

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชื่อชุดโครงการ      วิจัยและพัฒนาลิ้นจี่
2. ชื่อโครงการ            การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ
- กิจกรรมที่ 2            การทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับใช้ทดแทนคลอรีนไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก
3. ชื่อการทดลอง        การทดสอบเทคโนโลยีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่
- Technological Testing of Chlorine Dioxide Applied for Extending Litchi Shelf Life

### 4. คณะทำงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาวสุทธีณี ลิขิตตระกูลรุ่ง	สังกัด สวพ.1
ผู้ร่วมงาน	นายวิทยา อภัย	สังกัด สวพ.1

### 5. บทคัดย่อ

การทดสอบเทคโนโลยีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่พันธุ์สงฮวยเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งทดแทนสารคลอรีนไดออกไซด์ การทดลองได้ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ การทดสอบความเข้มข้นของสารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO<sub>2</sub>) และวิธีการใช้ พบว่าวิธีการแช่ ClO<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 5,000-6,000 ppm สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกทั้งด้านนอกและด้านในได้ดี และการศึกษาวิธีการใช้ ClO<sub>2</sub> ประกอบด้วย วิธีการรมด้วยแก๊ส ClO<sub>2</sub> การแช่ และการพ่นฝอย เปรียบเทียบกับชุดควบคุมได้แก่ แช่สารประกอบซัลไฟต์ นาน 5 นาที และผลไม้แช่สาร พบว่าการแช่สารละลาย ClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 6,000 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 7 วันที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 21 วัน เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้น 5,000 ppm ขณะที่ผลลิ้นจี่ไม่รมสาร และกรรมวิธีการรม และพ่นฝอย การเกิดสีน้ำตาลสูงเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน แต่การแช่ที่ความเข้มข้น 6,000 ppm มีผลกับคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า ส่วนการทดสอบผลของระยะเวลาการแช่ ClO<sub>2</sub> ที่มีประสิทธิภาพสูงต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ ทดสอบที่ความเข้มข้น 5,000 ppm แช่นาน 3 4 และ 5 นาที เปรียบเทียบกับ SO<sub>2</sub> บรรจุผลลิ้นจี่ตัดขั้วผลในตะกร้าพลาสติกความจุ 3 กก. และเก็บรักษาที่ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน พบว่า การแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลาย ClO<sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 4 นาที ให้ผลที่ดีต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่แตกต่างกัน SO<sub>2</sub> แต่สีเปลือกด้านในมีการเปลี่ยนสีน้ำตาลสูงกว่า SO<sub>2</sub> ด้านของความปลอดภัยพบการตกค้างในเปลือกไม่เกิน 1.5 ppm ส่วนในเนื้อไม่พบการตกค้าง ดังนั้นการแช่ ClO<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 5,000 ppm นาน 4 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษา

Abstract

Technological testing using chlorine dioxide to extend the shelf life of litchi cv. Hong Huay as an alternative to replace sulfur dioxide. The experiment was conducted from October 2013 to September 2015 at Office of Agricultural Research and Development Region 1 laboratory. The suitable concentrations and method of application of chlorine dioxide was studied. It was found that dipping in  $\text{ClO}_2$  concentrations between 5,000 and 6,000 ppm could control pericarp browning of outer and inner pericarp as well. The study of  $\text{ClO}_2$  application include fumigation with  $\text{ClO}_2$ , dipping in  $\text{ClO}_2$  solution and mist spraying made from modified glass tube set were individually investigated as compared with control treatments such as sulfiting agent dipped for 5 minutes and untreated fruit. The result found that 6,000 ppm  $\text{ClO}_2$  could reduce pericarp browning for 7 days at 5 °C, 85% RH and stored at ambient temperature for 21 days compared with 5,000 ppm. While the untreated fruit fumigation with  $\text{ClO}_2$  and mist spraying became pericarp browning by 3 days. However dipping in  $\text{ClO}_2$  6,000 ppm had affected to the consumer acceptance score compared with the use of lower concentrations. In addition the testing of suitable contact time to dip  $\text{ClO}_2$  solution on the quality and shelf life litchi by dipping in  $\text{ClO}_2$  5,000 ppm for 3 4 and 5 minutes was determined compared with  $\text{SO}_2$ . The result found that dipped for 4 minutes was compromise to prolong shelf life and the consumers acceptance and was not different from  $\text{SO}_2$  but inner pericarp browning was higher occurrence than  $\text{SO}_2$ . For the fruit safety,  $\text{ClO}_2$  residues in pericarp not exceed 1.5 ppm and no residue in fruit flesh was found during storage. Finally dipping in 5,000 ppm  $\text{ClO}_2$  for 4 minutes is the most appropriate way of shelf life extension.

## 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  $\text{SO}_2$  ในเนื้อผลให้มีได้ไม่เกิน 10 ppm นอกจากนั้น EU ยังกำหนดค่า MRLของสารพิษตกค้างจาก pesticides ที่มีค่าต่ำอีกด้วย ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วัน และอุณหภูมิต่ำภายใน 7 วันเนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาล้นลง การรมด้วยแก๊ส  $\text{SO}_2$  ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 60 วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee,

1994) ปัญหาหนึ่งที่สำคัญจากผลการใช้ SO<sub>2</sub> ในลีนจีและปัญหาเกี่ยวกับลำไย คือ การตกค้าง SO<sub>2</sub> ในเนื้อผลเป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้ประเทศปลายทางเข้มงวดการใช้สารนี้ สารทดแทนเป็นความต้องการของภาคเอกชนโดยตรงรวมทั้งต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยมาก คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารหนึ่งที่น่าสนใจ มีรายงานการใช้ ClO<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 2.5 5 10 และ 25 ppm ในการรมลำไยเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาล และพบการตกค้างที่เปลือกต่ำ (<0.414 mg/kg) และ ไม่พบการตกค้างในเนื้อ (Saengnil *et al.* (2014) นอกจากนี้ยังมีการใช้ ClO<sub>2</sub> ในการลดการเกิดสีน้ำตาล ในการผลิตรากบัว หน่อไม้ฝรั่งตัดแต่ง และลีนจี เป็นต้น (Wu *et al.*, 2011) แต่งานวิจัยปัจจุบันยังขาดในเรื่องของทดสอบและการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การประยุกต์ใช้และความปลอดภัย การทดสอบการยอมรับของผู้ประกอบการส่งออก และการทดสอบการส่งออกไปประเทศปลายทาง นอกจากนั้นปัจจุบันงานวิจัยสารทดแทนพบว่าพยายามพัฒนาและปรับปรุงเทคนิคการใช้ให้สามารถใช้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าวิธีการแ่สาร เช่น การพ่นหมอกให้คล้ายคลึงการรมแก๊ส และพัฒนาการใช้แก๊สที่ปลอดภัยรมควันโดยรมได้ปริมาณผลผลิตจำนวนมากต่อครั้ง เป็นต้น ปัจจุบันเริ่มมีบางประเทศส่งออกลีนจีใช้สารทดแทนมากขึ้น เช่น ประเทศเม็กซิโกส่งลีนจีไปประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ที่ห้ามใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้ทุกชนิด ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลีนจีในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สารทดแทนเตรียมไว้ใช้ในอนาคต และการทดสอบการส่งออกสารทดแทนโดยมีผู้ประกอบการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเนื่องจากเป็นหน่วยงานในพื้นที่สามารถเข้าถึงผู้ประกอบการได้รวดเร็ว เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

## 7. วิธีดำเนินการ

- **อุปกรณ์** กรดเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ตู้ดูดควัน (Hood) ตะกร้าพลาสติกขนาดความจุ 3 และ 11.5 กก. กะละมังพลาสติกแ่ความจุ 5-60 ลิตร ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ฟิล์มพลาสติกสำหรับเก็บลีนจีชนิดต่างๆ ชุดวิเคราะห์คลอรีนไดออกไซด์ตกค้างในลีนจี เป็นต้น

- **วิธีการ** แบ่งเป็น 3 การทดลอง ได้แก่

### 7.1 การทดลองเบื้องต้น

กรรมวิธีที่ 1	แ่ ClO <sub>2</sub> ความเข้มข้น 3,000 ppm
กรรมวิธีที่ 2	แ่ ClO <sub>2</sub> ความเข้มข้น 5,000 ppm
กรรมวิธีที่ 3	รม ClO <sub>2</sub> ความเข้มข้น 3,000 ppm
กรรมวิธีที่ 4	รม ClO <sub>2</sub> ความเข้มข้น 5,000 ppm
กรรมวิธีที่ 5	ไม่แ่สาร

นำผลลีนจีหลังแ่บรรจุถุงพลาสติกเก็บรักษาที่ -20° C นาน 1 คืน จากนั้นนำตัวอย่างมาเปิดปากถุงและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาล

### 7.2 ผลของการพัฒนาการพ่นฝอยและการทดสอบการรมด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลลีนจีระดับห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำ (กล่องพลาสติก)ๆ ละ 20 ผล ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 รมควันก๊าซ ClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 20,000 ppm

กรรมวิธีที่ 2	รมควันก๊าซ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 10,000 ppm
กรรมวิธีที่ 3	แช่ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 6,000 ppm
กรรมวิธีที่ 4	แช่ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 5,000 ppm
กรรมวิธีที่ 5	พ่นฝอย $\text{ClO}_2$ ในรูปสารละลายความเข้มข้นเข้มข้น 6,000 ppm
กรรมวิธีที่ 6	แช่ SMS 5%+HCl 1%
กรรมวิธีที่ 7	ไม่แช่สาร

### วิธีการดำเนินการ

โดยใช้ลีนจี่พันธุ์ฮวงฮวยเกรดเอ ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง คัดเลือกเฉพาะผลดี จากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP ในจังหวัดเชียงใหม่ นำมาตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว เพื่อทดสอบตามกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 รมควันผลลีนจี่ในตู้กระจกนาน 60 นาที หลังจากนั้นปล่อยให้แก๊สสลายตัว 1 ชั่วโมง (เตรียมแก๊ส  $\text{ClO}_2$  จากปฏิกิริยาระหว่างกรดเกลือ 9%+และโซเดียมคลอไรด์ 7.5% (อริวัฒน์ และคณะ, 2555) กรรมวิธีที่ 3 และ 4 แช่ในสารละลายนาน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง กรรมวิธีที่ 5 รมผลลีนจี่ด้วยวิธีการพ่นหมอกด้วยอุปกรณ์พ่นในตู้กระจกที่ผ่านการทดสอบคัดเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดจำนวน 1 วิธีการมาใช้ในการทดลองนี้ พ่นฝอยนาน 10 นาที รมต่อ 30 นาที ผึ่งให้แห้งและบรรจุในกล่องพลาสติกเจาะรู (clamshell) จำนวน 2 กล่อง (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธีรวมทั้งหมด 14 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 21 วัน

### 7.3 ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลีนจี่

คัดเลือกนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุจากการทดลองที่ 7.2 มาทดสอบในการทดลองนี้ โดยมีทั้งหมด 5 กรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกขนาด 3 kg) ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1	แช่ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 5,000 ppm แช่นาน 3 นาที
กรรมวิธีที่ 2	แช่ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 5,000 ppm แช่นาน 4 นาที
กรรมวิธีที่ 3	แช่ $\text{ClO}_2$ ความเข้มข้น 5,000 ppm แช่นาน 5 นาที
กรรมวิธีที่ 4	รม $\text{SO}_2$ (วิธีการทางการค้า)
กรรมวิธีที่ 5	ไม่แช่สาร

- การปฏิบัติการทดลอง โดยใช้ลีนจี่พันธุ์ฮวงฮวย จากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่ นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg และผ่านการทำ precooling ด้วยวิธีแช่น้ำแข็งแล้ว นำมาทดสอบตามกรรมวิธีที่ 1-3 จากนั้นผึ่งให้แห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน

**การตรวจสอบคุณภาพ** สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์ผลดี และผลเสีย คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค pH ของเปลือกและเนื้อผล และการสูญเสียน้ำหนัก
- การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า  $L^* C^* h^\circ$ )
- การตกค้างของ  $\text{ClO}_2$  ในผล (Trinetta *et al.*, 2011)

- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับทั้งเปลือกและเนื้อผล

เวลาและสถานที่ ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

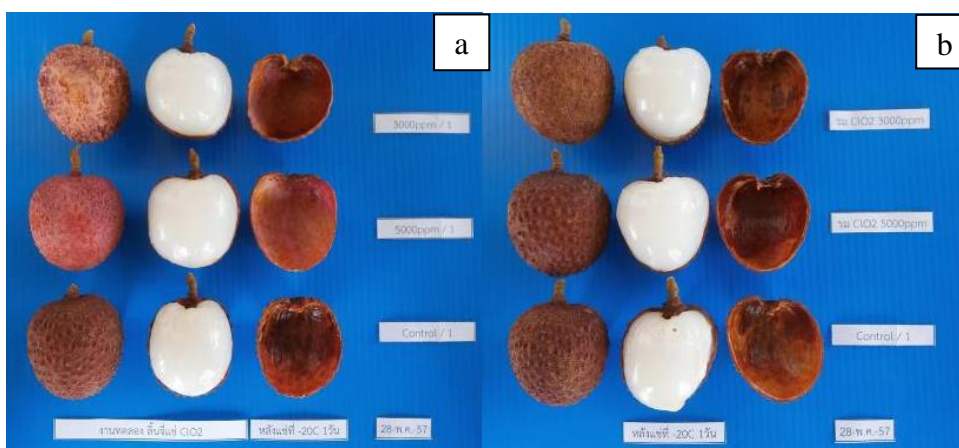
## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

**8.1 การทดลองเบื้องต้น** พบว่า กรรมวิธีที่ 2 คือ การแช่ด้วย  $\text{ClO}_2$  ความเข้มข้น 5,000 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีที่สุด โดยสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกทั้งด้านนอกและด้านในได้ดีกว่าการแช่ที่ 3,000 ppm และกรรมวิธีกรรม (ภาพที่ 1)

### 8.2 ผลของการพัฒนาการพ่นฝอยและการทดสอบการรมด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ระดับห้องปฏิบัติการ

พบว่า การแช่สารละลาย  $\text{ClO}_2$  ความเข้มข้น 6,000 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลด้านนอกได้นาน 7 วันดีกว่าแช่  $\text{ClO}_2$  5,000 ppm ประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากแช่ SMS 5%+HCl 1% นาน 5 นาที (ตารางที่ 1) ขณะที่ผลลิ้นจี่ไม่รมสาร และกรรมวิธีอื่นๆ การเกิดสีน้ำตาลสูงเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน แต่อย่างไรก็ตามการแช่  $\text{ClO}_2$  6,000 ppm นาน 5 นาทีมีผลกับสีเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความเข้มข้นที่ต่ำลง (ตารางที่ 2) การแช่ SMS 5%+HCl 1% เนื้อมีคุณภาพที่ดีไม่แตกต่างกับผลไม่แช่สาร

ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่าการแช่  $\text{ClO}_2$  5,000 และ 6,000 ppm นาน 5 นาที พีเอชของเปลือกลดลงต่ำกว่า 4.00 (ตารางที่ 3) ในขณะที่การแช่ SMS 5%+HCl 1% มีผลทำให้พีเอชเนื้อมีค่าต่ำลง (ตารางที่ 4) ส่วนปริมาณคลอโรโตคก้างพบว่ากรรมวิธีที่มีสาร Cl เป็นองค์ประกอบพบตกค้างในเปลือกสูงกว่าผลลิ้นจี่ไม่แช่สาร ขณะที่ในเนื้อมีค่าต่ำใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 1 ผลลิ้นจี่หลังการเก็บรักษาที่  $-20^{\circ}\text{C}$  นาน 1 คืน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง

(a) กรรมวิธีที่ 1 และ 2 แช่  $\text{ClO}_2$  ความเข้มข้น 3,000 และ 5,000 ppm

(b) กรรมวิธีที่ 3 และ 4 รม  $\text{ClO}_2$  ความเข้มข้น 3,000 และ 5,000 ppm

**ตารางที่ 1** ผลของการพ่นฝอยด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกด้านนอก หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 14 วัน

กรรมวิธี	3	7	14
ค่าที่ยอมรับได้	≤3.0	≤3.0	≤3.0
T1 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 20,000 ppm	3.20 bc	3.40 cd	3.05 d
T2 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 10,000 ppm	4.20 a	4.00 bc	4.60 b
T3 แซ่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	2.30 d	2.75 d	3.25 d
T4 แซ่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm	2.80 cd	4.05 bc	3.95 c
T5 การรมวิธีพ่นฝอย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	3.85 ab	4.95 a	5.00 a
T6 แซ่ SMS 5%+HCl 1%	2.15 d	2.85 d	3.10 d
T7 ผลลึ้นจี่ไม่รมสาร	3.10 bcd	4.80 ab	5.00 ab
ค่าเฉลี่ย	3.09	3.83	3.99
F-test	*	*	*
CV (%)	10.33	7.23	3.76

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 2** ผลของการพ่นฝอยด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 14 วัน

กรรมวิธี	3	7	14
ค่าที่ยอมรับได้	<3.0	<3.0	<3.0
T1 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 20,000 ppm	1.95 b	3.05 a	3.30 a
T2 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 10,000 ppm	1.35 c	1.55 bc	1.40 bc
T3 แซ่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	2.55 a	3.00 a	3.95 a
T4 แซ่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm	1.75 b	2.10 b	2.75 ab
T5 การรมวิธีพ่นฝอย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	1.30 c	1.15 c	1.55 bc
T6 แซ่ SMS 5%+HCl 1%	1.00 d	1.05 c	1.00 c
T7 ผลลึ้นจี่ไม่รมสาร	1.00 d	1.00 c	1.10 bc
ค่าเฉลี่ย	1.56	1.84	2.15
F-test	*	*	*
CV (%)	6.42	17.72	26

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*หมายเหตุ : วันที่ 21ของการทดลอง ไม่สามารถวัดข้อมูลเนื่องจากตู้แช่ที่ใช้เก็บลิ้นจี่เสีย เกิดเชื้อราขึ้นในตัวอย่างทั้งหมดไม่สามารถวัดการเกิดสีน้ำตาลในเปลือก และ เนื้อผลได้

**ตารางที่ 3** ผลของการพ่นฝอยด้วยคลอรีนไดออกไซด์ในผลลิ้นจี่ต่อค่าพีเอชเปลือก หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน

กรรมวิธี	3	7	14	21
T1 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 20,000 ppm	4.00	3.84	3.90	3.65
T2 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 10,000 ppm	4.28	4.14	4.33	4.17
T3 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	3.66	3.43	4.68	3.48
T4 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm	3.76	3.62	4.51	3.57
T5 การรมวิธีพ่นฝอย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	4.42	4.31	4.95	4.29
T6 แช่ SMS 5%+HCl 1%	4.27	4.12	4.56	4.22
T7 ผลลิ้นจี่ไม่รมสาร	4.42	4.46	4.87	3.85
ค่าเฉลี่ย	4.12	3.99	4.54	3.89
CV (%)	7.58	9.36	7.79	8.64

**ตารางที่ 4** ผลของการพ่นฝอยด้วยคลอรีนไดออกไซด์ในผลลิ้นจี่ต่อค่าพีเอชเนื้อผล หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน

กรรมวิธี	3	7	14	21
T1 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 20,000 ppm	5.16	5.00	4.97	4.38
T2 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 10,000 ppm	5.03	4.83	4.50	4.88
T3 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	4.99	4.88	4.68	4.53
T4 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm	5.18	4.96	4.51	4.14
T5 การรมวิธีพ่นฝอย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	5.13	5.00	4.95	4.59
T6 แช่ SMS 5%+HCl 1%	4.73	4.43	4.56	4.42
T7 ผลลิ้นจี่ไม่รมสาร	5.08	4.75	4.87	3.10
ค่าเฉลี่ย	5.04	4.84	4.72	4.29
CV (%)	3.05	4.16	4.39	13.32

**ตารางที่ 5** ปริมาณคลอไรด์ตกค้างทันทีหลังผ่านกรรมวิธี

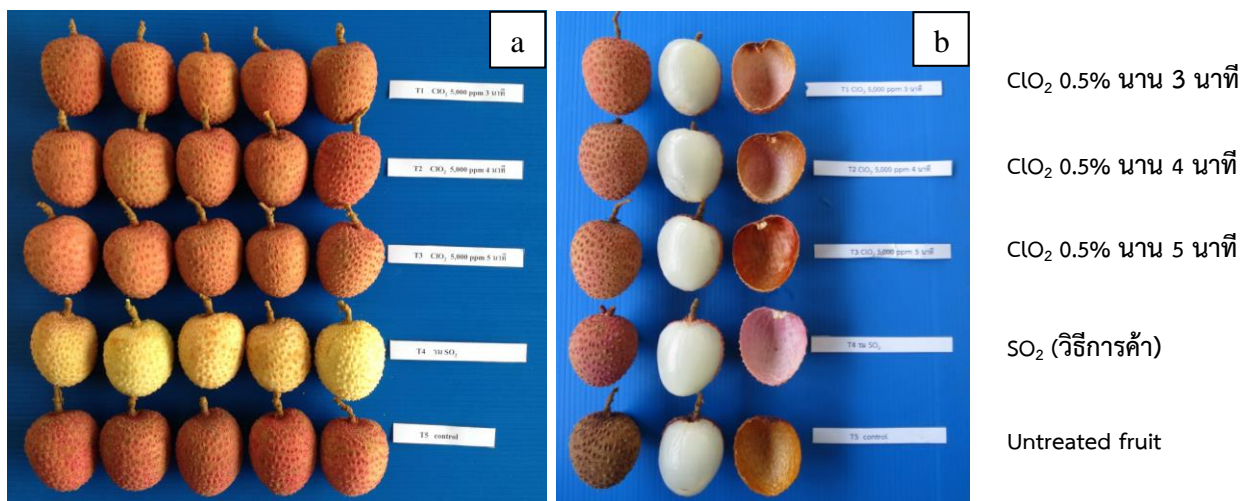
กรรมวิธี	ปริมาณตกค้าง
----------	--------------

	ในเนื้อ ( g/100g )	ในเปลือก ( g/100g )
T1 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 20,000 ppm	0.15	1.61
T2 รมควันก๊าซ ClO <sub>2</sub> 10,000 ppm	0.09	1.04
T3 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	0.14	1.46
T4 แช่สารละลาย ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm	0.11	1.4
T5 การรมวิธีพ่นฝอย ClO <sub>2</sub> 6,000 ppm	0.13	1.16
T6 แช่ SMS 5%+HCl 1%	0.12	1.92
T7 ผลลึ้นจีไม่รมสาร	0.12	0.83

### 8.3 ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่

การเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกนอก ใน และเนื้อ พบว่าการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านใน การรม SO<sub>2</sub> มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ ClO<sub>2</sub> ทุกกรรมวิธีพบค่าระหว่าง 1.0-1.2 ส่วนการแช่ ClO<sub>2</sub> มีค่าเกิน 3 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ (ภาพที่ 2) ขณะที่การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านนอก การแช่ ClO<sub>2</sub> มีค่าต่ำกว่า 3.0 ในวันแรก ส่วนวันที่ 7 14 และ 21 มีค่าเกิน 3 แต่ไม่แตกต่างจากการรมด้วย SO<sub>2</sub> และความผิดปกติของสีเนื้อ ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสีเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงโดยพบค่าต่ำกว่า 3

การสูญเสียน้ำหนัก มีการสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา



ภาพที่ 2 สีผิวภายนอกผลหลังแช่วันแรก (a) และวันที่ 21 (b) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5°C นาน 21 วัน

การวัดสี ค่าความสว่าง (L\*) ของเปลือก ในกรรมวิธีที่รม SO<sub>2</sub> มีค่าความสว่างสูงสุดในวันที่ 1 และลดลงมาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่แช่ด้วย ClO<sub>2</sub> ในวันที่ 7 จนตลอดการเก็บรักษาที่ 28 วัน ซึ่งทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แช่ เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผิวเปลือกลำไยที่ไม่ได้แช่จะคล้ำลงภายใน 7 วัน เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนขาวสอดคล้องกับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเกินระดับการยอมรับ 3.0 และค่า L\* ที่พบ



ค่าต่ำที่สุด ซึ่งจากการทดลองต้องการค่า  $L^*$  ที่มีค่าสูง แสดงถึงเปลือกมีความสว่างหรือมีสีเหลือง ส่วนค่าสีแดง, เขียว ( $a^*$ ) ของเปลือก ในกรรมวิธีที่รม  $SO_2$  มีค่าเข้าใกล้สีเขียว คือมีค่าต่ำสุดในวันที่ 1 และค่อยๆ เพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่แช่ด้วย  $ClO_2$  ในวันที่ 7 จนตลอดการเก็บรักษาที่ 28 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แช่ เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผิวเปลือกลำไยที่ไม่ได้แช่จะคล้ำลง (ค่า  $a^*$  ลดลง) ซึ่งจากการทดลองต้องการให้ค่า  $a^*$  มีค่าสูง ซึ่งแสดงถึงเปลือกมีสีค่อนข้างไปทางสีแดง (ภาพที่ 3)

**การตกค้างของ  $ClO_2$  ในผล** ในเปลือกมีการตกค้างอยู่ในช่วง 0.5-1.5 ppm โดยทุกกรรมวิธีไม่เกินค่ามาตรฐานของ FDA (1998) ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 3 มก./กก. ในน้ำใช้ ส่วนในเนื้อไม่พบการตกค้าง (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับ Saengnil *et al.* (2014) ใช้  $ClO_2$  ความเข้มข้น 2.5–5 มก./ล. และ 10–25 มก./ล. รมผลลำไยเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในเปลือก พบว่าเมื่อผ่านไป 1 และ 2 วัน มีการตกค้างของ  $ClO_2$  ที่เปลือกน้อยมาก (<0.414 มก./กก.) และไม่พบการตกค้างในเนื้อผล

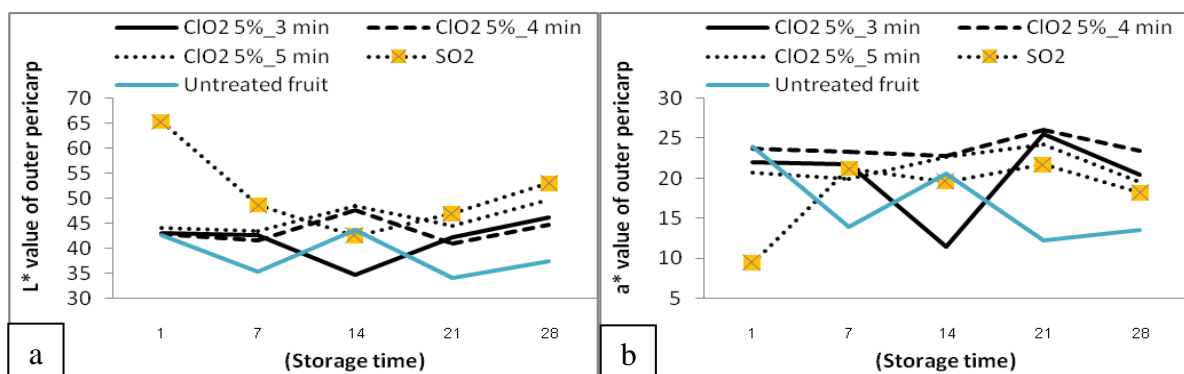
### การยอมรับของผู้บริโภค

**เปลือกนอก** การแช่  $ClO_2$  นาน 3 และ 4 นาที มีค่าการยอมรับสูงกว่า 2.5 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธี  $SO_2$  แต่ไม่แตกต่างกันกับการรม  $SO_2$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

**เปลือกใน** การแช่  $ClO_2$  3 4 และ 5 นาที มีค่าการยอมรับต่ำกว่า 3.0 ตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธี  $SO_2$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วัน (ตารางที่ 8)

**สีเนื้อ** ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี และการแช่  $ClO_2$  มีค่าการยอมรับสูงกว่า 3.0 (ตารางที่ 9)

**ความแน่นเนื้อ รสชาติ กลิ่น และโดยรวม** พบทุกกรรมวิธีมีค่าสูงและไม่แตกต่างกัน ในส่วนรสชาติ และโดยรวมพบว่า การแช่ การแช่  $ClO_2$  3 และ 4 นาที มีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธี  $SO_2$



ภาพที่ 3 (a) ค่า  $L^*$  ของเปลือกลำไย หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^{\circ}C$ , 85% RH นาน 28 วัน

(b) ค่า  $a^*$  ของเปลือกลำไย หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $5^{\circ}C$ , 85% RH นาน 28 วัน

**ตารางที่ 6** ค่าการตกค้างของคลอรีนไดออกไซด์ในเปลือก และเนื้อลิ้นจี่ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH

กรรมวิธี	Day 2		Day 3		Day 5	
	เปลือก(ppm)	เนื้อ	เปลือก(ppm)	เนื้อ	เปลือก(ppm)	เนื้อ
T1 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 3 นาที	0.81	nd	0.92	nd	0.51	nd
T2 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 4 นาที	0.95	nd	1.42	nd	1.32	nd
T3 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 5 นาที	1.26	nd	1.42	nd	1.43	nd
T4 รม SO <sub>2</sub> (วิธีการทางการค้า)	-	-	-	-	-	-
T5 ไม่แช่สาร	0.40	nd	0.64	nd	0.22	nd

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 7** ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกนอก หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH

กรรมวิธี	Day 7	Day 14	Day 21
T1 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 3 นาที	2.8 a	2.9 ab	3.1 a
T2 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 4 นาที	3.0 a	3.6 a	2.8 a
T3 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 5 นาที	1.9 ab	2.3 b	2.0 ab
T4 รม SO <sub>2</sub> (วิธีการทางการค้า)	3.0 a	3.3 a	2.1 ab
T5 ไม่แช่สาร	1.1 b	1.0 c	1.2 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 8** ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกใน หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH

กรรมวิธี	Day 7	Day 14	Day 21
T1 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 3 นาที	2.5 b	2.1 bc	2.3 ab
T2 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 4 นาที	1.9 b	3.0 b	1.6 bc
T3 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 5 นาที	1.6 b	1.6 cd	1.5 bc
T4 รม SO <sub>2</sub> (วิธีการทางการค้า)	3.9 a	4.2 a	3.2 a
T5 ไม่แช่สาร	1.4 b	1.0 d	1.1 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 9** ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH

กรรมวิธี	Day 7	Day 14	Day 21
T1 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 3 นาที	3.7 a	3.3 a	3.4 a

T2 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 4 นาที	3.5 a	3.6 a	3.5 a
T3 แช่ ClO <sub>2</sub> 5,000 ppm นาน 5 นาที	3.1 a	3.7 a	3.0 a
T4 รม SO <sub>2</sub> (วิธีการทางการค้า)	3.9 a	3.9 a	2.7 a
T5 ไม่แช่สาร	3.7 a	3.3 a	3.0 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดสอบการแช่คลอรีนไดออกไซด์ในความเข้มข้น 5,000 ppm นาน 3-5 นาที เปรียบเทียบกับ SO<sub>2</sub> พบว่า การแช่ด้วย ClO<sub>2</sub> นาน 4 นาที เพียงพอต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่แตกต่างกัน SO<sub>2</sub> แต่สีเปลือกด้านในพบการเปลี่ยนสีน้ำตาลสูงกว่า SO<sub>2</sub> ขณะที่การแช่ด้วย ClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 6,000 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกได้ดีไม่แตกต่างจาก SO<sub>2</sub> แต่มีผลกับคุณภาพของเนื้อ

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 สามารถนำไปทดสอบการส่งออกไปประเทศปลายทางที่เข้มงวดได้ หรือประเทศที่ห้ามใช้ เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดาได้

10.2 สามารถนำไปทดสอบการแช่ลิ้นจี่ที่จำหน่ายภายในประเทศได้ทั้งมัดหรือในกล่อง clamshell ช่วยลดปัญหาผิวคล้ำเนื่องจากการสูญเสียสีของเปลือกได้

## 11. คำขอขอบคุณ

เจ้าหน้าที่สวพ.1 และผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุลิ้นจี่ และฝ่ายสถิติ กรมวิชาการเกษตร

## 12. เอกสารอ้างอิง

อริวัฒน์ ชุ่มแยม, วารุณี จอมกิติชัย, จำนงค์ อุทัยบุตร และกอบเกียรติ แสงนิล. 2555. ผลการรมด้วยแก๊สคลอรีนไดออกไซด์ (ClO<sub>2</sub>) ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ต่อหลังการเก็บเกี่ยว. บทความย่อในการประชุมพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 11 วันที่ 1-3 ก.พ. 55 โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ หน้า 15.

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, 17<sup>th</sup> edition.

FDA. 1998. *Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption*. 21 CFR Part 173.300 chlorine dioxide. Office of the Federal Register, U.S. Government Printing Office, Washington DC, USA.

Saengnil, K., A. Chumyama, B. Faiyuec and J. Uthaibutra. 2014. Use of chlorine dioxide fumigation to alleviate enzymatic browning of harvested 'Daw' longan pericarp during storage under ambient conditions. *Postharvest Biology and Technology* 91: 49–56.

- 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.
- Wu, B., P.X. Li, G.H. Hu, Y.A. Liu and X.W. Chen. 2011. Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit. *African Journal of Biotechnology* 10: 6030–6039.