

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชื่อชุดโครงการ วิจัยและพัฒนาลิ้นจี่
2. ชื่อโครงการ การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ
- กิจกรรมที่ 3 การทดสอบเครื่องมือต้นแบบในลิ้นจี่ส่งออก
3. ชื่อการทดลอง การทดสอบพัฒนาการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นสำหรับการส่งออกในประเทศแถบเอเชีย
Testing on hydrocooling development of litchi for export in Asia

4. คณะทำงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายสถิตย์พงษ์ รัตนคำ	สังกัด ศวศ.ชม.
	นางสาวสุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง	สังกัด สวพ.1
	นายวิทยา อภัย	สังกัด สวพ.1
	นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	สังกัด ศวศ.ชม.
	นายปรีชา ชมเชียงคำ	สังกัด ศวศ.ชม.

5. บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นเป็นเทคนิคที่ใช้กับลิ้นจี่ส่งมานานหลายสิบปี แต่ปัญหาที่พบคือการปนเปื้อนของน้ำเย็นสำหรับใช้ลดอุณหภูมิ คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารหนึ่งที่อนุญาตให้ใช้ลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นเป็นสารหนึ่งที่น่าสนใจ การทดสอบพัฒนาการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วยสารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) โดยทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็น ได้แก่ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นที่ผสมสารฆ่าเชื้อ ClO₂ เข้มข้น 0, 50, 240 ppm เปรียบเทียบกับการลดด้วยน้ำเย็นที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา คือ คาร์เบนดาซิม และผลไม่ใช้วิธีการลดอุณหภูมิ พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03 °C อุณหภูมิเนื้อในผลลิ้นจี่เฉลี่ย 11.55 °C และการใช้สารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) ที่ความเข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 8 °C, 55-65% RH และการทดสอบเปรียบเทียบเชิงการค้าด้วยลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นด้วยสารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) ที่ความเข้มข้น 300 ppm กับวิธีทางการค้าของบริษัท พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0 °C อุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70 °C ช่วยรักษาคุณภาพผลและอายุการเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C, 45% RH

Abstract

The main objective of this research was to develop post-harvest technology of litchi. Precooling with hydrocooling technique in extending shelf life of litchi for has been used for commercial for a long time. In nevertheless, one of disadvantage method was cooling water

easily contaminated from diseases after dipping repeated. Chlorine dioxide (ClO₂), one of approved disinfectants in water was one of interesting sanitizer. Testing and development to reduce microorganism contamination in the cold water for cooling fruit with chlorine dioxide (ClO₂) was studied by comparing precooling Emperor' litchi for reducing contaminants in the water and others. Cooling water containing as a sanitizer: ClO₂ 0, 50, 240 ppm compared with cooling water containing fungicide: carbendazim and without precooling method. The results showed that the cooling time average was at 11.95 minutes. Water and fruit flesh temperature average was at 0.03 ° C and 11.55 ° C respectively. The use of chlorine dioxide (ClO₂) at a concentration of 50 and 240 ppm could decrease the amount of microbes in the cooling water and delay the fruit quality changes and spoilage during storage for up to 11 days at 8 °C, 55-65% RH. For the comparative testing with the commercial scale, the use of precooling Emperor' litchi with chlorine dioxide (ClO₂) at a concentration of 300 ppm and the commercial. The results showed that the cooling time average was 12.29 minutes. Water and flesh temperature averages was 0 ° C and 5.70 ° C respectively. Precooling containing ClO₂ could maintain fruit quality and prolong shelf life during storage at 5 °C, 45% RH.

6. คำนำ

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่การผลิต เช่น เชียงใหม่ เชียงราย และ พะเยา ลิ้นจี่ร้อยละ 70% ให้ผลผลิตประมาณช่วงเดือนพฤษภาคม และ 25% ในช่วงเดือนมิถุนายนของทุกปี ปัญหาลิ้นจี่ล้นตลาดจึงมักจะเกิดขึ้นในช่วงมิถุนายนที่ลิ้นจี่ออกมาตรงกับผลไม้อื่นๆ พันธุ์ส่งออกที่สำคัญ คือ พันธุ์ฮงฮวย ลิ้นจี่ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 70% ส่งออก 15% และที่เหลือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปริมาณการส่งออกลิ้นจี่สดของประเทศไทยปี 2552-53 อยู่ระหว่าง 6,496-16,811 ตัน คิดเป็นมูลค่า 110-358 ล้านบาท วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (hydrocooling) (จริงแท้, 2541) สำหรับส่งออกลิ้นจี่แบบช่อผู้ประกอบการนิยมทำมาตั้งแต่ปี 2530 โดยเฉพาะการส่งออกไปประเทศไกลๆ ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 7-10 วัน ได้แก่ ประเทศจีน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และหาดใหญ่ ด้วยการใช้เครื่องมือลดอุณหภูมิแบบรางเลื่อนสแตนเลสยาว 10 เมตร แซ่ได้ 35 ตะกร้า/ครั้ง ใส่น้ำแข็งจำนวนมากเพื่อลดอุณหภูมิภายในผลให้ต่ำลง ผลลิ้นจี่จึงสด นำเข้าไปเก็บรักษาในตู้คอนเทนเนอร์เรียงเป็นชั้นและสาดน้ำแข็งโปะทับหน้าด้านบนตะกร้า (Top icing) เพื่อหล่อเลี้ยงให้เปลือกชุ่มตลอดระยะเวลาขนส่งนาน 7-10 วัน ปัจจุบันพบว่าผู้ประกอบการดำเนินการในปัจจุบัน 5 รายแต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจว่าในการลดอุณหภูมิเชื้อโรคในน้ำเย็นเนื่องจากมีการแช่ซ้ำ จึงทำให้ผลลิ้นจี่มีการเน่าเสียง่ายขึ้น พบการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราดูดซึม เช่น เบนโนมิล และโปรคลอราซ เป็นต้น การพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อในน้ำเย็นจึงเป็นสิ่งสำคัญ การใช้คลอรีนไดออกไซด์มีรายงานว่าช่วยฆ่าเชื้อในน้ำได้ดีกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ แก๊สคลอรีนได้ดีหลายเท่าตัวและนิยมใช้มากกว่าแก๊สโอโซนเพราะต้นทุนต่ำ เป็นต้น และไม่มีปัญหาคลอรีนตกค้างในอาหารต่อการเกิดโรคมะเร็ง พัทธา (2549) ได้สำรวจลิ้นจี่ในจังหวัดพะเยา และเชียงใหม่พบว่าผู้ประกอบการใช้สารเคมีบางชนิด

ผสมในน้ำเย็นแต่ไม่สามารถระบุให้แน่นอนว่าเป็นสารชนิดใด กรณีใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราดูดซึม เช่น เบโนมิล และโปรคลอราซที่ใช้หลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่น่ากังวลประเด็นสารตกค้าง ดังนั้นการพัฒนาวิธีการป้องกันการปนเปื้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญจะช่วยยืดอายุการส่งออกให้นานขึ้น ทำให้รายได้ผู้ประกอบการสูงขึ้น

การสำรวจวิธีการปฏิบัติในการยืดอายุลิ้นจี่สำหรับส่งออก จำนวน 24 ราย จากผู้ประกอบการรวม 16 บริษัท ได้แก่ จ.พะเยา 15 ราย (9 บริษัท) และ จ.เชียงใหม่ 9 ราย (7 บริษัท) ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย 13 คน (54.2%) ส่วนมากอายุมากกว่า 36 ปีขึ้นไป (75%) พันธุ์ลิ้นจี่ที่รับซื้อ ได้แก่ ฮงฮวย จักรพรรดิ และ กิมเจง คิดเป็น 87.5, 37.5 และ 4.2 % ตามลำดับ 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 รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ใช้ลิ้นจี่ผลเดี่ยวรวมด้วยวิธีเผาผงกำมะถัน ก่อนส่งออกทางเรือใช้เวลาเดินทาง 15-25 วันพบน้อยลง (สมเพชร และคณะ, 2558)

คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารที่น่าสนใจมีรายงานการใช้มากขึ้นในปัจจุบันเพราะมี มีรายงานว่า Wu *et al.* (2011) พบว่าการใช้ ClO₂ ฆ่าสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum gleosporioides* ได้ การทดสอบการแช่ผลลิ้นจี่ที่ให้แก๊ส ClO₂ ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น 80 และ 120 mg/l ช่วยลดการเกิดโรค การเปลี่ยนสีน้ำตาล และเอนไซม์ PPO และ POD การใช้ระดับ 120 mg/l ClO₂ เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ การปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิ และการทดสอบการส่งออกโดยมีผู้ประกอบการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเนื่องจากเป็นหน่วยงานในพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงผู้ประกอบการได้รวดเร็ว เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ

- **อุปกรณ์** ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 กก., 3 กก. ผลลิ้นจี่สด, เครื่องแช่ต้นแบบโดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาทดสอบกับลิ้นจี่, สารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂), สารป้องกันและกำจัดโรคพืชคาร์เบนดาซิม, ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, ฟิล์มพลาสติกสำหรับเก็บลิ้นจี่ชนิดต่างๆ และชุดวิเคราะห์คลอรีนไดออกไซด์ตกค้างในลิ้นจี่ด้วยวิธีไทเทรต เป็นต้น

- **วิธีการ** แบ่งเป็น 3 การทดลอง ได้แก่

1. ปรับปรุงและพัฒนา ต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น โดยดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น

2. ทดสอบผลการลดการปนเปื้อนต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษา ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ มี 5 กรรมวิธีฯ ละ 4 ชั่ว (ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก.) ประกอบด้วย

- กรรมวิธีที่ 1 น้ำเย็น ไม่ใช้สารลดการปนเปื้อน

- กรรมวิธีที่ 2 น้ำเย็น เติมสารคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 50 ppm

- กรรมวิธีที่ 3 น้ำเย็น เติมสารคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 240 ppm
- กรรมวิธีที่ 4 น้ำเย็น เติมสารป้องกันและกำจัดโรคพืชคาร์เบนดาซิม
- กรรมวิธีที่ 5 ไม่แช่น้ำเย็น

หลังจากนั้นนำผลลึ้นจี้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 3 - 5 °C เก็บข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงผลลึ้นจี้ ทุก 7 วัน เริ่มจากวันแรกจนถึง 18 วัน และการเน่าเสียเก็บที่อุณหภูมิห้อง ทุก 3 วัน เริ่มจากวันแรกจนถึงเน่าเสียหมด

การบันทึกข้อมูล

- การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลึ้นจี้ทั้งเปลือกผลด้านนอกและใน ด้วยการประเมินให้คะแนนด้วยสายตา (Browning index) บนผล 5 ระดับ ตามวิธีของ Jiang and Li (2001) ได้แก่ 1 คือ ผลปกติไม่เปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาล, 2 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลเล็กน้อย 3 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด 4 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลระหว่าง 25-50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด และระดับ 5 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด ผลลึ้นจี้ที่มีระดับคะแนนของการเกิดสีน้ำตาลที่พื้นที่ผิวเปลือกสูงกว่า 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับด้านสีผิว

- ความผิดปกติของเนื้อผล (Flesh discoloration) ด้วยการประเมินการเปลี่ยนที่เนื้อผลแบบให้คะแนนด้วยสายตา 3 ระดับ ได้แก่ 1 คือ ปกติ คะแนนระดับ 2 คือ สีเนื้อเปลี่ยนสีเล็กน้อยและยอมรับได้ และระดับ 3 คือ สีเนื้อเปลี่ยนมากไม่ยอมรับ เนื้อผลที่มีคะแนนความผิดปกติสูงเกิน 2.0 ถือว่าไม่ยอมรับ

- เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโดยรวม (Disease incidence percentage) เป็นผลรวมของ 1) เปอร์เซ็นต์การขึ้นราบนผิวเปลือกและซั้ว (Fungal occurrence percentage) และ 2) เปอร์เซ็นต์การเน่าและของเนื้อ (Flesh rot percentage) การตรวจนับผลลึ้นจี้ที่มีลักษณะต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลดี (Good fruits) เป็นผลที่สภาพดีไม่พบเชื้อรา ไม่มีตำหนิ บุบ แตก น้ำไหล และนิ่มเมื่อกดด้วยนิ้วมือ, ผลนิ่ม (Softy fruits) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะนิ่ม และผลแข็ง (Hardy fruits) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะแข็งเปราะแตกง่ายเนื่องจากสูญเสียน้ำมากผลไม่สด การเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าไม่ยอมรับ

- การสูญเสีย น้ำของผลลึ้นจี้ ด้วยการเก็บข้อมูลน้ำหนักของผลลึ้นจี้ทุกสัปดาห์

3. ทดสอบเปรียบเทียบลึ้นจี้ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นกับวิธีทางการค้าของบริษัทส่งออก โดยใช้ลึ้นจี้พันธุ์จักรพรรดิจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดซั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg มี 2 กรรมวิธีฯ ละ 10 ซั้ว (ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 kg) ประกอบด้วย

- กรรมวิธีที่ 1 ทดสอบลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นที่ใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 300 ppm
- กรรมวิธีที่ 2 วิธีทางการค้า

บันทึกข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 45% RH นาน 28 วัน วิเคราะห์และสรุปผล (การบันทึกข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลง เหมือนกับการทดลองที่ 3.1) สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ได้แก่

- คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า $L^* C^* h^*$) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม และผลแข็ง และการสูญเสียน้ำหนัก
 - การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ pH ของเปลือกและเนื้อผล
 - การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค
- เวลาและสถานที่ ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 3.2 การทดสอบพัฒนาการลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็นสำหรับการส่งออก

1. ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็น โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาใช้ แต่มีการปรับเพิ่มระยะเวลาในการแช่ เนื่องจากการลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็นต้องใช้เวลาในการแช่ 10 นาที/ตะกร้า ซึ่งต้นแบบเครื่องเดิมใช้เวลาการแช่ 5 นาที จึงใช้พู่ไต้ในการทอรอบ เพิ่มฝาปิดด้านบน และปรับปรุงระบบท่อน้ำทิ้ง ท่อหมุนเวียนน้ำเย็น และท่อเติมน้ำ และดำเนินการทดลองการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็น พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง

2. ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลึ้นจี้ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็น ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (ตารางที่ 1, 2 และ 3) พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03 °C อุณหภูมิเนื้อในผลลึ้นจี้เฉลี่ย 11.55 °C และเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ย 4.5 °C เมื่อประเมินผลโดยรวมแล้ว การใช้คลอรีนไดออกไซด์เข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ผลการทดสอบสอดคล้องกับ Wu *et al.* (2011) พบว่าการใช้ ClO_2 ผ่าสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum gleosporioides* ได้ การทดสอบการแช่ผลลึ้นจี้ที่ให้แก๊ส ClO_2 ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น 80 และ 120 mg/l ช่วยลดการเกิดโรค การเปลี่ยนสีน้ำตาล และเอนไซม์ PPO และ POD การใช้ระดับ 120 mg/l ClO_2 เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ แต่การใช้ลึ้นจี้มีเชื้อราปนเปื้อนมากควรใช้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น

การเปลี่ยนสีเปลือกด้านนอก พบว่า การลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็น ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และการผสมคาร์เบนดาซิมช่วยชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกทั้งด้านนอกและด้านในและสีเนื้อได้ดีค่าไม่แตกต่างกันช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวเปลือกได้นาน 11 วันที่ 8 °C เมื่อเปรียบเทียบกับไม่แช่ลดการเปลี่ยนสีผิวได้นานเพียง 4 วัน (ภาพที่ 1a-c) ดังนั้นการลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็น ก่อนการเก็บรักษาในห้องเย็นช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้ดีขึ้นและการเสื่อมสภาพของสีเนื้อได้ การเน่าเสียพบว่ามีตั้งแต่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 วันพบว่าผลไม่แช่สารเริ่มเน่าเสียเกิน 30% (เกณฑ์ >25%) ในสัปดาห์แรก ขณะที่การลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็น ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และการผสมคาร์เบนดาซิมชะลอการเน่าเสียต่ำกว่า 25% น้ำเย็นที่มี ClO_2 ผสมช่วยชะลอการเน่าเสียได้ โดยเฉพาะ ClO_2 ที่มี ClO_2 ผสมมากขึ้นถึง 240 ppm ช่วยชะลอการเน่าเสียได้นานถึง 11 วัน (ภาพที่ 2) การสูญเสียน้ำหนักของผลลึ้นจี้ พบว่า การลดอุณหภูมิผลลึ้นจี้ด้วยน้ำเย็นผสมกับ ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และ

การผสมคาร์เบนดาซิมช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้แช่สาร (ภาพที่ 3) และผลการยอมรับของผู้บริโภคน้ำเย็นที่มี ClO_2 0, 50 และ 240 ppm ผสม และการผสมคาร์เบนดาซิมมีคะแนนการยอมรับด้านสีผิวและรสชาติสูงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน (ตารางที่ 4-5)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลึ้นจืดด้วยน้ำเย็น ทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม เชียงใหม่

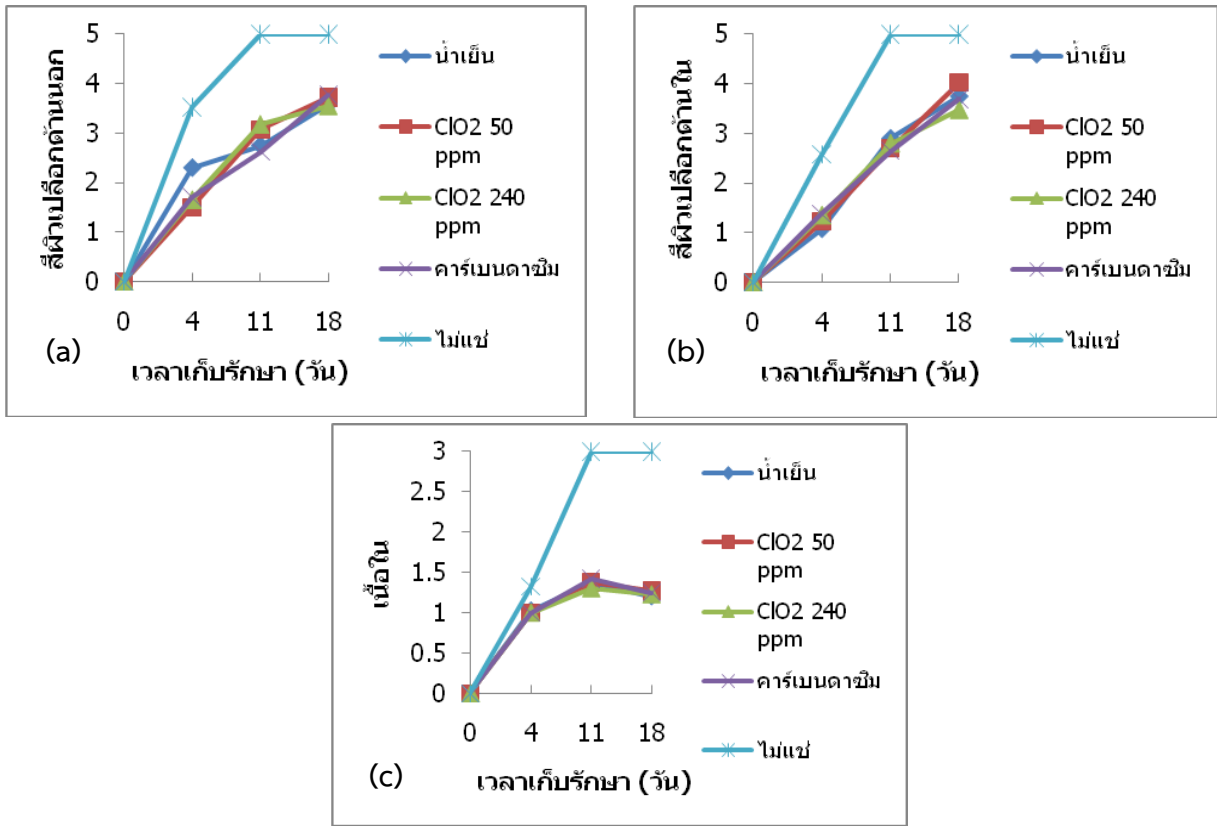
กรรมวิธี	เวลาที่ใช้ (วินาที)			อุณหภูมิ (°C)	
	กระบวนการล้าง	กระบวนการแช่	กระบวนการเป่า	น้ำเย็น	เนื้อใน
Tr.1 = น้ำเย็น	3.47	12.13	3.53	0.0	12.9
Tr.2 = ClO_2 50 ppm	3.41	12.08	3.42	0.0	12.8
Tr.3 = ClO_2 240 ppm	3.39	11.50	3.50	0.1	8.7
Tr.4 = คาร์เบนดาซิม	3.31	12.09	3.46	0.0	11.8
Tr.5 = ไม่แช่	-	-	-	-	-
เฉลี่ย	3.40±0.07	11.95±0.30	3.48±0.05	0.03±0.05	11.55±1.96

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำ

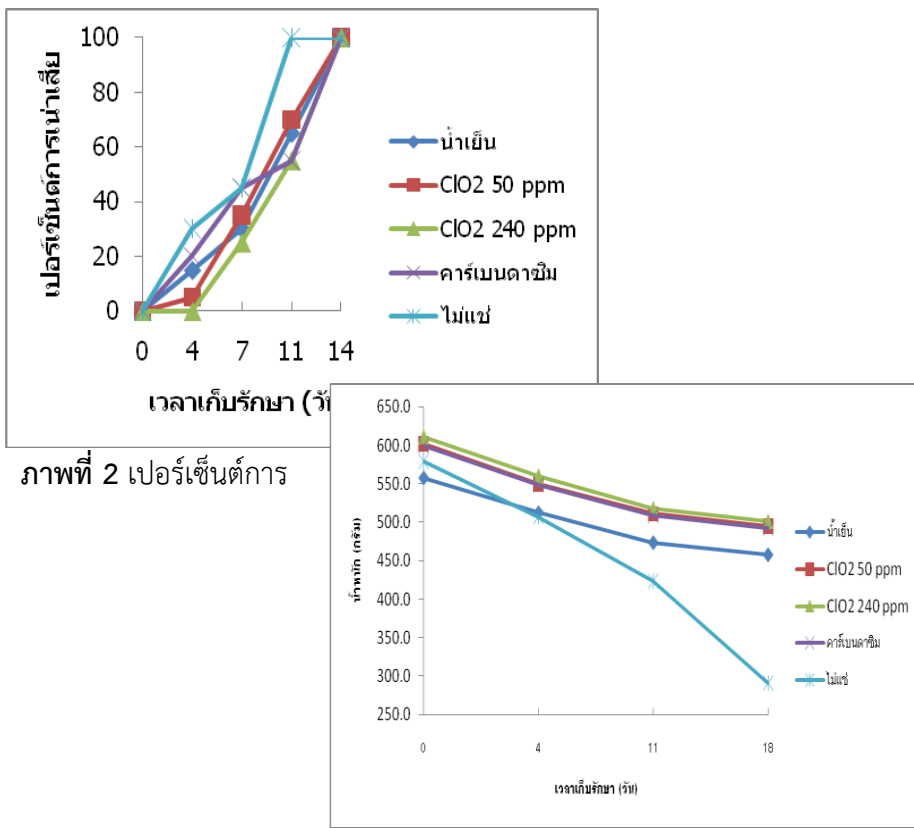
	จำนวนโคโลนีในน้ำ (cfu/ml)	
	เข็วรา	แบคทีเรีย
น้ำเย็น	1.0×10^3	2.4×10^5
ClO_2 50 ppm	5.0×10^2	6.7×10^5
ClO_2 240 ppm	2.0×10^3	1.5×10^5
คาร์เบนดาซิม	1.5×10^3	3.0×10^5
ไม่แช่	6.7×10^3	2.3×10^5

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเปลือกผลลึ้นจืด

	จำนวนโคโลนีในเปลือกผล (cfu/g)	
	เข็วรา	แบคทีเรีย
น้ำเย็น	5.0×10^2	7.4×10^5
ClO_2 50 ppm	< 100	3.6×10^5
ClO_2 240 ppm	1.0×10^3	8.3×10^4
คาร์เบนดาซิม	1.3×10^3	7.2×10^5
ไม่แช่	1.0×10^3	2.1×10^8



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกด้านนอก (a) การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกด้านใน (b) และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อใน (c) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 - 5 °C, 90% RH



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การ

เกิดโรคโดยรวม

ภาพที่ 3 การสูญเสียน้ำของผลลีนจี

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลีนจีด้วยน้ำเย็น ต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกนอก หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 90% RH. นาน 14 วัน

กรรมวิธี	7	14
ค่าที่ยอมรับได้		
Tr.1 = น้ำเย็น	3.88	3.63 a
Tr.2 = ClO ₂ 50 ppm	4	4.13 a
Tr.3 = ClO ₂ 240 ppm	3.88	4.13 a
Tr.4 = คาร์เบนดาซิม	3.88	3.63 a
Tr.5 = ไม่แช่	3.25	0.00 b
ค่าเฉลี่ย	3.78	3.10
F-test	NS	*
CV (%)	28.36	27.53

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลีนจีด้วยน้ำเย็น ต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 90% RH. นาน 14 วัน

กรรมวิธี	7	14
ค่าที่ยอมรับได้		
Tr.1 = น้ำเย็น	4	4.00 a
Tr.2 = ClO ₂ 50 ppm	4.13	3.75 a
Tr.3 = ClO ₂ 240 ppm	3.75	3.88 a
Tr.4 = คาร์เบนดาซิม	3.63	3.75 a

Tr.5 = ไม่แน่	4	0.00 b
ค่าเฉลี่ย	3.9	3.08
F-test	NS	*
CV (%)	28.83	29.02

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

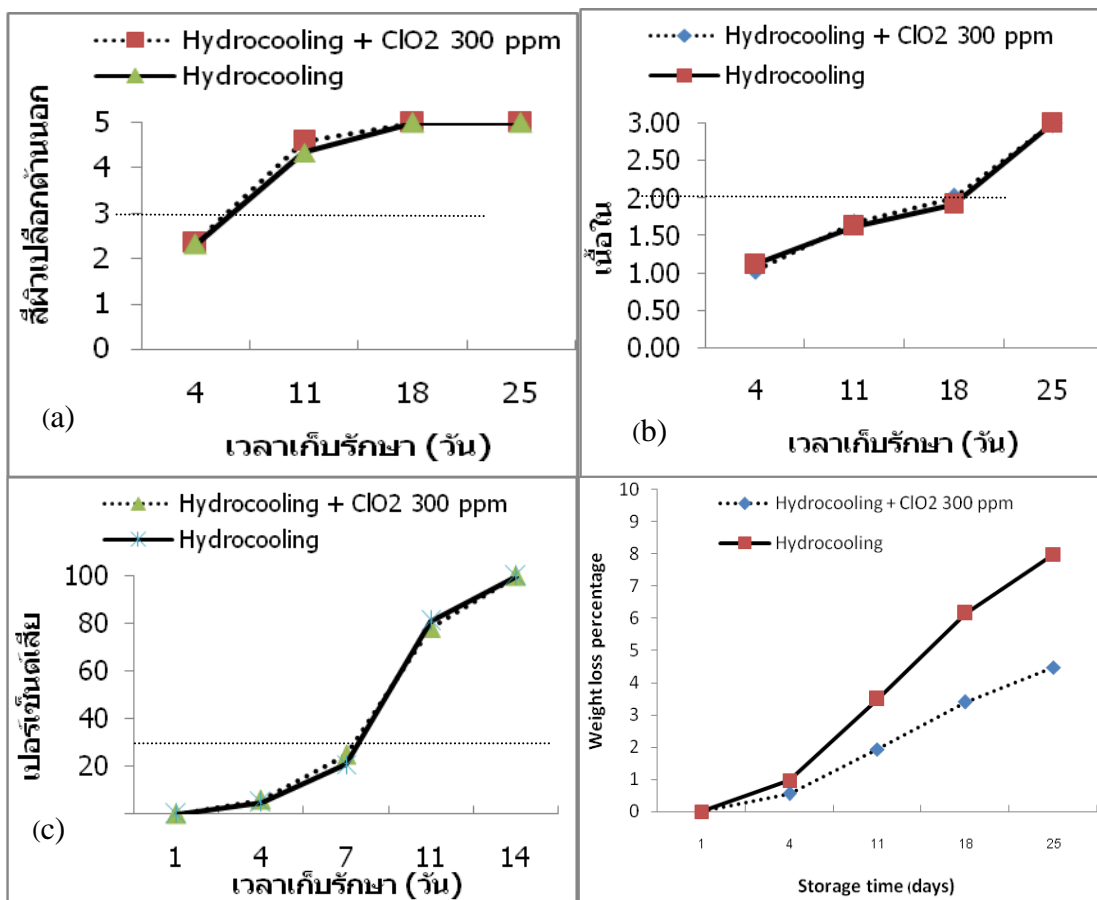
3. ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นกับวิธีทางการค้าของบริษัทส่งออก โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาใช้ การลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นที่ใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 300 ppm ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม เชียงใหม่ (ตารางที่ 6) พบว่า เครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ใช้เวลาในกระบวนการล้างเฉลี่ย 3.16 นาที กระบวนการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที และกระบวนการเป่าเฉลี่ย 3.20 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70 องศาเซลเซียส

พบว่าการใช้วิธีการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นที่ผสม ClO_2 300 ppm และวิธีทางการค้าพบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45% (ภาพที่ 4a-c) และวิธีทางการค้า การยอมรับด้านสีผิวสูงกว่าการใช้ ClO_2 ในสัปดาห์แรกหลังจากนั้นไม่แตกต่างกัน การสูญเสียน้ำหนักพบว่าวิธีการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นที่ผสม ClO_2 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าวิธีทางการค้า (ภาพที่ 4d)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม เชียงใหม่

ซ้ำที่	เวลาที่ใช้ (นาที)			อุณหภูมิ (°C)	
	กระบวนการล้าง	กระบวนการแช่	กระบวนการเป่า	น้ำเย็น	เนื้อใน
1	3.20	12.31	3.10	0	6.2
2	3.15	12.20	3.25	0	4.8
3	3.21	12.40	3.30	0	5.8

4	3.30	13.00	3.35	0	7.4
5	3.12	12.05	3.12	0	6.8
6	3.05	12.30	3.15	0	5.5
7	3.10	12.29	3.10	0	4.7
8	3.12	12.25	3.20	0	5.1
9	3.21	12.00	3.21	0	5.4
10	3.18	12.13	3.25	0	5.3
เฉลี่ย	3.16 ± 0.07	12.29 ± 0.28	3.20 ± 0.09	0 ± 0.00	5.70 ± 0.87



ภาพที่ 4 ผลของการลดอุณหภูมิที่ผสมสาร ClO₂ 300 ppm เปรียบเทียบกับวิธีทางการค้าระหว่างการเก็บรักษา ผ่านไป 25 วันที่ 5.12 °C, 45% RH

2) ทดสอบการส่งออกสินค้าที่ใช้เครื่องมือแช่ต้นแบบสำหรับการลดอุณหภูมิ อย่างน้อย 1 บริษัท ประเมินผลความพึงพอใจของผู้ประกอบการ วิเคราะห์ปัญหา และหาทางแก้ไข

- ได้ประสานงานกับผู้ประกอบการไว้ 1-2 รายในการนำสารคลอรีนไดออกไซด์ไปใช้ในลดปัญหาการปนเปื้อนในน้ำเย็น ในปีถัดไป

- ตัวอย่างรูปแบบทางเลือกการใช้ ClO₂ ที่สามารถนำไปใช้ในเชิงการค้าการผสมฆ่าเชื้อในเย็นได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hydro Bio ยี่ห้อ Green Bioxide® ที่จำหน่าย 300 บาท/ลิตร ผสมกันระหว่างสารทั้ง 2 ชนิด ละ ชนิด ผสมแล้วทิ้งไว้นาน 5-7 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ได้ ความเข้มข้นที่ผสมแล้วจะมีค่า ClO_2 เข้มข้น 7,500 ppm สามารถนำมาเจือจางใช้ได้ หรือผลิตภัณฑ์ของ Thai Bio Oxzine ยี่ห้อ Oxima โดยใช้สารผสมสองชนิดได้ความเข้มข้น ClO_2 ประมาณ 3,000 ppm หรือแบบเม็ด (Tablet)

2. อื่นๆ ได้แก่ การผสมแบบเครื่องผสม คือ ClO_2 Generator ต้นทุนสูง 70,000 – 350,000 บาท เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานใหญ่ๆ

- การประยุกต์ใช้กับกรรมวิธีอื่นๆ ของวิธี precooling เช่น การใช้การลดอุณหภูมิผลลึนจี (Pre-cooling) ที่ 10°C นาน 10 นาที + แชนใน 0.6% sodium metabisulphite นาน 10 นาที ผึ่ง + แชนใน 2% HCl นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง และบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE (low density polythene bag) โดยเจาะรู 0.2% ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุด และเก็บรักษาได้นาน 9 วันที่อุณหภูมิห้อง (Neog and Saikia, 2010)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03°C อุณหภูมิเนื้อในผลลึนจีเฉลี่ย 11.55°C และ การใช้คลอรีนไดออกไซด์เข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วัน และดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลึนจีที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นด้วย ClO_2 เข้มข้น 300 ppm ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม กับวิธีทางการค้าของบริษัท พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0°C อุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70°C และช่วยอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 5°C , 45% RH

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ประกอบการในการนำไปใช้ในน้ำเย็นและต่างประเทศยอมรับสารเช่นเดียวกับสารปลอดภัยเช่น โอโซน ยูวี ยอมรับมากกว่าการใช้คลอรีนและยาฆ่าเชื้อรา ถึงแม้จะต้นทุนสูงกว่า

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

- เจ้าหน้าที่ สวพ.1 และ เจ้าหน้าที่ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- เจ้าหน้าที่ฝ่ายสถิติ กรมวิชาการเกษตร
- ผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุลึนจี

12. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

สนองและคณะ. 2556. ทดสอบและพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด. เรื่องเติมการทดลองสิ้นสุดปี

สมเพชร เจริญสุข, เกียรติศักดิ์ นักผูก และวิทยา อภัย. 2558. การสำรวจวิธีการยืดอายุ และทดสอบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก รายงานผลงานวิจัยสิ้นสุดประจำปี 2557 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 หกจ.ดาราบรรณการพิมพ์ กันยายน 2558.161-180.

Neog, M., and Saikia, L. 2010. Control of post-harvest pericarp browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J Food Sci Technol. 47(1):100–104.

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.

ภาคผนวก