

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

ผลของการแช่สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับกรดบางชนิดต่อการตกค้างและคุณภาพ
ผลในลำไยสดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

**Effects of Fruit Dipping in Sodium Metabisulfite Incorporated with Some
Acids on Residue and Fruit Quality in Fresh Longans during Cold
Storage**

ชัชฎาภรณ์ มงคลนนท์ (Chatchadaporn Mongkhonnon)*

อัจฉรา จิตตลดากร (Achara Chittaladakorn)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การหาชนิดของกรดที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อสีผิวและการตกค้างของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนผลลำไย 2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ผสมกับกรดสองชนิดต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคุณภาพผลระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองและดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2556 การทดลองที่ 1 การหาชนิดของกรดสองชนิด ได้แก่ กรด hydrochloric acid (HCl) และกรด oxalic acid (OA) ที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลาย sodium metabisulfite (SMS) ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล และการตกค้างบนผล วางแผนแบบ 4×4 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ผลลำไยสดตัดเป็นผลเดี่ยวนำมาแช่ในความเข้มข้นของ SMS จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 5 และ 7.5% เป็นเวลา 5 นาที เป็นปัจจัยที่ 1 และความเข้มข้นของ HCl และ/หรือ OA สำหรับผสม จำนวน 4 ระดับ ความเข้มข้น ได้แก่ 0, 1, 3 และ 5% เป็นปัจจัยที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิเยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำ -20 °C นาน 7 วัน นำมาวางไว้ในที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชม. เพื่อให้การระเหิดของน้ำแข็งขึ้นสมบูรณ์ก่อนวัดผลทุกครั้ง ส่วนการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ SMS 5% ผสมกับกรดสองชนิดต่อการตกค้างของ SO₂ และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยเตรียมผลลำไยเป็นช่อบรรจุไว้ในตะกั่วพลาสติกขนาดความจุ 11.5 กก. ล้างด้วยน้ำสะอาด และแช่ใน SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) และ SMS 5%+OA 3% (pH 1.51) นาน 5 นาที เปรียบเทียบกับการรม SO₂ และไม่แช่สารเคมี ผึ่งให้แห้ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 6 °C นาน 42 วัน

ผลการทดลองที่ 1 พบว่าการใช้ SMS ร่วมกับ HCl มีปฏิสัมพันธ์กันต่อการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเพียงชนิดเดียว ประสิทธิภาพการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่งสูงขึ้น การใช้ SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) และ SMS 5%+OA 3% (pH 1.51) มีความเหมาะสมที่สุด พบค่าตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผลต่ำกว่า 50 mg/kg (ppm) และมีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลและความผิดปกติของเนื้อต่ำที่สุด พบว่าการใช้ SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพลดการเปลี่ยนสีน้ำตาล การวัดสีผิวเปลือกพบค่า L (ค่าความสว่าง) ค่า b (ค่าความเหลือง) และค่า a (ค่าความเขียว) และลดการเน่าเสียไม่แตกต่างจากวิธีการการค้า คือ SO₂ เมื่อเก็บรักษานาน 42 วัน ส่วนผลการทดลองที่ 2 พบค่าการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผล พีเอชน้ำคั้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ การสูญเสียน้ำหนัก ไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยสรุปแล้วการใช้ SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) สามารถนำไปใช้ยืดอายุการส่งออกลำไยสดทดแทนวิธีการการค้าได้ เพราะมีคุณภาพสีผิวดีกว่า

คำสำคัญ: ลำไย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การเปลี่ยนสีน้ำตาล

* นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช o_oiiil@hotmail.com

** รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช achara.chi@stou.ac.th

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

Abstract

The objectives were to study on the alternative treatment to replace sulfur dioxide (SO₂) gas fumigation on prolonging storage life of longan for export by improving technology of sodium metabisulfite (SMS) dipping. Two experiments were conducted at the laboratory of the Office of Agricultural

Research and Development Region 1, at Chiang Mai province from April to May, 2013. Experiment I was to find the suitable acid, either HCl or oxalic acid (OA) for adjusting pH of SMS solution on pericarp browning and residue in fruit. The statistical model was a 4x4 factorial in completely randomized design (CRD) comprising 4 levels SMS at 4 concentrations of 0, 1, 5 and 7.5% and 4 levels of either HCl or OA concentrations at: 0, 1, 3 and 5%. The sample fruits were stored at freezing storage at -20 °C for 7 days and then stored at ambient temperature for 24 hours for chilling injury simulation before determination. The result found that dipping in SMS solution containing HCl showed the positive interaction result in reducing pericarp browning as compared with using one component alone. The antibrowning effectiveness was increased as concentration of either component increased. Application of SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) and SMS 5%+OA 3% (pH 1.51) showed the suitable treatments and had SO₂ residue in flesh fruit below maximum residue limit (MRL)-50 mg/kg according to the lowest occurrences of pericarp browning and flesh discoloration score. The experiment II was to compare effectiveness between SMS 5% containing in either HCl or OA on SO₂ residue in fruit including fruit quality during cold storage. The longan fruit with panicle attached packed in 11.5 kg perforated plastic basket and washed with cleaned water before dipping. The fruits was dipped in solution of SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) for 5 min as compared with dipping in SMS 5%+OA 3% (pH 1.51) for 5 min. The samples were then air dried and stored at 6 °C for 42 days. The controls were fruits fumigated with SO₂ and untreated control fruits.

Results indicated that dipping in SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) for 5 min as well as SO₂ showed no sign of pericarp browning, retained the highest value of pericarp color; the lightness of fruit pericarp (L value) and the yellowness of fruit pericarp (b value) and the lowest of the greenness of fruit pericarp (a value) including fruit decaying control when stored at 6 °C for 42 days. Moreover, there were no significant changes in some parameters in any treatment during storage, i.e. SO₂ residue in fruits (except for the 1st days of storage), flesh pH, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA) and weight loss percentage. In conclusion, dipping in SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) could be used in extending shelf life of longan for export because it maintained superior fruit pericarp color.

Keywords: longan, sulfur dioxide, sodium metabisulfite, pericarp browning

* นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช o_oiiil@hotmail.com

** รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช achara.chi@stou.ac.th

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3 The 3rd STOU Graduate Research Conference

บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการส่งออกนับพันล้านบาท บริโภคลำไยในประเทศ มีเพียง 30% ที่เหลือส่งออกทั้งหมด ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศจีน อินโดนีเซีย เวียดนาม สิงคโปร์ ยุโรป อเมริกา แคนาดา และตลาดใหม่ที่น่าสนใจ คือ ประเทศเวียดนาม เวียดนามมีการนำเข้าลำไยในฤดูกาลปกติถึง 60,000 ตันต่อปี ซึ่งลำไยสดพบปัญหาหลังการเก็บเกี่ยว ในกระบวนการส่งออก เนื่องจาก การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล และการเน่าเสีย ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นเพียง 2 – 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และ 7 วัน ที่อุณหภูมิต่ำ (Jiang *et al.*, 2002) การรมควันด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ช่วยยืดอายุได้นาน 45-60 วัน ที่อุณหภูมิต่ำ และ 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณส่งออกลำไยทางเรือได้หลายเท่าตัว (Tongdee, 1994) แต่การรมควันลำไยสดด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่มากเกินไป ก่อให้เกิดปัญหาด้านการส่งออก และส่งผลกระทบต่อสุขภาพผลผลิต เพราะการรมควันด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้สีผิวลำไยผิดปกติ และมีกลิ่นฉุน การส่งออกลำไยไปประเทศจีนพบปัญหาการตกค้างโดย AQSIQ (General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine) แจ้งเตือนเรื่องพบว่าการรมควันด้วยการเผาฟางมะถันทำให้เกิดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงมากเกินค่ามาตรฐาน (50 ppm) Hai *et al.* (2011) นอกจากนี้ห้องรมยังมีโอกาสรั่วไหล ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และยังทำให้ผู้บริโภคโดยเฉพาะในประเทศเวียดนามไม่ยอมรับ ปัจจุบันประเทศเวียดนามใช้วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น และเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก ซึ่งพบว่าผลยังสด แต่มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 10 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมควันด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าการแช่ผลลำไยพันธุ์ Long ในเกลือซัลไฟต์ คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) เข้มข้น 7.5 % จะช่วยยืดอายุได้นานเช่นเดียวกัน และผู้บริโภคที่เวียดนามให้การยอมรับการแช่สารมากกว่าการรมควัน พรหมทิพา และคณะ (2549) พบว่าการผสม SMS เข้มข้น 7.5 % กับกรด oxalic เข้มข้น 5% ช่วยทำให้สีผิวมีความสม่ำเสมอขึ้นกว่าการไม่ผสมกรด ในขณะที่พรวิสาข์ (2554) และ Hai *et al.* (2011) ที่ใช้เพียงสารละลาย SMS 7.5% นาน 10 นาที อย่างไรก็ตามต้นทุน oxalic acid (OA) แพงกว่า และยังไม่มีการตรวจสอบการตกค้างบนผล กรดเกลือ HCl เป็นกรดชนิดหนึ่งที่ใช้แช่ผลไม้ส่งออกหลายประเทศและใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอยู่แล้ว และเคยนำมาผสม SMS แช่ผลไม้พบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ดังนั้นการศึกษาดังกล่าวจึงมีต้นทุนต่ำมาปรับใช้เพื่อเกลือซัลไฟต์ให้พืชต่ำลงนอกจากทำให้ช่วยยืดอายุได้นานขึ้นเช่นเดียวกับการรมควันแล้ว จะทำให้การตกค้างในเนื้อผลลดลงได้ จึงเป็นรูปแบบการใช้ที่น่าสนใจสำหรับใช้ทดแทนการรมควันในอนาคต

การปรับปรุงเทคโนโลยีการแช่สารประกอบเกลือซัลไฟต์ที่มีการวิจัยมาบ้างแล้ว ตลาดเวียดนามมีความสนใจเทคโนโลยีนี้ เพราะการแช่ทำได้ง่ายกว่าการรมควันที่ต้องควบคุมการรั่วไหลของแก๊ส โดยพบรายงานใช้ oxalic acid ผสมเกลือซัลไฟต์ แต่กรดนี้อาจต้นทุนสูงเกินไป จึงนำกรดเกลือมาศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ นำกรดมาปรับใช้เพื่อสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ให้ต่ำกว่า 1.0 เนื่องจากเมื่อปรับใช้เพื่อสารละลายเกลือซัลไฟต์ต่ำกว่า 1.0 จะทำให้สีผิวเปลือกองุ่นเหลืองได้ดีขึ้น และคัดเลือกรวมวิธีที่มีการตกค้างต่ำ และดูผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือก การเน่าเสีย การตกค้างของสารประกอบ SO₂ ว่าลดลงหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมควัน ผลการทดลองสามารถ

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3 The 3rd STOU Graduate Research Conference

นำไปทดสอบการส่งออกลำไยไปเวียดนามได้ ซึ่งมีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี ในช่วงลำไยในฤดูกาล

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาชนิดของกรดที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อสีผิวและการตกค้างของสาร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนผลลำไย
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ผสมกับกรดสองชนิดต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย เป็นงานวิจัยเชิงพื้นฐาน ประกอบด้วย 2 การทดลองดังนี้ คือ

1) การหาชนิดของกรดที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อสีผิวและการตกค้างบนผลลำไย

1.1) การผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดเกลือ โดยนำผลลำไยจากแปลง GAP ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Factorial in CRD จำนวน 16 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 ผล โดยใช้ผลลำไยสดตัดเป็นผลเดี่ยวนำมาแช่ในความเข้มข้นของ SMS จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 5 และ 7.5% เป็นเวลา 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง เป็นปัจจัยที่ 1 และความเข้มข้นของ HCl สำหรับผสมปรับพีเอช จำนวน 4 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0, 1, 3 และ 5% เป็นปัจจัยที่ 2 บรรจุผลลำไยใส่ถุงพลาสติกชนิดถุงร้อน และเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกขนาด 2 กก. ที่อุณหภูมิเยือกแข็งเพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้เร็วขึ้นที่อุณหภูมิ -20 °C นาน 7 วันและผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน ตรวจวัดคุณภาพได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (1 = ผิวเปลือกด้านในปกติ 2 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย 3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% 4 = เกิดสีน้ำตาล 25-50% และ 5 = เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50%) คะแนนความผิดปกติของสีเนื้อ 3 ระดับ (1 = เนื้อปกติ 2 = ผิดปกติเล็กน้อย และ 3 = ผิดปกติมากและไม่ยอมรับ) และการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผลด้วยวิธี Modified Monier Williams Method (AOAC, 2005a)

1.2) การผสมระหว่าง SMS และกรดออกซาลิก วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Factorial in CRD จำนวน 16 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 ผล โดยใช้ผลลำไยสดตัดเป็นผลเดี่ยวนำมาแช่ในความเข้มข้นของ SMS จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 5 และ 7.5% เป็นเวลา 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง เป็นปัจจัยที่ 1 และความเข้มข้นของ HCl สำหรับผสมเพื่อปรับพีเอช จำนวน 4 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0, 1, 3 และ 5% เป็นปัจจัยที่ 2 และบรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดถุงร้อน และเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกขนาด 2 กก. ที่อุณหภูมิเยือกแข็งเพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้เร็วขึ้นที่อุณหภูมิ -20 °C นาน 7 วันและผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน ตรวจวัดคุณภาพเช่นเดียวกับการทดลอง 1.1

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ SMS ผสมกับกรดสองชนิดต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคุณภาพผลระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

โดยนำผลลำไยจากแปลง GAP ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกเฉพาะผลลำไยที่มีคุณภาพดีและมีขนาดใกล้เคียงกันบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกสำหรับส่งออกขนาดความจุ 11.5 กก. นำลำไยทั้งหมดมาเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 6 °C นาน 1 คืน ก่อนทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้า ขนาด 11.5 กก. รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ได้แก่ 1) แช่ลำไยทั้งตะกร้าในสารละลาย SMS 5% + HCl 1% นาน 5 นาที 2) การแช่ใน SMS 5% + OA 3% นาน 5 นาที 3) วิธีการรมควัน SO₂ (รมที่โรงรมควันที่จังหวัดเชียงใหม่) และ 4) ผลลำไยไม่แช่สาร ตามลำดับ ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 6 °C นาน 42 วัน สุ่มวัดการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อผล และเปลือกทุก 7 วัน ด้วยวิธี Modified Monier Williams Method (AOAC, 2005a) เมื่อเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 6 °C ทำการบันทึกคุณภาพผลทุกๆ 7 วัน จนครบ 42 วัน ได้แก่ การวัดสีผิวเปลือกนอก ค่า L (ค่าความสว่าง) a (ค่าของสีแดงและสีเขียว) และ b (ค่าของสีเหลืองและสีน้ำเงิน) ด้วยเครื่องวัดสี (Chromameter) ประเมินผลการเปลี่ยนสีน้ำตาล (1-5 คะแนน) และสีเนื้อด้วยคะแนน 1-3 เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงทางเคมี คือ ฟิเอชเปลือก (Joas *et al*, 2005) และเนื้อ วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; %TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (AOAC, 2005b) และประเมินอายุการเก็บรักษาจากคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่า 3.0 การเน่าเสียต่ำกว่า 25% ทั้งสองการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT. โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistix

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1) การหาชนิดของกรดที่ใช้ปรับพีเอชของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อสีผิวและการตกค้างบนผลลำไย

1.1) การผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) และกรดเกลือ (HCl)

ความเข้มข้นของการใช้ SMS+HCl ที่เหมาะสมพิจารณาจากภาพรวม ได้แก่ ค่าการตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 50 mg/kg (เกณฑ์มาตรฐานส่งลำไยไปจีนและมาตรฐานกลาง คือ CODEX) และคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกนอก เปลือกใน ในระดับยอมรับได้ คือ ต่ำกว่า 3.0 คือ สีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลต่ำกว่า 25% กรณีเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับ และความผิดปกติของสีเนื้อต่ำกว่า 2.0 โดยทดสอบในที่อุณหภูมิที่ทำให้เกิด Freezing injury (-20 °C) และย้ายกลับมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากการทดลองพบว่าชุดควบคุมไม่แช่สารเปลือกจะคล้ำลงอย่างรวดเร็ว โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5.0 โดยผิวเปลี่ยนสีน้ำตาล 100% ทั้งผิวด้านในและนอก (ตารางที่ 1) ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ที่ความเข้มข้นของสารไม่เพียงพอต่อการฟอกสีผิวเปลือก เปลือกจะกลับมาคล้ำอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบในที่อุณหภูมิที่ทำให้เกิด Freezing injury (-20 °C) และย้ายกลับมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่าผิวเปลือกจะสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลในเปลือกจะรวมตัวกับเอนไซม์ PPO กลายเป็นสีน้ำตาล (Jiang *et al*, 2002)

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

การใช้ SMS ร่วมกับ HCl มีผลต่อการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเพียงชนิดเดียว ประสิทธิภาพการลดสีน้ำตาลสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่งสูงขึ้น (ตารางที่ 1) การตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นสาร SMS สูงขึ้นและผสมกรดมากขึ้น (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณา combination ที่เหมาะสม พบว่าการใช้ SMS 5%+HCl 1% (pH 0.93) มีความเหมาะสมที่สุดโดยพบค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อเท่ากับ 23.82 mg/kg ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 50 mg/kg (ค่า MRL) (ตารางที่ 1) และคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกนอก ด้านใน และสีเนื้อ เท่ากับ 1.0 ทั้งสามพารามิเตอร์แสดงถึงประสิทธิภาพดีกว่าทุกกรรมวิธี การผสมกรด HCl ใน SMS ช่วยปรับ pH ของ SMS ให้ต่ำลง (เป็นกรดมากขึ้น) ทำให้ SMS ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ปลดปล่อยแก๊ส SO_2 ได้มากขึ้น และซึมเข้าที่ผิวเปลือกได้ดีขึ้น (ตารางที่ 1) และสมการนี้ คือ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ ขณะที่การใช้ SMS เพียงอย่างเดียวพบว่าต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 7.5 – 10.0% และต้องแช่นานถึง 10 นาที จึงจะลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดี แต่การใช้ความเข้มข้นสูงทำให้ต้นทุนสูงขึ้นมาก (พรวิสาข์, 2544 และ Hai *et al.*, 2011) ขณะที่การใช้ HCl เพียงชนิดเดียวได้ผลดีต้องใช้ความเข้มข้นมากกว่า 6.4% แช่นาน 5 นาที แต่ขณะที่ใช้ควรรไหลวนน้ำเพื่อเพิ่มการสัมผัสของสารกับผลลำไย (Apai *et al.*, 2013)

ตารางที่ 1 ผลของ SMS และ HCl ต่อการตกค้างของสาร SO_2 ในเนื้อผล และผลต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) ของเปลือกนอก เปลือกด้านใน และสีเนื้อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C นาน 7 วัน และแช่ยาวไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน

SMS (%)	HCl (%)	pH สารละลาย	SO_2 ที่ตกค้าง ในเนื้อผล (มก./กก.)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เปลือกนอก (คะแนน)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เปลือกด้านใน (คะแนน)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เนื้อผล (คะแนน)
0	0	6.5	0.00 e	5.00 a	5.00 a	1.00 c
	1	0.39	0.00 e	5.00 a	5.00 a	1.00 c
	3	-0.01	0.00 e	1.67 d	3.40 c	1.00 c
	5	below 0.00	0.00 e	3.20 c	5.00 a	1.00 c
1	0	3.7	1.32 e	5.00 a	5.00 a	1.20 b
	1	0.12	2.37 e	4.20 b	4.37 b	1.13 bc
	3	below 0.00	0.97 e	1.13 e	1.20 e	1.00 c
	5	below 0.00	3.26 e	1.00 e	1.13 e	1.53 a
5	0	3.62	1.08 e	4.73 a	4.80 a	1.00 c
	1	0.93	23.82 d	1.00 e	1.00 e	1.00 c
	3	below 0.00	86.35 c	1.00 e	1.00 e	1.00 c
	5	below 0.00	139.34 b	1.00 e	1.00 e	1.00 c
7.5	0	3.7	4.61 de	4.00 b	2.60 d	1.00 c

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

1	1.22	70.03 c	1.00 e	1.00 e	1.00 c
3	0.13	148.65 b	1.00 e	1.00 e	1.00 c
5	below 0.00	247.17 a	1.00 e	1.00 e	1.00 c
CV (%)		28.42	9.5	6.99	11.02

^{1/} Means in the same column followed by different letters were significant difference at P = 0.05 by DMRT.

1.2) การผสมระหว่าง SMS และกรดออกซาลิก

พบว่าการใช้ SMS ร่วมกับ OA มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมีผลลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเพียงชนิดเดียว ประสิทธิภาพการลดสีน้ำตาลสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่งสูงขึ้น พบว่ามีผลสอดคล้องกับการทดลองที่ 1.1 การตกค้างของสาร SO₂ มากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณา combination ที่เหมาะสมพบว่าการใช้ SMS 5%+OA 3% (pH 1.51) มีความเหมาะสมที่สุดโดยพบค่าตกค้างของสาร SO₂ ในเนื้อเท่ากับ 41.18 mg/kg (ตารางที่ 2) ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 50 mg/kg (ค่า MRL) และคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกนอก ด้านใน และสีเนื้อเท่ากับ 1.0 ทั้งสามพารามิเตอร์แสดงถึงประสิทธิภาพดีกว่าทุกกรรมวิธี การผสมกรด OA ใน SMS ช่วยปรับ pH ของ SMS ให้ต่ำลง (เป็นกรดมากขึ้น) ทำให้ SMS ปลดปล่อยแก๊ส SO₂ ได้มากขึ้น และซึมเข้าที่ผิวเปลือกได้ดีขึ้น (ตารางที่ 2) การเพิ่มความเข้มข้นของ OA พบว่าการตกค้างในเนื้อสูงขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองสอดคล้องกับพรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าการแช่ผลลำไยใน SMS 7.5%+OA 5% นาน 5 นาที ช่วยทำให้สีผิวเหลืองทนมมากขึ้น แต่จากการวัดการตกค้างของ SO₂ ในเนื้อสูงถึง 158.35 mg/kg มีค่าเกินมาตรฐานผลลำไยสดที่ส่งไปจีน ขณะที่การใช้ OA ในรูปสารเดี่ยวที่ได้ผลดีต้องใช้ความเข้มข้นสูงมากกว่า 10% แช่นานถึง 60 นาที เปลือกจึงเหลืองสวย (มานพ และคณะ, 2552) ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับความหนาเปลือก และความสดของผล ควรล้างน้ำก่อนแช่กรดช่วยให้ไม่เปลือกแห้งจนเกินไป เพื่อเพิ่มการซึมผ่านของกรดได้ดีขึ้น

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 2 ผลของ SMS และกรดออกซาลิก ต่อการตกค้างของสาร SO_2 ในเนื้อผล และผลต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (BI) ของเปลือกนอก เปลือกด้านใน และสีเนื้อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C นาน 7 วัน และย้ายวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน

SMS (%)	HCl (%)	pH สารละลาย	SO_2 ที่ตกค้าง ในเนื้อผล (มก./กก.)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เปลือกนอก (คะแนน)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เปลือกด้านใน (คะแนน)	การเปลี่ยนสี น้ำตาลของ เนื้อผล (คะแนน)
0	0	6.5	0.00 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	1	0.94	0.00 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	3	1.14	0.00 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	5	1.11	0.00 d	5.00 a	5.00 a	1.00
1	0	3.4	2.04 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	1	1.31	1.86 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	3	1.19	1.09 d	3.13 b	3.40 b	1.00
	5	0.7	0.82 d	2.07 c	2.47 c	1.00
5	0	3.76	2.15 d	5.00 a	5.00 a	1.00
	1	2	5.13 d	1.80 cd	3.20 bc	1.00
	3	1.51	41.18 c	1.00 e	1.00 d	1.00
	5	1	107.04 b	1.00 e	1.00 d	1.00
7.5	0	3.78	3.36 d	1.27 de	1.33 d	1.00
	1	2.23	11.58 cd	1.00 e	1.20 d	1.00
	3	1.67	82.40 b	1.00 e	1.00 d	1.00
	5	1.24	158.35 a	1.00 e	1.00 d	1.00
CV (%)			67.68	11.38	14.51	0.00

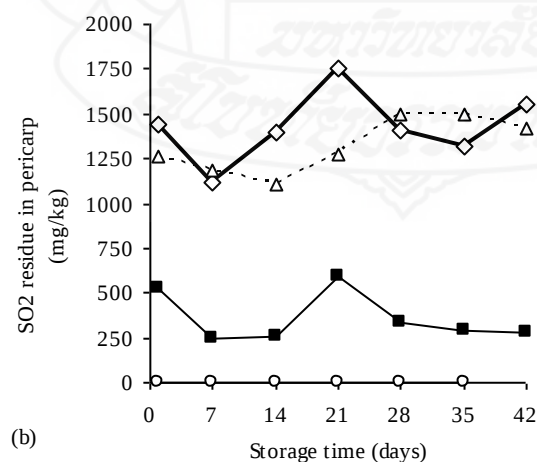
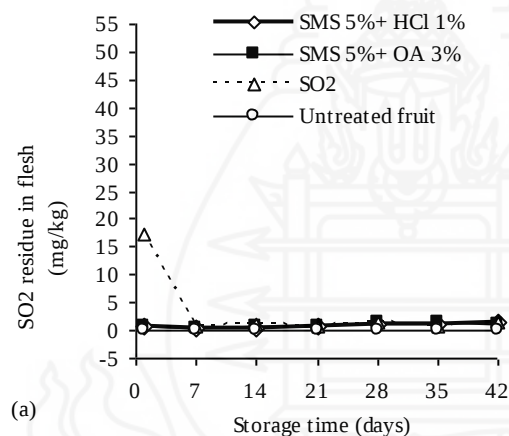
^{1/} Means in the same column followed by different letters were significant difference at $P = 0.05$ by DMRT.

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ SMS ผสมกับกรดสองชนิดต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

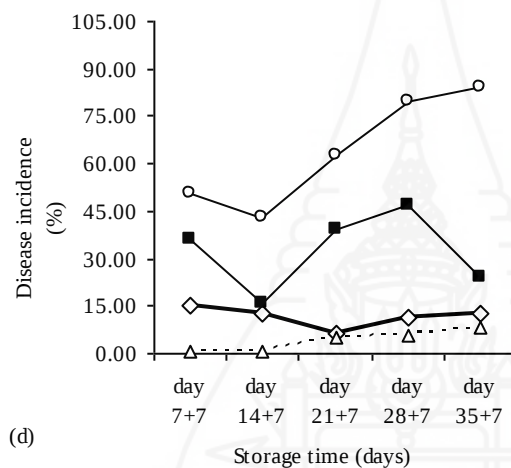
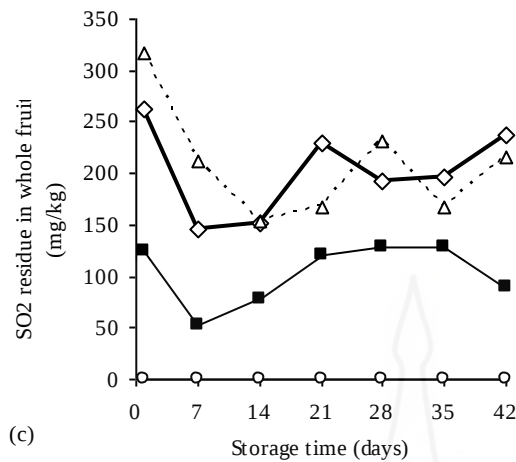
การตกค้างของ SO_2 ในเนื้อพบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าตกค้างต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (50 mg/kg) คืออยู่ในช่วง 0-17.13 mg/kg แต่กรรมวิธีด้วยวิธีการค้ำมีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธีในวันแรกเท่ากับ 17.13 mg/kg จากนั้นมีค่าลดลงระหว่าง 0.29-1.53 mg/kg ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

(ภาพที่ 1a) การตกค้างของ SO_2 พบในเปลือกผลมากที่สุด วิธีการค้าและการแช่ SMS 5%+HCl 1% มีค่าสูงระหว่าง 1,109.6-1,753.7 mg/kg และไม่แตกต่างกันทางสถิติสอดคล้องกับรายงานของ Tongdee (1994) การตกค้างระดับนี้มีผลช่วยฟอกสีผิวได้เหลืองสวยแล้ว ยังช่วยควบคุมเชื้อราเป็นอย่างดี ขณะที่การแช่ใน SMS 5%+OA 3% พบค่าตกค้างของ SO_2 ในเปลือกผลต่ำกว่าทั้งสองกรรมวิธี (ภาพที่ 1b) เนื่องจากการเตรียมกรด OA จำนวนมากในน้ำ 60 ลิตร OA เป็นผงที่ละลายน้ำได้ยากกว่า และเป็นกรดอ่อนกว่า จึงยังแขวนลอยสังเกตจากสีขุ่น ผลจึงไม่สอดคล้องกับการทดลองที่ 1.2 เพราะ OA ที่ผสมความเข้มข้นต่ำเกินไปและละลายในน้ำยากกว่าจึงปลดปล่อยแก๊ส SO_2 ออกมาน้อย จึงควรเพิ่มความเข้มข้น OA ผสมใน SMS ให้สูงขึ้นเท่ากับ 5% ซึ่งมีรายงานการใช้ความเข้มข้นสูง คือ SMS 7.5%+OA 5% พรรณทิพา และคณะ (2549) ขณะที่การตกค้าง SO_2 ทั้งผล จากการศึกษานี้พบว่ามีความสูงในวันแรกและมีค่าลดลงอย่างช้าๆ ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 1c) กรรมวิธีทางการค้ายังการเน่าเสียได้ดีตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนการแช่ SMS 5%+HCl 1% ช่วยลดการเน่าเสียไม่แตกต่างจากวิธีการค้าพบค่าต่ำกว่า 25% และควบคุมการเน่าเสียได้ดีกว่า SMS 5%+OA 3% และผลลำไยไม่แช่สารตามลำดับ (ภาพที่ 1d) กลไกการยับยั้งการเน่าเสียเกิดจาก SMS ในสภาพกรดจะปลดปล่อยแก๊ส SO_2 ออกมามากกว่าการไม่ผสมกรดสอดคล้องกับผลการทดลองของ พรรณทิพา และคณะ (2549)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



ภาพที่ 1 ผลของการแช่สารระหว่างการเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, RH 85% (เส้นประ ----) คือ ระดับการยอมรับได้ ต่อการตกค้าง SO₂ ในเนื้อผล (a), ส่วนเปลือก (b) ทั้งผล (c) และเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย หลังย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5-7 วัน (d)

ประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลพบว่ากรรมวิธีการค้าและการแช่ SMS 5%+ HCl 1% มีประสิทธิภาพดีที่สุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบค่าระหว่าง 1.00-1.17 มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ (Browning Index, BI ≤ 3.0) ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C (ภาพที่ 3a, ภาพที่ 2) สอดคล้องกับค่าความสว่าง (L) สีผิวเปลือกนอกมีค่าสูงที่สุด (ภาพที่ 3c) เมื่อเปรียบเทียบกับ SMS 5%+OA 3% และผลลำไยไม่แช่สารที่พบว่าสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลภายใน 5 วัน (BI > 3.0) เนื่องจากอาการสะท้อนหนวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อพิจารณาจากค่าการวัดสีพบว่า การแช่ใน SMS 5%+ HCl 1% พบค่า a (ค่าของสีแดงและสีเขียว) มีค่าค่อนข้างไปทางสีเขียวมากกว่าทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 3d, ภาพที่ 2) คือ สังเกตหลังแช่ผิวเปลือกมีเหลืองอมเขียว เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ที่ค่า a สูงกว่าและมีค่าเข้าใกล้สีแดง ส่วนค่า b (ค่าของสีเหลืองและสีน้ำเงิน) พบว่ากรรมวิธีการค้าและการแช่ SMS 5%+ HCl 1% มีประสิทธิภาพดีที่สุดมีค่าไม่ต่างกันออกไปทางสีเหลืองและมีค่าสูงกว่า SMS 5%+OA 3% และผลลำไยไม่แช่สารตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 3e) ส่วนการสูญเสียน้ำหนักพบว่ามีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และไม่แตกต่าง

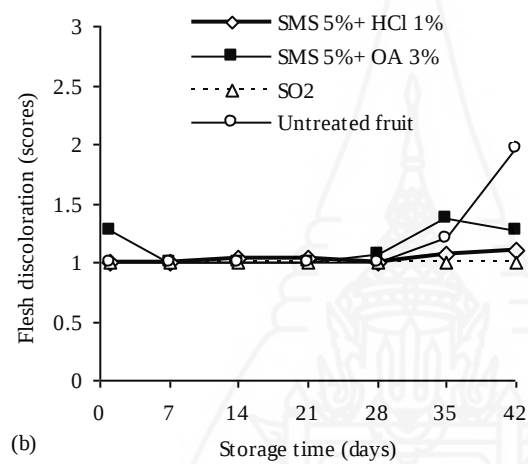
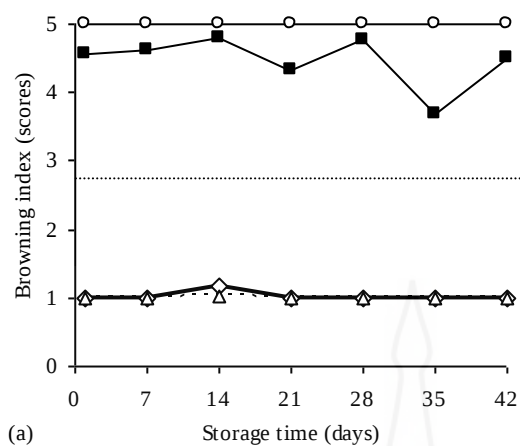
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

กันตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 3f) ขณะที่คะแนนความผิดปกติของเนื้อพบว่ากรรมวิธีทางการค้าและการแช่ SMS 5%+HCl 1% มีผลต่อความผิดปกติของเนื้อต่ำที่สุด มีค่าไม่แตกต่างกัน มีคะแนนต่ำกว่า 2.0 ตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนหุคความคมไม่แตกต่างกันว่าค่าต่ำในช่วงแรกและมีค่าสูงขึ้นเมื่อผ่านถึงวันที่ 42 (ภาพที่ 3b)

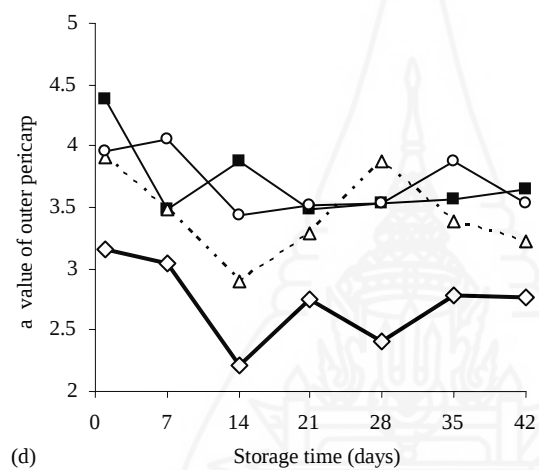
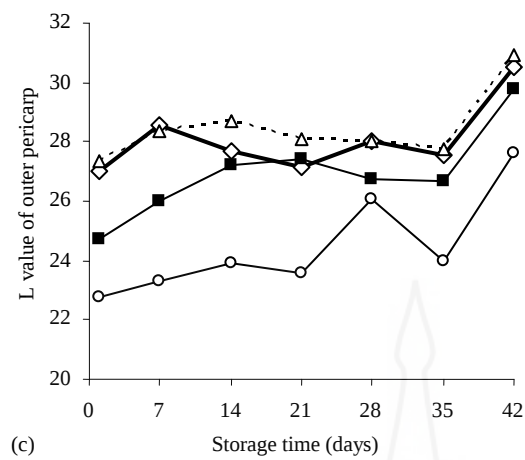


ภาพที่ 2 คุณภาพผลภายนอกทั้ง 4 กรรมวิธีหลังเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, RH 85%

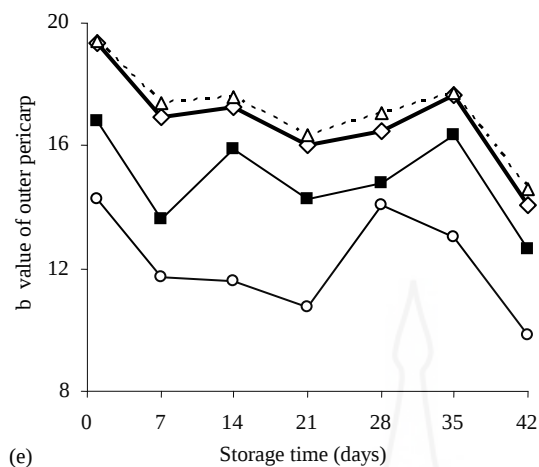
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



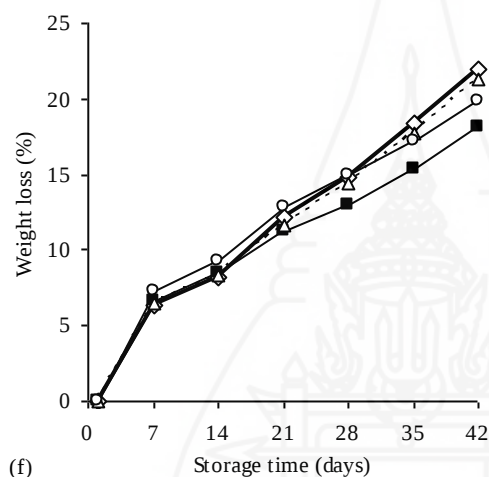
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



(e)

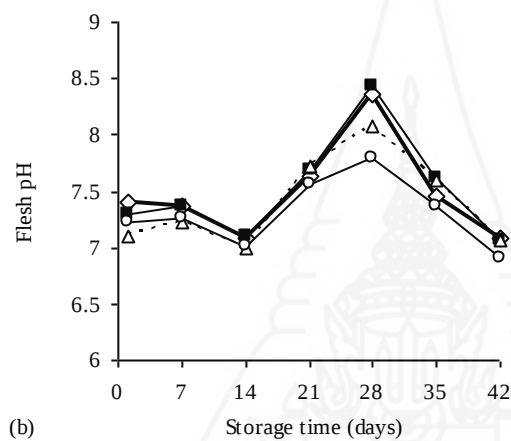
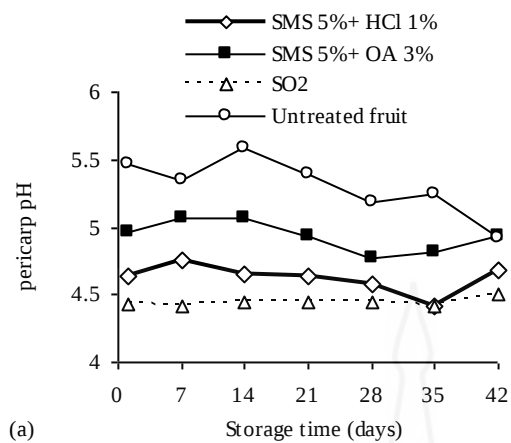


(f)

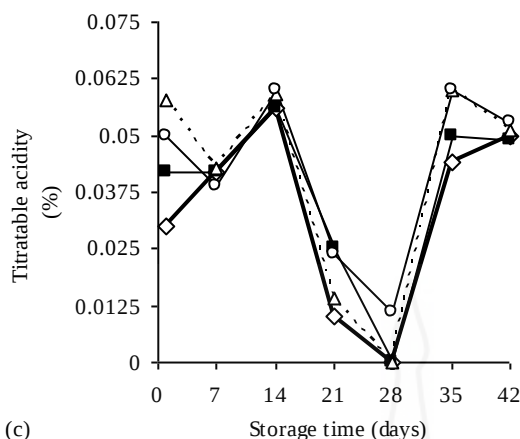
ภาพที่ 3 ผลของการแช่สารระหว่างการเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, RH 85% (เส้นประ ----) คือ ระดับการยอมรับได้) ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (a), ความผิดปกติของเนื้อ (b) ค่าความสว่าง (c) ค่า a (d) ค่า b (e) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (f)

ส่วนการเปลี่ยนทางเคมี พบว่าวิธีการรมควัน SO_2 มีผลต่อค่าพีเอชเปลือก พบค่าต่ำที่สุดมีค่าระหว่าง 4.41-4.51 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยไม่แช่สารมีค่า 4.92-5.59 ส่วนวิธีการค้ำมีค่าพีเอชเปลือกไม่แตกต่างจากการแช่ SMS 5%+HCl 1%, รองลงมา ได้แก่ SMS 5%+OA 3% และผลไม่แช่สารตามลำดับ (ภาพที่ 4a) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และพีเอชน้ำคั้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4b-d)

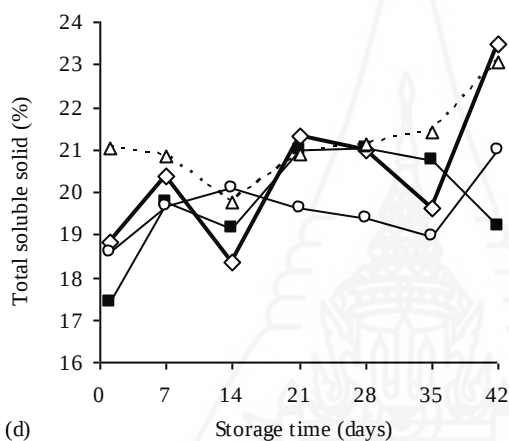
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference



(c)



(d)

ภาพที่ 4 ผลของการแช่สารระหว่างการเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, RH 85% ต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ฟิเซเปลือก (a) ฟิเซเนื้อ (b) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (c) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (d)

ข้อเสนอแนะ

1. ผลจากการปรับปรุงการใช้ SMS พบว่าการแช่ SMS 5%+ HCl 1% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวิธีการคั่ว (SO₂) ควรนำเทคนิคที่ได้ไปทดสอบการส่งออกประเทศปลายทาง เช่น ตลาดส่งออกเดิม คือ ประเทศจีน (กำหนดค่าตกค้างในเนื้อไม่เกิน 50 mg/kg) หรือตลาดอินโดนีเซีย (ไม่กำหนดค่าตกค้าง) และตลาดส่งออกใหม่ คือ ประเทศอินเดียและเวียดนาม (ไม่กำหนดค่าตกค้าง) เพื่อดูผลการยอมรับของผู้ประกอบการและผู้บริโภคเปรียบเทียบกับวิธีเดิม

2. การทดสอบเชิงการค้า สามารถประยุกต์ใช้แช่ลำไยในปริมาณมากได้ โดยทดสอบกับเครื่องแช่ของลันจี้ที่ใช้ในเชิงการค้าอยู่แล้ว แต่ต้องมีคู่มือการปฏิบัติงานกับผู้ประกอบการ (MSDS) เช่น การแต่งกายมิดชิด ใส่ถุงมือ สวมหน้ากาก สวมแว่นตา ขณะเตรียมสารเคมีและปฏิบัติงาน

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3
The 3rd STOU Graduate Research Conference

เอกสารอ้างอิง

- พรวิสาข์ บุญยงค์. 2544. การควบคุมการเน่าเสียของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวด้วยสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และน้ำมันหอมระเหยจากมัสตาร์ดวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 143 หน้า.
- พรรณทิพา บุญอินทร์ กานดา หวังชัย กอบเกียรติ แสงนิล และ จำนงค์ อุทัยบุตร 2549. ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอระหวางการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 37 ฉบับที่ 5 (พิเศษ): 144-147.
- มานพ หาญเทวี, วิทยา อภัย, สนอง จรินทร์ และอุทัย นพคุณวงศ์. 2552. การลดอุณหภูมิผลลำไยร่วมกับการใช้ไอโซนต่อการยืดอายุการเก็บรักษา. กรมวิชาการเกษตร. 32 หน้า.
- Apai, W., S. Likhitrugulung, S. Jaroensuk, S. Jarintorn, M. Huntavee, C., Paosantadpanich and S.Amareok. 2013. Evaluation of the use of hydrochloric acid on fruit quality and consumer acceptability of fresh longans during cold storage. *Acta Hort.* (In press).
- 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, 18th ed., P.29-31.
- AOAC. 2005b. Official Method of Analysis of AOAC International 18th edition, 2005. AOAC Official Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products. Revision 2, 2007. Editor: Dr. William Hortwitz and Dr. George W. Latimer, Jr. Published by AOAC International Suite 500, USA.
- Hai, L.H., J. Uthaiutra and A. Joomwong, 2011. The prevention of pericarp browning and the maintenance of post-harvest quality in vietnamese longan cv. long, using sodium metabisulfite treatment. *Int. J. Agric. Biol.*, 13: 565–570
- 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., Zhang, D.C., Ketsa, S., 2002. Postharvest biology and handling of longan (*Dimorcarpus longan* Lour.) fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 26:241-252.
- 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.