipping in HCl 6.4, 7, 8, 9 and 12% for 5 min on browning index (a), flesh discoloration (b), HCl residue in flesh (c) and flesh taste acceptance (d) of fresh longan during storage at 3 °C, 85% RH (dot line represented limit of acceptance).

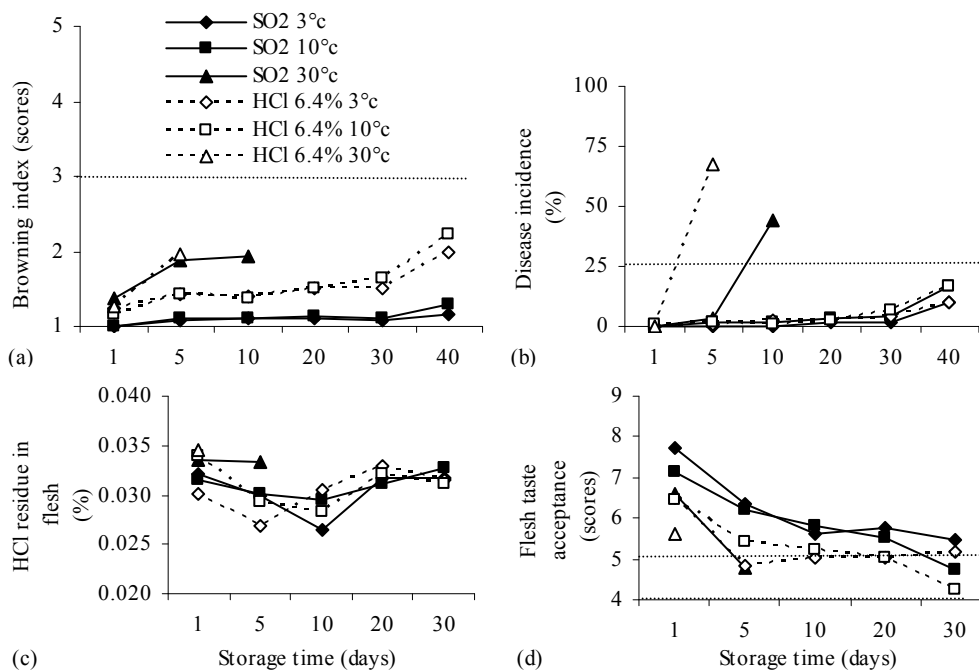


Figure 2. Effects of HCl 6.4% (pH 0.03) for 5 min on browning index (a), disease incidence (b), HCl residue in flesh (c) and flesh taste acceptance (d) of fresh longan during storage at 3, 10 and 30 °C, 85% RH (dot line represented limit of acceptance).



Figure 3. Model of original HCl dipping machine (a) and 10 meters in length, (b) staff demonstrated carefully during pouring HCl into plastic container, protected him with glove in hand, covered nose with mask and using lectric fan help (c) and HCl dipping machine made by stainless steel (d). Fruit appearance after dipped HCl 6.4% for 5 min before transportation (a) and arrived at Singapore (b) and compared between 4 treatments at 1st day during storage at 5°C for 20 days.

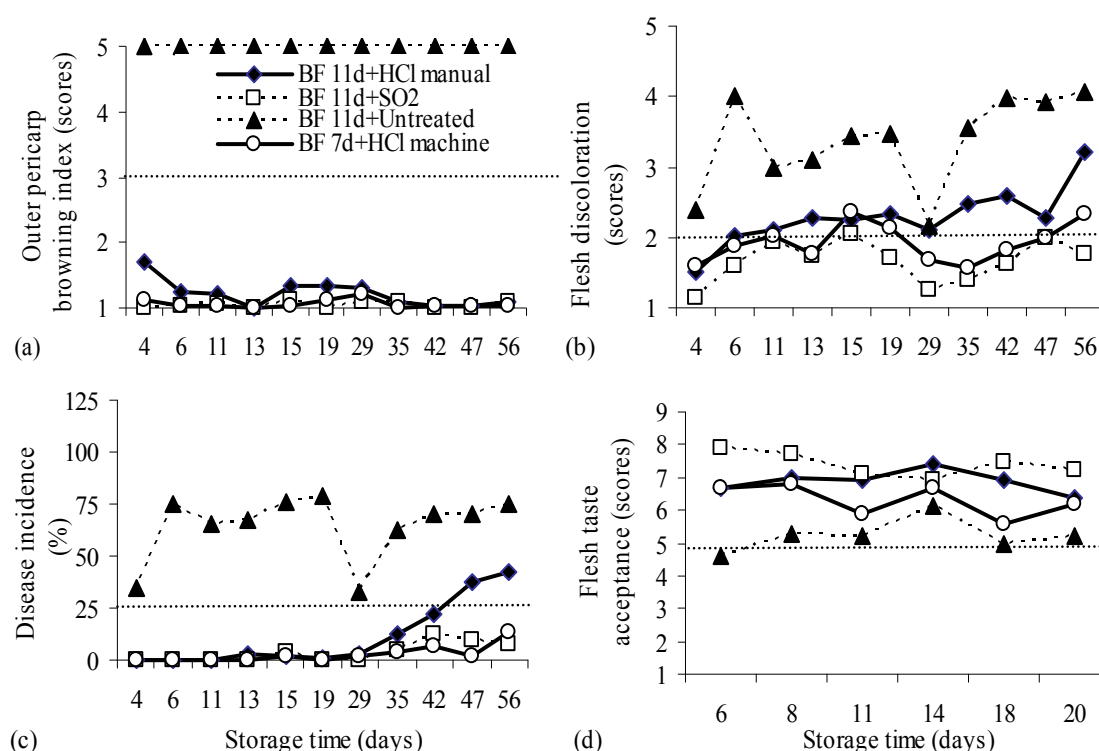


Figure 4. Effects of HCl dipping on fruit quality change in outer pericarp browning (a), flesh discoloration (b), disease incidence (c) and flesh taste acceptance (d) during storage at 5 °C, 85-90% relative humidity (RH) for 56 days. BF= before storage, (T1-T3; dipping date was 8th Jul, 2013, BF 11d+56 d = 67 days) and (T4; dipping date was 12th Jul, 2013, BF 7d+56 d = 63 days). Dot line represents limit of acceptance.

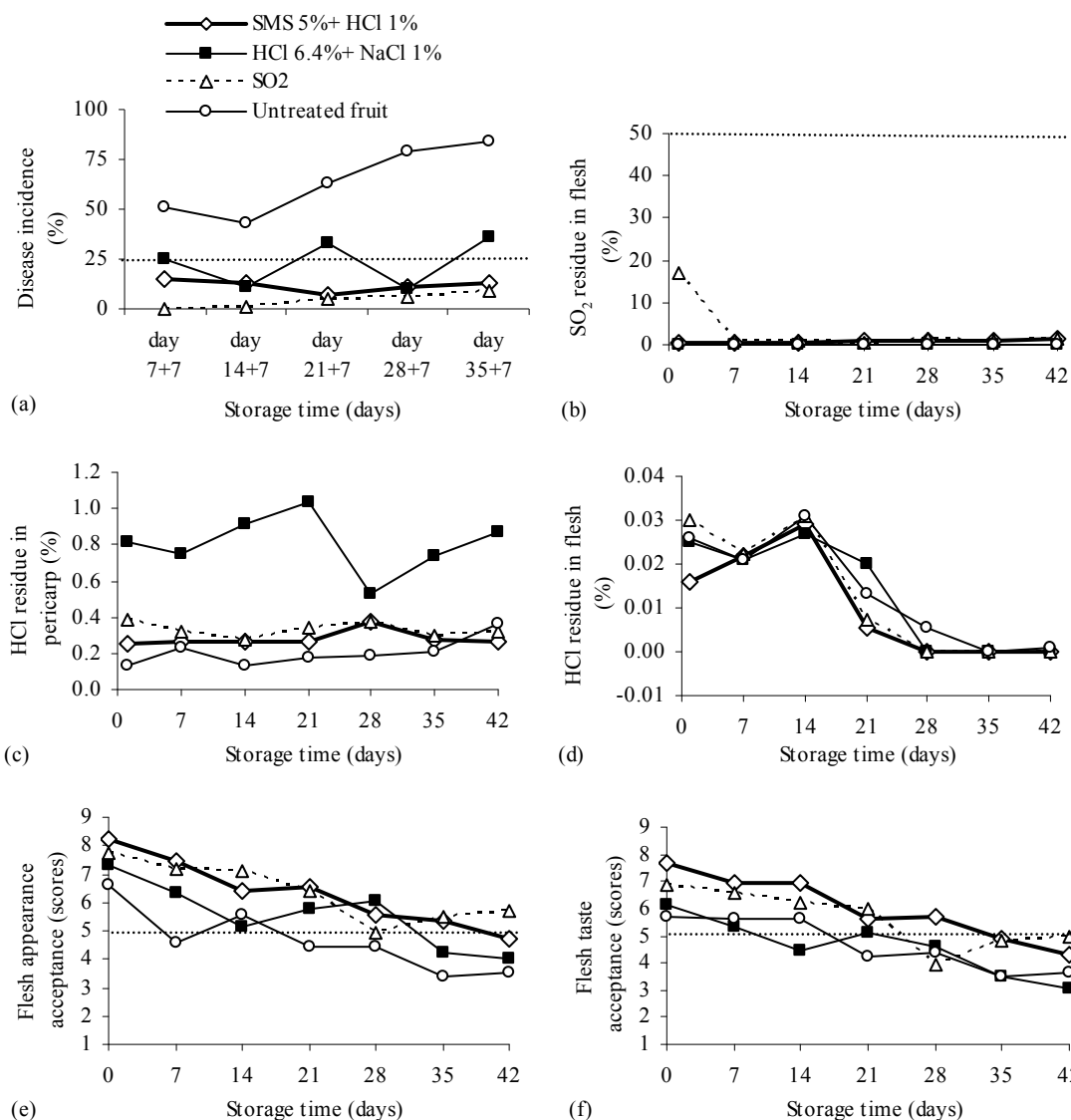


Figure 5. Effects of HCl+SMS dipping on fruit quality change in disease incidence (a), SO₂ residue in flesh (b), HCl residue in pericarp (c), HCl residue in flesh (d), flesh appearance acceptance (e) and flesh taste acceptance (f) during storage at 5 °C, 85-90% relative humidity (RH) for 42 days. Disease incidence percentage during simulated display for sale for 7 days at room temperature after taken from cold storage at 5 °C. Dot line represents limit of acceptance.