

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาลำไย
2. โครงการวิจัย : พัฒนาเทคโนโลยีการลดการตกค้างของคลอรีนไดออกไซด์ในลำไยเพื่อการส่งออก
- กิจกรรม : กิจกรรมที่ 2 การหาสารและวิธีการเพื่อทดแทนสารคลอรีนไดออกไซด์
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การทดสอบประสิทธิภาพการใช้คลอรีนไดออกไซด์ และก๊าซบางชนิดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย
- ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Technological Testing on the Application of Chlorine Dioxide and Hydrochloric acid in Extending Shelf Life of Fresh Longan
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- หัวหน้าการทดลอง : น.ส.สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง สวพ.1
- ผู้ร่วมงาน : นายวิทยา อภัย สวพ.1

5. บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของสารและวิธีการเพื่อทดแทนการใช้คลอรีนไดออกไซด์ ได้แก่ การใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) โอโซน (O_3) และกรดเกลือ (HCl) ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย ทำการทดลองที่ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ระหว่างปี 2529-2561 แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่ การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ ClO_2 การทดสอบเทคโนโลยีการรมด้วย ClO_2 การทดสอบเทคโนโลยีการเคลือบผิวลำไยด้วย Mixed wax และการใช้โอโซนเพื่อลดการตกค้างของคลอรีนไดออกไซด์ในผลลำไยตามลำดับ ทำการตรวจสอบคุณภาพของผล ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก ความผิดปกติของสีเนื้อ การวัดสีเปลือก (ค่า L^* C^* และ h°) และการยอมรับของผู้บริโภค เช่น สีเปลือก สีเนื้อ รสชาติ กลิ่น และการยอมรับโดยรวม การทดลองที่ 1 พบว่า การแช่ด้วย ClO_2 2% เป็นวิธีการที่ดีที่สุด สามารถเก็บรักษาเป็นเวลา 28+3 วัน ที่อุณหภูมิ 5+25 °C (เก็บรักษาที่ 5 °C นาน 28 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 25 °C

ต่อเนื่อง นาน 3 วัน) การทดลองที่ 2 พบว่า การรมด้วย ClO_2 1.5 และ 2% เก็บรักษาได้เป็นเวลา 7+3 วัน ที่อุณหภูมิ 5+25 °C ขณะที่การแช่ ClO_2 2% และ HCl 6.4% เก็บรักษาได้เป็นเวลา 14+3 วัน และการรม SO_2 เก็บรักษาได้เป็นเวลา 21+3 วัน การทดลองที่ 3 พบว่าวิธีการที่ดีที่สุด คือ การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% สามารถเก็บรักษาได้ 28+3 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C รองลงมา ได้แก่ การแช่ด้วย ClO_2 2% และ HCl 6.4% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม คือการรม SO_2 วิธีการการค้า ส่วนการใช้ Mixed wax เพียงอย่างเดียวในการเคลือบผิวลำไยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาลำไยได้เพียง 7+3 วันเท่านั้น เนื่องจากเกิดการเน่าเสีย การทดลองที่ 4 พบว่า พบว่าการรม O_3 60 นาที+ SO_2 มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่างจากการรม SO_2 มีอายุการเก็บรักษานานเท่ากันคือ 42+3 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C รองลงมา คือการแช่ ClO_2 1.5% มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 42 วัน ที่ 5°C ในขณะที่การไม่แช่สารมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน ที่ 5°C โดยสรุปแล้ว การรมโอโซน+ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการแช่คลอรีนไดออกไซด์ 1.5-2.0% สามารถใช้เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาสารตกค้างได้

Abstract

Technological testing on the application of some alternative technology to sulfur dioxide (SO_2), i.e. chlorine dioxide (ClO_2), ozone (O_3) and hydrochloric acid (HCl) in extending shelf life of fresh longan was carried out at the laboratory of Office of Agricultural Research and Development region 1, Chiang Mai during 2016-2018. The experiment were done for four experiment, i.e. dipping testing in ClO_2 solution, ClO_2 fumigation testing, fruit coated testing with mixed wax solution and treatment for reducing SO_2 residue in fruit by using O_3 fumigation testing after fruit fumigated with SO_2 at commercial concentration respectively. The fruit qualities were determined during storage, i.e. pericarp browning, flesh discoloration, pericarp color (L^* , C^* and h°) and sensory evaluation using hedonic scaling such as pericarp acceptance, flesh appearance, taste, aroma and overall acceptance etc. It was found that the first experiment, dipping in 2% ClO_2 solution showed the best treatment and fruit quality was maintained thought out period of time for 28+3 days during storage at 5+25°C (stored at 5 °C for 28 days and during display for sale for 3 days at ambient temperature at 25°C). The second experiment found that fruit fumigated with ClO_2 at concentration of 1.5 and 2% could prolong shelf life for 7+3 days at 5+25°C. Whereas the treatments of dipping in 2% ClO_2 and 6.4% HCl solution were 14+3 days and SO_2 commercial control treatment in was 21+3 days. The third

experiment found that dipping in 6.4% HCl solution before coating with mixed wax 6% showed the best treatment and could prolong shelf life for 28+3 days during storage at 25°C. The other treatment had showed inferior performance, i.e. dipping in 2% ClO₂ and 6.4% HCl respectively which was not significant result with SO₂ commercial control treatment. Whereas using mixed wax alone could prolong shelf life for only 7+3 days due to fruit rotting. The fourth experiment found that fruit fumigated with O₃ for 60 min prior to SO₂ was not significantly results in prolonging shelf life as compared with SO₂ only. The residual SO₂ in fruit had the lowest values and shelf at life was maintained for 42 days at 5°C and followed by display for sale at ambient temperature for 3 days. The inferior performances were dipping in 1.5% ClO₂ for 42 days 5°C while untreated fruit showed the shortest shelf life for only 7 days at 5°C. In conclusion, the possible alternative treatment was O₃ fumigation + SO₂ followed by dipping in 1.5-2.0% ClO₂ solution could be studied to correct SO₂ residue problem in the future.

6. คำนำ

การตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในเนื้อผลลำไยที่ส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนในบางครั้งนั้นมีผลกระทบต่อ การส่งออกลำไยไทย รัฐบาลจึงได้พัฒนาการกรรมก๊าซ SO₂ ตามระบบการรมที่ดีและเหมาะสม (Good Fumigation Practice, GFP) และโรงคัดบรรจุ (GMP) มีโรงรมที่ได้รับรองมาตรฐานเขตภาคเหนือ 65 โรงรม แต่ยังมีปัญหาการตกค้างของ SO₂ เกินมาตรฐาน ปี 2557 การสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อวิเคราะห์สารตกค้าง SO₂ ส่งออกไปประเทศจีนโดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง สาขา จ. เชียงใหม่ จำนวน 2,746 ตัวอย่าง พบปริมาณ SO₂ ระหว่าง 51-234.7 ppm ซึ่งเกินค่ากำหนด (50 ppm) จำนวน 96 ตัวอย่างหรือร้อยละ 3.5 มีผู้ประกอบการยื่นแบบคำขอใบรับรองสุขอนามัย 59 บริษัท แต่ไม่ผ่าน 31 บริษัท ผลผลิตมาจากโรงรม 35 โรงรม (ทั้งหมด 52 โรง) สาเหตุเนื่องจากใช้กำมะถันเกินค่าแนะนำหรือเกินตารางการใช้กำมะถัน (S-Table) นอกจากนี้ผลมีความชื้นสูงหรือเปียกน้ำเนื่องจากฝนตกและหมอกกลง เป็นต้น

การแก้ไขปัญหาการตกค้าง SO₂ เกินมาตรฐานในเชิงปฏิบัติทำได้โดยให้ทุกภาคส่วนแก้ไขปัญหาาร่วมกัน เพื่อสร้างระบบ Postharvest handling system ให้เกิดขึ้น การใช้มาตรการภาคบังคับกับระบบ GFP กับโรงรม SO₂ ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนการรมคว้นตามมาตรฐานบังคับ มกษ. 1004-2557 เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาได้ และภาคเอกชนควรให้ความร่วมมือกับภาครัฐในการสุ่มเก็บตัวอย่างลำไยก่อนส่งออก อย่างไรก็ตามพบว่าสาเหตุของปัญหาการตกค้างในเชิงวิชาการข้อมูลยังไม่ครบถ้วนเพราะเกิดขึ้นหลังจากมีการใช้ SO₂ ในเชิงการค้าหลายสิบปี

พบว่าผลลำไยรมกำมะถันความเข้มข้นสูงและเก็บบรรจุในตะกร้าพลาสติกส่งทางเรือพบปัญหาการสูญเสียน้ำหนัก และเนื้อมันดำลงทำให้อายุการวางจำหน่ายที่ปลายทางสั้นลง และพบว่าการลดการตกค้างหลังรมควันทันที ได้แก่ การเป่าบำบัด การล้างน้ำไอโซน น้ำเกลือ น้ำคลอรีนสามารถลดการตกค้าง SO_2 ได้เฉพาะเปลือกเท่านั้นแต่เนื้อผล ยังขาดวิธีการที่มีประสิทธิภาพ การศึกษาสารทดแทนพบว่าหากต้องการให้ผิวเปลือกเหลืองทั้งผลต้องใช้วิธีแช่ด้วย กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาทีพบว่ายืดอายุการเก็บรักษาได้นานระหว่างการขนส่ง และเตรียมไว้ใช้ ทดแทนในอนาคต วิทยาและคณะ (2557) พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 6.4% นาน 5 นาที มี ประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ $2-5^{\circ}C$ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ได้นาน 35 วันมีการตกค้างของ กรดเกลือในเนื้อผลต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ประกอบการส่งออกและผู้บริโภคยอมรับ ร้อยละ 82 และ 80 ตามลำดับ คณะวิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องต้นแบบแช่กรดไฮโดรคลอริกแทนแรงงานคนสามารถแช่ได้ 10 ตะกร้า พลาสติกต่อเวลา 5 นาที ซึ่งผลงานวิจัยและพัฒนาที่ผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งออก ลำไยได้ในประเทศที่เข้มงวดการใช้สารนี้ในอนาคต นอกจากนั้นการแช่ HCl กับลำไยในประเทศไทยและ ออสเตรเลีย (Apai *et al.*, 2015; Drinan, 2004) และลิ้นจี่ยังพบรายงานวิจัยอยู่เสมอถึงแม้จะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ ในเชิงการค้ามานานกว่า 20 ปีแล้วก็ตามในประเทศจีนและอินเดียที่มีพื้นที่ปลูกลิ้นจี่จำนวนมาก (Mahajan *et al.*, 2014; Fang *et al.*, 2013) แต่ปัจจุบันพบว่าหากพัฒนาการใช้ HCl หรือสารอื่นๆ ในรูปของแก๊สจะทำให้รมผลได้ มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยยังไม่พบในงานวิจัยรวมทั้งการหาสารทดแทนอื่นๆ เพิ่มเติมยังเป็นงานที่จำเป็นต้อง ดำเนินโดยด่วน

การรมควันด้วยแก๊สเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพถ้าพัฒนาการใช้ประโยชน์จะมีคุณค่ามากแต่ยังไม่มีแก๊สใด ประสิทธิภาพเทียบเท่าแก๊ส SO_2 พบการศึกษารวมด้วยแก๊สไอโซน แก๊สคลอรีนไดออกไซด์ ไอร์อะเหยกรดอะซิดิก และไอร์อะเหยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น แก๊สคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) เป็นแก๊สชนิดหนึ่งที่น่าสนใจโดยวิธี เตรียมคลอรีนไดออกไซด์ที่ใช้ทั่วไปมี 2 วิธี คือ จากโซเดียมคลอไรด์ ทำปฏิกิริยากับก๊าซคลอรีนและโซเดียมคลอ ไรท์ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริก คลอรีนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเป็นสารฟอก ขาวในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และในปี 1944 คลอรีนไดออกไซด์ได้ถูกใช้เป็นสารควบคุมกลิ่นและรสใน สหรัฐอเมริกา และในปัจจุบันได้ถูกใช้ในการกำจัดเชื้อโรคว่างขวางกว่าไอโซนทั้งในยุโรปและอเมริกา Wu *et al.* (2011a) พบว่า การใช้ ClO_2 ฆ่าสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum gleosporioides* ได้การทดสอบการแช่ผล ลิ้นจี่ที่ให้แก๊ส ClO_2 ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น 80 และ 120 mg/l ช่วยลดการเกิดโรค การเปลี่ยนสีน้ำตาล และเอนไซม์ PPO และ POD การใช้ระดับ 120 mg/l ClO_2 เหมาะสมที่จะนำไปใช้ ประโยชน์การรมควันโดย Saeangnil *et al.* (2014) พบว่าการรมผลลำไยด้วยแก๊สคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่าง โซเดียมคลอไรด์กับกรดเกลือพบว่าการรมด้วยแก๊ส ClO_2 10 และ 25 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 5 วัน (คะแนนต่ำกว่า 25%) ที่อุณหภูมิ $25^{\circ}C$ ขณะที่ชุดควบคุมนานเพียง 1 วัน การใช้ ClO_2 เข้มข้น 10 ppm มี

คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด ทุกความเข้มข้นไม่พบการตกค้างของ ClO_2 ในเนื้อผล และเปลือกพบ 0.414 มก./กก. ต่ำกว่า 3.0 มก./กก. ดังนั้นการใช้ ClO_2 น่าสนใจนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับกรรมวิธีด้วย SO_2 การใช้สารฆ่าเชื้อในน้ำเย็นสำหรับการลดอุณหภูมิผลลึ้นจึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการฆ่าเชื้อควรศึกษาเพื่อออกมาเป็นคำแนะนำที่เป็นทางการ เพราะไม่รู้ว่าผู้ประกอบการใช้สารอะไรฆ่าเชื้อในน้ำเย็นนั้นบ้าง คลอรีนไดออกไซด์สามารถใช้แทนสารประกอบคลอรีนอื่นๆ ได้ เพราะไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ กลายเป็นสารก่อมะเร็ง มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีกว่าไอโอดีน ใช้ความเข้มข้นต่ำกว่า และเสถียรและแตกตัวได้ดีกว่า ฆ่าเชื้อในน้ำได้ดี (Han *et al.*, 2012) ความเข้มข้น ClO_2 ที่ใช้ล้างผักและผลไม้เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์พบว่าใช้ ClO_2 ความเข้มข้น 1000 ppm รมนาน 10 นาที กับสตรอเบอร์รี่ ในแคนตาลูปศึกษารม ClO_2 2000 ppm นาน 10 นาที FDA อนุญาตให้ใช้ ClO_2 ล้างผักและผลไม้ได้ตกค้างไม่เกิน 3.0 มก./กก. (FDA, 1998) การหาสารทดแทนก๊าซ SO_2 เป็นงานวิจัยเชิงรุกหนึ่งที่ต้องวิจัยเตรียมไว้ใช้ทดแทน เช่น การรมหรือแช่ผลด้วยแก๊สคลอรีนไดออกไซด์รมหรือแช่ผลพบว่ามีประสิทธิภาพชะลอการเน่าเสียและเปลือกผลเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ แต่ยังคงถึงระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น (Saengnil *et al.*, 2014) หากใช้จึงนำมาเปรียบเทียบกับการใช้กรดเกลือ (วิทยาและคณะ, 2557) งานวิจัยลดการตกค้างของ SO_2 จึงมีความสำคัญและทำได้โดยลดกัมมะถัน หรือ หาสารทดแทนสำหรับส่งออกประเทศที่เข้มงวดการใช้ SO_2 ควรวิจัยให้ได้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและสะดวกต่อผู้ประกอบการสำหรับใช้แก้ไขปัญหาค่าการใช้ SO_2 ต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์ และสารเคมี

1. โซเดียมคลอไรท์ (NaClO_2) 80% (Commercial grade)
2. กรดเกลือ (HCl) 35-37% (Commercial grade)
3. bees wax
4. carnuba wax
5. oleic acid
6. palmitic acid
7. ตู้ดูดควัน
8. เครื่องชั่ง
9. เครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อน
10. เครื่องวัดสี

11. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
12. เครื่องวัดความหวาน
13. เครื่องผลิตโอโซน กำลังการผลิต 10 g/h
14. กล่องพลาสติกเจาะรู
15. ถังพลาสติกสำหรับแช่สาร
16. ลำไย
17. กล่องพลาสติกเจาะรู
18. ห้องเย็น
19. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

- วิธีการ

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้คลอรีนไดออกไซด์(CLO₂) และกรดเกลือ (HCl) ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย มีดังนี้

7.1 การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ CLO₂ ต่อคุณภาพผล

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติก) ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 แช่สารละลาย CLO₂ ความเข้มข้น 2.0% นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 2 แช่สารละลาย CLO₂ ความเข้มข้น 1.5% นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 แช่สารละลาย CLO₂ ความเข้มข้น 1.0% นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 4 แช่ HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที (วิทยา และคณะ, 2557)

กรรมวิธีที่ 5 รมด้วย SO₂ วิธีทางการค้าปัจจุบัน

กรรมวิธีที่ 6 ลำไยไม่แช่สาร

นำลำไยจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จ. เชียงใหม่ หรือลำพูน นำมาคัดขนาดเกรดเอคัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว ล้างน้ำสะอาด 1 ครั้ง ใช้ CLO₂ เตรียมจากการผสม HCl 9% และโซเดียมคลอไรท์ 7.5% ผสมกันอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร จะได้ CLO₂ เข้มข้น 2% ในตู้ดูดควัน นำมาเจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการ 1.5 และ 1.0% กรรมวิธีที่ 1-4 แช่นานเท่ากัน 5 นาที ส่วนการแช่ HCl เข้มข้น 6.4% ใช้เวลานาน 5 นาที หลังจากนั้น ผึ่งลำไยให้แห้งสนิท จำนวน 4 ตะกร้า (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธี เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C 85% RH นาน 28 วัน และทดสอบการวางจำหน่ายโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

การบันทึกข้อมูล

สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 7 วัน ได้แก่

- ด้านคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001), การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า $L^* C^* h^\circ$) และความผิดปกติของสีเนื้อ
- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

7.2 การทดสอบเทคโนโลยีการรมด้วย ClO_2 และผลต่ออายุการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (กล่องพลาสติก) ซ้ำละ 20 ผล ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 การรมด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 1.0% รมนาน 30 นาที

กรรมวิธีที่ 2 การรมด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 1.5% รมนาน 30 นาที

กรรมวิธีที่ 3 การรมด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 2.0% รมนาน 30 นาที

กรรมวิธีที่ 4 การแช่สารละลาย ClO_2 2.0%

กรรมวิธีที่ 5 การแช่ HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที (วิทยา และคณะ, 2557)

กรรมวิธีที่ 6 รมด้วย SO_2 วิธีทางการค้าปัจจุบัน

นำลำไยจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จ. เชียงใหม่ หรือลำพูน นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว ใช้ ClO_2 เตรียมจากการผสม ระหว่าง HCl 9% และโซเดียมคลอไรด์ 7.5% ผสมกันอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร จะได้ ClO_2 เข้มข้น 2% ในตู้ดูดควันนำมาเจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการ โดยใช้ผลลำไย 20 ผลต่อการรม 1 ครั้ง โดยทดสอบในกล่องพลาสติกใสในตู้ดูดควัน รมนาน 30 นาที ปล่อยให้ระเหยนาน 60 นาที บรรจุในกล่องพลาสติกเจาะรู (Clamshell) จำนวน 3 กล่อง (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธี รวมทั้งหมด 20 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ $5^\circ C$ 85% RH นาน 28 วัน และทดสอบการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง ($25^\circ C$) นาน 3 วัน

การบันทึกข้อมูล

สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 7 วัน ได้แก่

- ด้านคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001), การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า $L^* C^* h^\circ$) และความผิดปกติของสีเนื้อ
- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

7.3 การทดสอบเทคโนโลยีการเคลือบผิวลำไยด้วย Mixed wax และผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (กล่องพลาสติก) ซ้ำละ 20 ผล ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax ความเข้มข้น 6%

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax ความเข้มข้น 8%

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax ความเข้มข้น 10%

กรรมวิธีที่ 4 แช่ ClO_2 ความเข้มข้น 2% นาน 5 นาที

กรรมวิธีที่ 5 แช่ HCl ความเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที (วิทยา และคณะ, 2557)

กรรมวิธีที่ 6 แช่ HCl ความเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที + Mixed wax ความเข้มข้น 6%

กรรมวิธีที่ 7 รมด้วย SO_2 วิธีทางการค้าปัจจุบัน

ใช้ลำไยจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จ. เชียงใหม่ หรือลำพูน นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือก เฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยวโดยใช้ผลลำไย 20 ผลต่อการรวม 1 ครั้ง

เตรียมสารผสมระหว่าง bees wax+carnauba wax (อัตราส่วน 2:1) ตามวิธีของ Hai *et al.* (2014) ทำการต้มที่อุณหภูมิ 80–85 °C กวนสารที่ความเร็วรอบประมาณ 90 rpm ต้มให้ละลาย กวน ให้เข้ากัน จากนั้นค่อยๆ เติม oleic acid 4.8% และ palmitic acid 0.5% กวนสารให้เข้ากัน ค่อยๆ เติมน้ำลงไปจนครบ ปริมาตรที่ต้องการ เติมอุณหภูมิ (ประมาณ 150–170 °C) และความเร็วรอบ เพื่อให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 30 นาที เมื่อละลายแล้วจะพบสารแยกชั้นกันระหว่างไขมันกับน้ำ หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงให้ เหลือ 80–85 °C ค่อยๆ เติม ammonium water (ammonium hydroxide) ลงไป เพื่อให้ไขมันกับน้ำรวมเป็น เนื้อเดียวกัน หยุดเติมเมื่อสารรวมเป็น เนื้อเดียวกันและไม่มีตะกอน จะพบว่า Mixed Wax ที่สามารถนำไปใช้ ได้จะเป็นสีขาวคล้ายนม และเมื่อนำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติยังคงอยู่ในรูปของสารละลายไม่มีการแข็งตัว นำมา เจือจางให้มีความเข้มข้น 6 8 และ 10% ตามลำดับ ผึ่งให้แห้ง และบรรจุในกล่องพลาสติกเจาะรู (Clamshell) จำนวน 3 กล่อง (ซ้า) ต่อกรรมวิธีรวมทั้งหมด 20 ซ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C และ 85% RH นาน 28 วัน และทดสอบการวางจำหน่ายโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) นาน 3 วัน

การบันทึกข้อมูล

สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพทุก 7 วัน ได้แก่

- ด้านคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์ผลดี และการสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ pH ของเปลือกและเนื้อผล
- การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

7.4 ทดสอบเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับลำไยปริมาณมากขึ้น

7.4.1 การทดสอบการส่งออก นำเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยทดสอบการส่งออกร่วมกับผู้ประกอบการ ส่งออกของประเทศไทยไปประเทศแคนาดาที่เข้มงวดการใช้ SO_2 โดยทดสอบแช่ HCl 6.4% นาน 5 นาที ส่งไป ประเทศแคนาดาทางเครื่องบินใช้เวลาขนส่งนาน 2 วัน รวม 10 ตะกร้า ตรวจวัดปริมาณ SO_2 ที่ตกค้าง ตรวจวัด คุณภาพของลำไย และอายุการเก็บรักษา และทดสอบการส่งออกและการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการ

7.4.2 ได้นำเทคโนโลยีที่ทดแทนในรูปของก๊าซมาใช้ คือ การใช้ก๊าซโอโซนรมผลลำไยเพื่อพอกสีผิวร่วมกับการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสีผิว และการลดตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผล และเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดแทนที่ผ่านมา วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าความจุ 11.5 kg)

T1 = แช่ใน ClO_2 1.5% นาน 5 นาที

T2 = รมโอโซน นาน 60 นาที ก่อนรม SO_2

T3 = แช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที

T4 = รมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (วิธีทางการค้า)

T5 = ไม่แช่สาร

ผลลำไยเกรดเอแบบช่อบรรจุในตะกร้าพลาสติกโดยเก็บเกี่ยวจากสวนลำไยที่ได้รับรอง GAP ในจังหวัดเชียงใหม่/ลำพูน นำมาจากโรงคัดบรรจุรวม 15 ตะกร้า และนำไปรมกำมะถันจำนวน 3 ตะกร้า จากนั้นนำตะกร้าทั้งหมดมาเก็บรักษาไว้ที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5-7 °C ที่ ก่อนนำมาทดสอบแช่/รมก๊าซโอโซนในช่วงเช้าวัดถัดไป กรรมวิธีที่ 2 นำลำไยมารวมก๊าซโอโซนทั้งตะกร้านาน 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปรมก๊าซ SO_2 ในห้องรมของโรงรมในเย็นวันเดียวกัน ส่วนกรรมวิธีที่ 1 และ 3 นำลำไยมาแช่ในสารละลายที่เตรียมไว้ปริมาตร 60 ลิตร ในถังพลาสติกก่อนแช่ล้างด้วยน้ำสะอาด แช่นาน 5 นาที ระหว่างแช่ขยับตะกร้าไปมาเพื่อให้สารซึมเข้าไปผิวลำไยได้ทั่วถึง วัดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชสารก่อนและหลังแช่ทุกครั้ง ผึ่งให้แห้งสนิทพร้อมกันจึงนำไปเก็บรักษาที่ 5-7°C

การบันทึกข้อมูล

สุ่มตรวจวัดคุณภาพผลทุก 7 วัน จนครบ 42 วัน สุ่มจำนวน 1 kg/ตะกร้า นำมาตรวจสอบ คุณภาพ ได้แก่ ตรวจวัดปริมาณ SO_2 ที่ตกค้าง ตรวจวัดคุณภาพของลำไย และอายุการเก็บรักษา

- เวลาและสถานที่

ต.ค. 2558 - ก.ย. 2561 กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

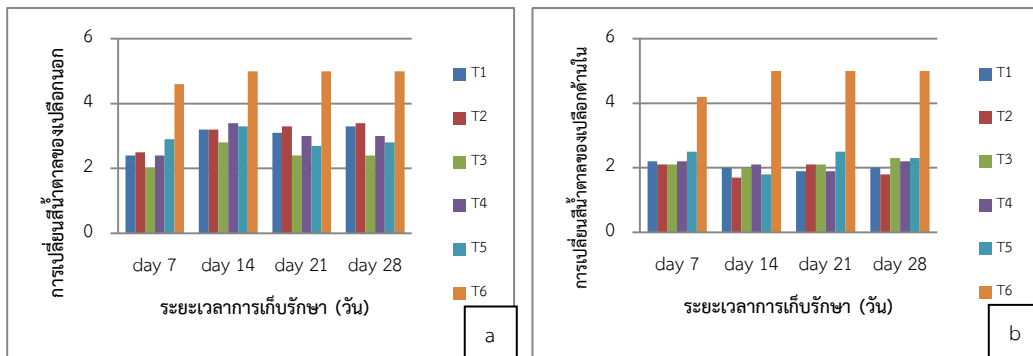
8.1 การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ ClO_2 ต่อคุณภาพผล

8.1.1 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก พบว่าการแช่ด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 2.0% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลอยู่ในระดับ ≤ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ เช่นเดียวกับการแช่ HCl 6.4% การรม SO_2 ในการเก็บรักษานาน 28+3 วัน พบว่าการแช่ด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 1.0% 1.5% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล ≥ 3 ภายหลังจาก

เก็บรักษานาน 7+3 วัน การแช่ด้วย ClO_2 2.0% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลอยู่ในระดับ ≤ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ เช่นเดียวกับการแช่ HCl 6.4% และการรม SO_2 ตลอดอายุการเก็บรักษาที่ 28+3 วัน โดยที่ลำไยที่ไม่แช่สารมีคะแนน ≥ 3 ตั้งแต่วันที่ 7+3 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 1a)

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกใน พบว่า ทุกกรรมวิธีมีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล ≤ 3 ซึ่ง ยังอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ตลอดอายุการเก็บรักษา 28+3 วัน ส่วนลำไยที่ไม่แช่สารมีคะแนน ≥ 3 ตั้งแต่วันที่ 7+3 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 1b)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก (a) และเปลือกด้านใน (b) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

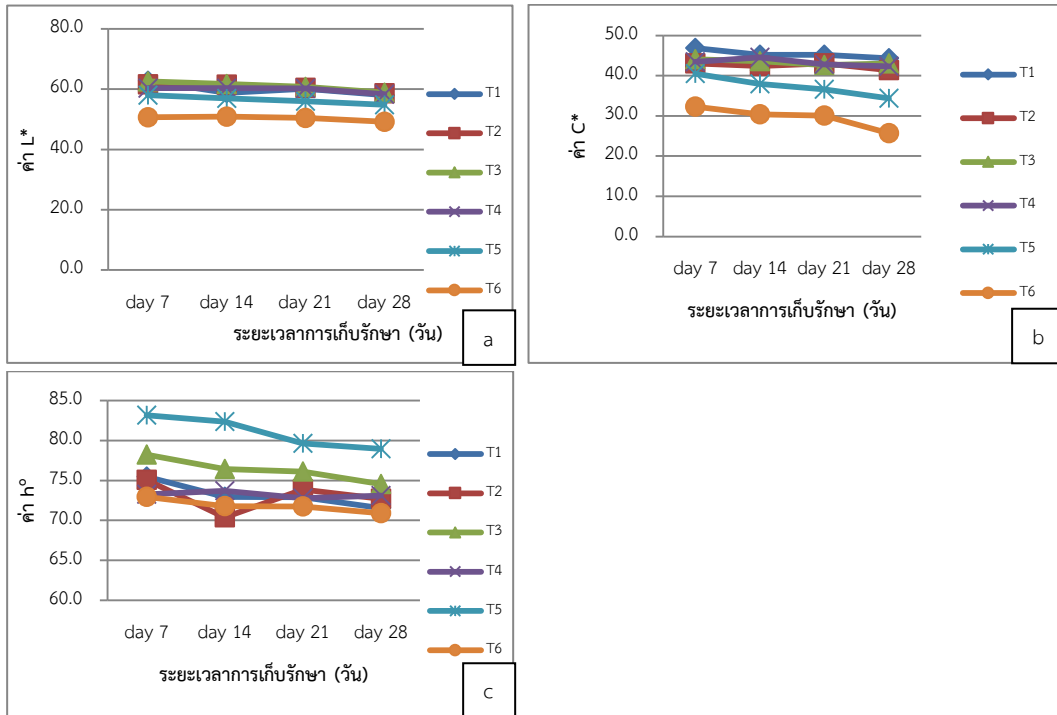
8.1.2 การวัดสีผิวเปลือกนอกด้วยเครื่องวัดสี

- ค่า L^* เมื่อเข้าใกล้ 0 หมายถึงมีค่าความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 100 หมายถึงวัตถุนั้นเป็นสีขาว (McGuire, 1992) พบว่าการแช่ด้วย ClO_2 1.0% มีค่า L^* อยู่ในช่วง 58.0-62.8 แช่ ClO_2 1.5% มีค่า L^* 58.6-61.6 แช่ ClO_2 2.0% มีค่า L^* 58.9-62.6 แช่ HCl 6.4% มีค่า L^* 58.4-60.3 และการรม SO_2 มีค่า L^* 54.8-58.0 โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างทางสถิติกับลำไยไม่แช่สาร (49.2-50.9) ซึ่งค่า L^* จะลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 2a)

- ค่า C^* แสดงถึงความเข้มของสี เมื่อค่า C^* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงวัตถุนั้นมีสีเทา ถ้าค่า C^* มีค่ามากแสดงถึงสีที่ปรากฏมีความเข้มมากขึ้น (McGuire, 1992) พบว่าการแช่ด้วย ClO_2 1.0% มีค่า C^* อยู่ในช่วง 44.3-46.9 แช่ ClO_2 1.5% มีค่า C^* 41.4-43.1 แช่ ClO_2 2.0% มีค่า C^* 42.7-44.1 แช่ HCl 6.4% มีค่า C^* 42.4-44.6 และการรม SO_2 มีค่า C^* 34.4-40.5 โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างทางสถิติกับลำไยไม่แช่สาร (25.7-32.3) ซึ่งค่า C^* จะลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา (ภาพที่ 2b)

- ค่า h° คือค่าของสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น คือ ถ้า ค่า h° เท่ากับ 45 องศา แสดงถึงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 90 องศา คือสีส้มแดงถึงสีเหลือง 180 องศา คือสีเหลืองเขียวถึงเขียว 270 องศา คือ สีน้ำเงิน 360 องศา คือสีม่วงถึงสีม่วงแดง (McGuire, 1992) จากการทดลองพบว่าการแช่ด้วย ClO_2 1.0% 1.5% 2.0% HCl

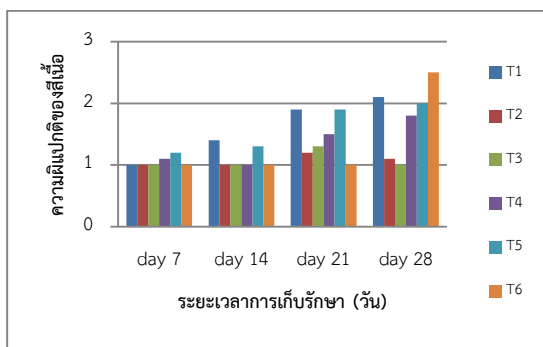
6.4% การรวม SO₂ และไม่แฆสาร มีค่า h° อยู่ในช่วง 71.5-75.5, 70.4-75.1, 74.6-78.2, 72.8-73.7, 79.0-83.1 และ 70.9-72.9 ตามลำดับ โดยทุกกรรมวิธีแสดงค่าสีไปทางสีส้มแดงถึงเหลือง (ภาพที่ 2c)



ภาพที่ 2 ค่า L* (a) C* (b) และ h° (c) ของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

8.1.3 ความผิดปกติของสีเนื้อ

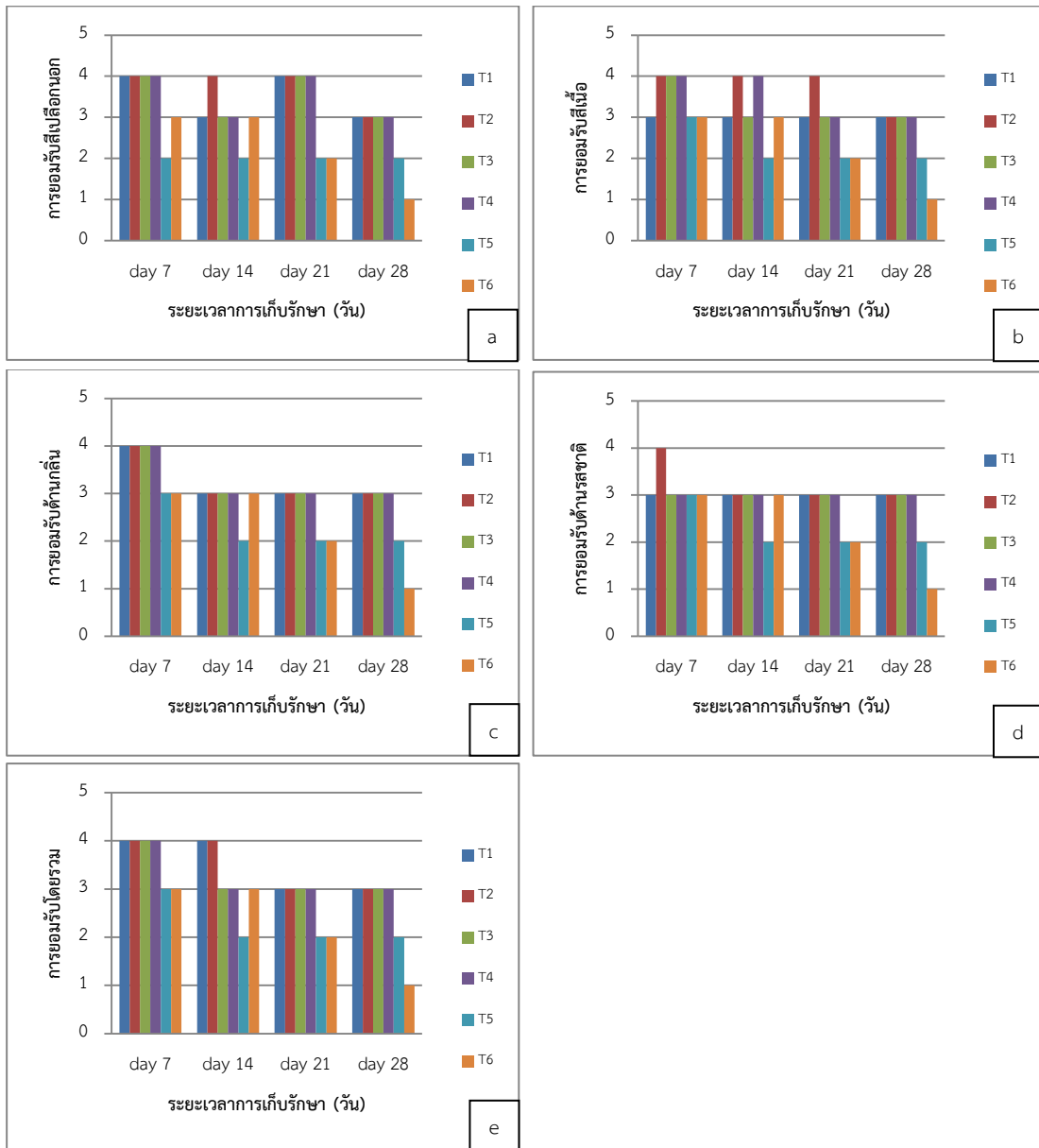
พบว่าทุกกรรมวิธีมีคะแนนความผิดปกติของสีเนื้อ ≤ 2 จนถึง 21+3 วัน ของการเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แต่เมื่อถึงการเก็บรักษาที่ 28+3 วัน พบว่าการรวมด้วย ClO₂ 1.5% และ 2.0% มีคะแนนความผิดปกติของสีเนื้อ ≤ 2 เช่นเดียวกับการแช่ HCl 6.4% การรวม SO₂ ส่วนการแช่ด้วย ClO₂ 1.0% มีคะแนนความผิดปกติของสีเนื้อเกินเกณฑ์การยอมรับเช่นเดียวกับลำไยที่ไม่แฆสาร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ความผิดปกติของสีเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

8.1.4 การยอมรับของผู้บริโภค

การยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีผิวเปลือกนอก สีเนื้อ กลิ่น รสชาติ และคุณภาพโดยรวม พบว่าการแช่ ClO_2 1% 1.5% 2% และแช่ HCl 6.4% มีคะแนนการยอมรับเท่ากันที่ 3.0 คะแนน โดยอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (≥ 3 คะแนน) ตลอดการเก็บรักษาที่ 28+3 วัน (ภาพที่ 4a-e)



ภาพที่ 4 การยอมรับของผู้บริโภคด้านสีเปลือกนอก (a) สีเนื้อ (b) กลิ่น (c) รสชาติ (d) และการยอมรับโดยรวม (e) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

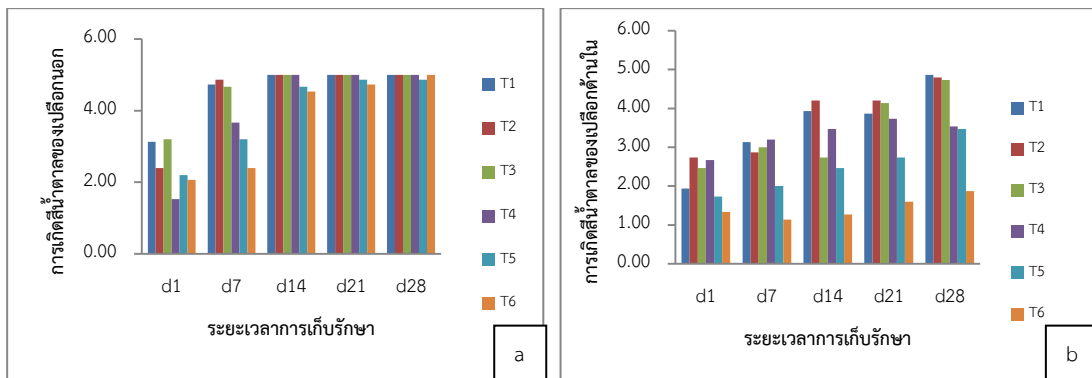
จากการตรวจสอบคุณภาพของผล ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก ความผิดปกติของสีเนื้อ การวัดสีเปลือก (ค่า L^* C^* และ h°) และการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีเปลือก สีเนื้อ รสชาติ กลิ่น และการยอมรับโดยรวม พบว่า การแช่ด้วย ClO_2 2% อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตลอดอายุการเก็บรักษา 28+3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °C

8.2. การทดสอบเทคโนโลยีการรมด้วย ClO_2 และผลต่ออายุการเก็บรักษา

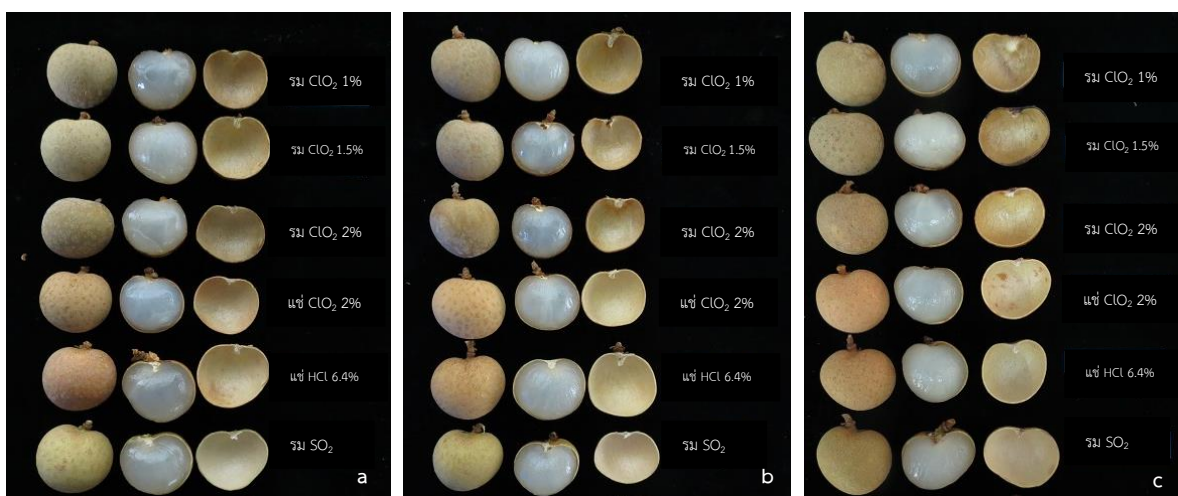
8.2.1 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก

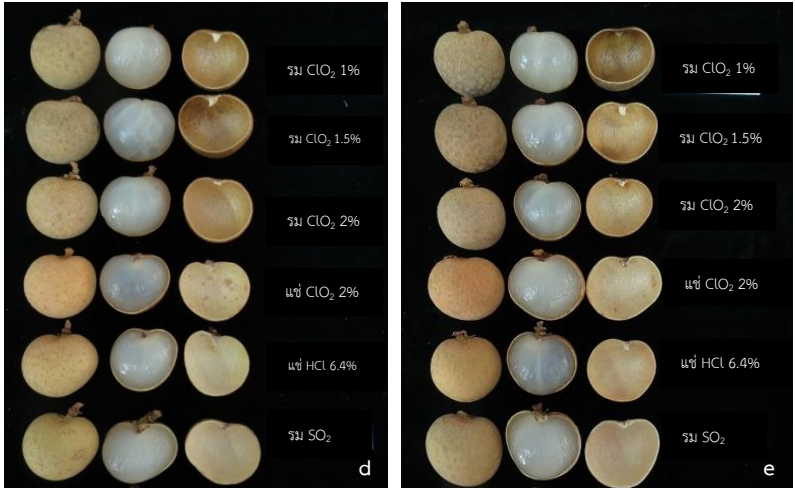
การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก พบว่าการรมด้วย ClO_2 ความเข้มข้น 1.0 1.5 และ 2.0% การแช่ ClO_2 2.0% และการแช่ HCl 6.4% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลอยู่ในระดับ ≥ 3 ซึ่งเกินเกณฑ์การยอมรับ ตั้งแต่ วันที่ 7 ของการเก็บรักษา ส่วนการรมด้วย SO_2 มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลอยู่ในระดับ ≥ 3 ของการเก็บรักษาที่ 14+3 วัน (ภาพที่ 5a และ 6)

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านใน พบว่าในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า การรมด้วย SO_2 การแช่ HCl 6.4% การรมด้วย ClO_2 1.5% และ 2.0% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล ≤ 3 ซึ่ง ยังอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แต่การเปลี่ยนของสีน้ำตาลของเปลือกในจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกกรรมวิธี ส่วนการรมด้วย SO_2 อยู่ในระดับ ≤ 3 ตลอดอายุการเก็บรักษา 28+3 วัน (ภาพที่ 5b และ 6)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก (a) และเปลือกด้านใน (b) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน





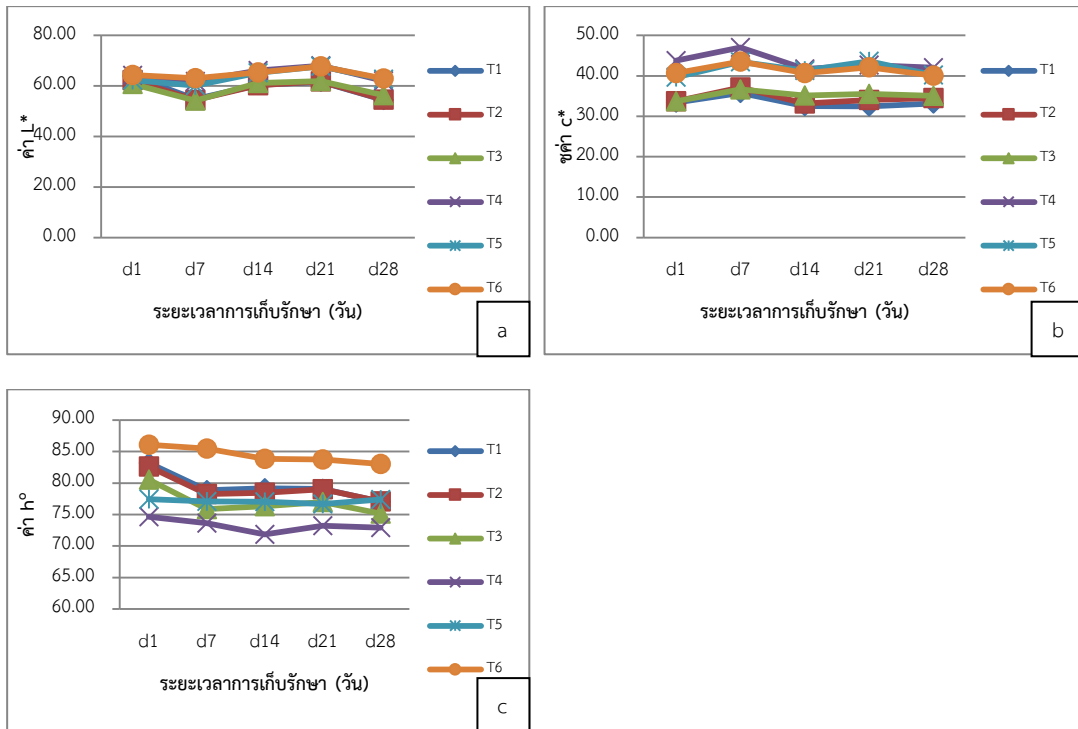
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก เปลือกใน และเนื้อในการเก็บรักษา 1+3 วัน (a) 7+3 วัน(b) 14+3 วัน (c) 21+3 วัน (d) และ 28+3 วัน (e)

8.2.2 การวัดสีผิวเปลือกนอกด้วยเครื่องวัดสี

- ค่า L* เมื่อเข้าใกล้ 0 หมายถึงมีค่าความสว่างน้อยจนเป็นสีคล้ำ ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 100 หมายถึงวัตถุนั้นเป็นสีขาว (McGuire, 1992) ทุกกรรมวิธีมีค่า L* อยู่ในช่วง 60.84-64.36 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยที่กรรมด้วย ClO₂ 2.0% ต่ำสุดคือ 60.84 ขณะที่กรรมด้วย SO₂ มีค่าสูงสุด คือ 64.36 แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 7a)

- ค่า C* แสดงถึงความเข้มของสี เมื่อค่า C* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงวัตถุนั้นมีสีเทา ถ้าค่า C* มี ค่ามากแสดงถึงสีที่ปรากฏมีความเข้มมากขึ้น (McGuire, 1992) จากการทดลองพบว่าลำไยที่แช่ด้วย ClO₂ 2.0% มีค่า C* สูงกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างจากการแช่ด้วย HCl 6.4% และ กรรม SO₂ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดอายุการเก็บรักษา 28+3 วัน (ภาพที่ 7b)

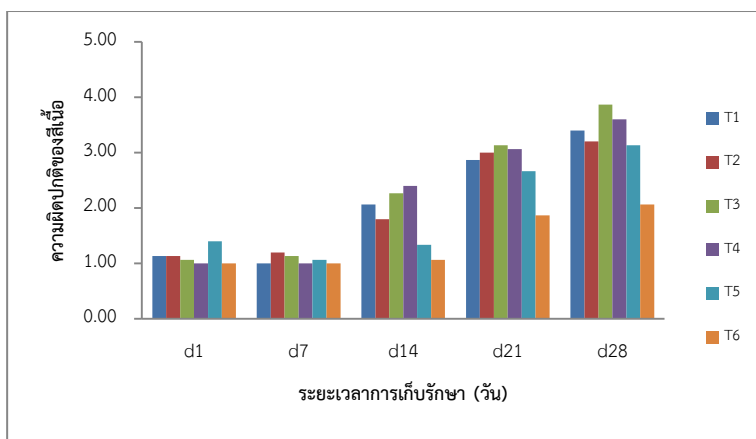
- ค่า h° คือค่าของสีที่แท้จริงที่ปรากฏให้เห็น คือ ถ้า ค่า h° เท่ากับ 45 องศา แสดงถึงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 90 องศา คือสีส้มแดงถึงสีเหลือง 180 องศา คือสีเหลืองเขียวถึงเขียว 270 องศา คือ สีน้ำเงิน 360 องศา คือ สีม่วงถึงสีม่วงแดง (McGuire, 1992) จากการทดลองพบว่ากรรม SO₂ มีค่า h° อยู่ในช่วง 83.05-86.10 มีสีไปทางสีส้มแดงถึงเหลือง มากกว่ากรรมวิธีอื่น (ภาพที่ 7c)



ภาพที่ 7 ค่า L* (a) C* (b) และ h° (c) ของลำไยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และ ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

8.2.3 ความผิดปกติของสีเนื้อ

พบว่าทุกรวมวิธีมีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล ≤ 3 ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 14+3 วัน การรมด้วย ClO_2 1.0% 1.5% 2.0% และการแช่ ClO_2 2.0% มีคะแนน ≥ 3 ของการเก็บรักษาที่ 21+3 วัน ส่วนการรมด้วย SO_2 มีคะแนน ≤ 3 ตลอดอายุการเก็บรักษา 28+3 วัน (ภาพที่ 6 และ 7)



ภาพที่ 8 ความผิดปกติของของเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

8.2.4 การยอมรับของผู้บริโภค

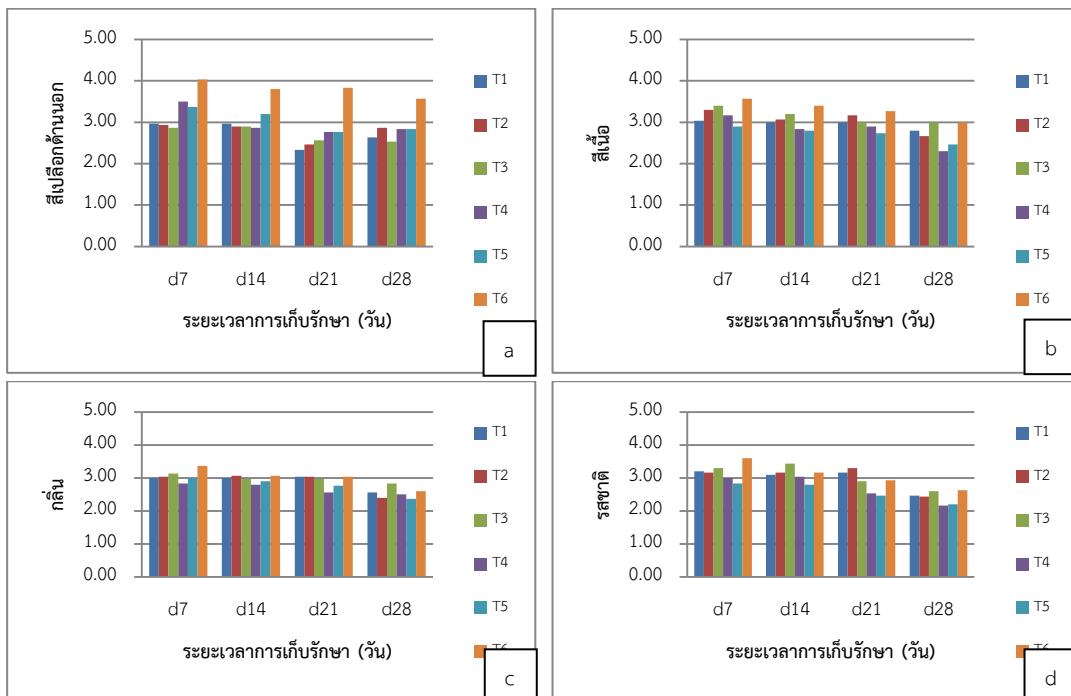
การยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีผิวเปลือกนอกพบว่า การรวม SO₂ มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน รองลงมาคือ การแช่ HCl 6.4% มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ที่ 14 วัน การแช่ ClO₂ 2% ที่ 7 วัน ส่วนการรวม ClO₂ 1% 1.5% 2% มีค่า ≤ 3 ตลอดการเก็บรักษา 28 วัน (ภาพที่ 9a)

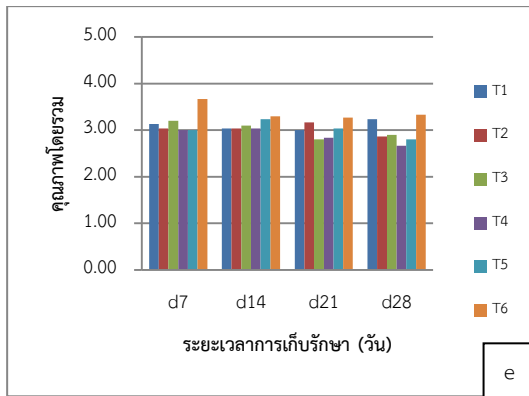
การยอมรับด้านสีเนื้อ พบว่า การรวม SO₂ และการรวม ClO₂ 2% มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ที่ 28 วัน รองลงมาคือ การรวม ClO₂ 1% และ 1.5% ที่ 21 วัน การแช่ ClO₂ 2% ที่ 7 วัน ส่วนการแช่ HCl 6.4% มีคะแนน ≤ 3 ตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 9b)

การยอมรับด้านกลิ่น พบว่าการรวม SO₂ และการรวม ClO₂ 1% และ 1.5% มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ที่ 21 วัน รองลงมาคือ การรวม ClO₂ 2% และ การแช่ HCl 6.4% ที่ 7 วัน ส่วนการแช่ ClO₂ 2% มีคะแนน ≤ 3 ตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 9c)

การยอมรับด้านรสชาติ พบว่าการรวม ClO₂ 1.0% 1.5% มีคะแนน ≥ 3 จนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา รองลงมา คือการรวม ClO₂ 2% การแช่ ClO₂ 2% และการรวม SO₂ มีคะแนน ≥ 3 ที่ 14 วัน ส่วนการแช่ HCl 6.4% มีคะแนน ≤ 3 ตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 9d)

คุณภาพโดยรวม การรวม SO₂ และการรวม ClO₂ 1% มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน รองลงมาคือ การแช่ HCl 6.4% และการรวม ClO₂ 1.5% มีคะแนนการยอมรับ ≥ 3 ที่ 21 วัน การรวม ClO₂ 2% และการแช่ ClO₂ 2% ที่ 14 วัน (ภาพที่ 9e)





ภาพที่ 9 การยอมรับของผู้บริโภคด้านสีเปลือกนอก (a) สีเนื้อ (b) กลิ่น (c) รสชาติ (d) และการยอมรับโดยรวม (e) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

เมื่อพิจารณาในด้านคุณภาพของการเปลี่ยนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกความผิดปกติของสีเนื้อ การวัดสีเปลือก (ค่า L* C* และ h°) และการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสีเปลือก สีเนื้อ รสชาติ กลิ่นและการยอมรับโดยรวม พบว่า การรมด้วย ClO₂ 1% และ 1.5% อยู่ในเกณฑ์การยอมรับที่อุณหภูมิ 5 °C ในเก็บรักษาเป็นเวลา 14+3 วัน

8.3 การทดสอบเทคโนโลยีการเคลือบผิวลำไยด้วย Mixed wax และผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย

พบว่าวิธีการที่ดีที่สุด คือ การแช่ HCl 6.4%+SMS 1% +mixed wax 6% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5°C รองลงมา ได้แก่การแช่ด้วย ClO₂ 2% และ HCl 6.4% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม คือการรม SO₂ วิธีทางการค้า

8.3.1 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก ในการทดลองตรวจบันทึกผลทุก 7 วัน โดยเก็บที่อุณหภูมิ 5°C และนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ในด้านคุณภาพการเก็บรักษาพบว่าการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% มีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกเท่ากับ 4 ในเก็บรักษาที่ 7+3 วัน ที่ 25°C ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมมีคะแนนเท่ากับ 3.3 แต่เมื่อวันที่ 14 +3 ของการเก็บรักษา การแช่ด้วย mixed wax เพียงอย่างเดียว พบว่าเกิดการเน่าเสียจากเชื้อราขึ้นปกคลุมทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ (ตารางที่ 1)

8.3.2 การเปลี่ยนสีของเนื้อผล พบว่าการเคลือบด้วย Mixed wax สิ้นอายุการเก็บรักษาที่ 14+3 วัน ส่วนวิธีการรม SO₂, ClO₂ 2% และ HCl 6.4% วันที่ 28+3 มีคะแนนการเปลี่ยนสีของเนื้อผลเท่ากันมีค่า 2.0 ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6%, มีคะแนนที่ 2.6 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่ อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ ≤ 3.0)

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	3.87a	4.07bc	-	-	-
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	3.80a	4.80a	-	-	-
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	4.07a	4.87a	-	-	-
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	2.40b	3.93c	4.20b	5.00a	5.00a
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	2.67b	4.47ab	4.47ab	4.80a	5.00a
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	2.80b	4.00c	4.80a	5.00a	5.00a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการค้า	2.20b	3.33d	4.20b	4.93a	5.00a
CV (%)	22.19	8.67	10.00	4.95	0.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 คะแนนการเปลี่ยนของสีเนื้อ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่ อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ ≤ 2.00)

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	1.00b	1.07b	-	-	-
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	1.00b	1.60a	-	-	-
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	1.00b	1.13b	-	-	-
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	2.67a	1.67a	1.93b	2.07a	2.00b
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	2.13a	2.00a	2.20ab	2.13a	2.00b
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	2.40a	1.87a	2.47a	2.07a	2.60a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการค้า	1.27b	1.73a	2.00ab	2.00a	2.00b
CV (%)	28.51	24.13	22.47	12.27	14.91

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

8.3.3 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค พบว่าการเคลือบด้วย mixed wax พบการเกิดโรค 100% ในวันที่ 14+3 ส่วนการแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 6.67% การแช่ ClO₂ 2% มีเปอร์เซ็นต์การ

เกิดโรค 3.33% และการแช่ HCl 6.4% มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 16.67% ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการรม SO₂ ไม่พบการเกิดโรคในการเก็บรักษาที่ 28+3 วัน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	40.00a	60.00ab	100.00a	100.00a	100.00a
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	53.33a	86.67a	100.00a	100.00a	100.00a
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	53.33a	86.67a	100.00a	100.00a	100.00a
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	0.00b	3.33c	16.67b	3.33b	3.33b
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	0.00b	6.67bc	0.00b	33.33b	16.67b
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	0.00b	3.33c	3.33b	16.33b	6.67a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการการค้า	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b
CV (%)	58.92	54.34	24.34	29.00	14.03

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

8.3.4 เปอร์เซ็นต์ผลดี พบว่าในวันที่ 28+3 พบว่า การรม SO₂ มีเปอร์เซ็นต์ผลดี 100% รองลงมาคือ การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% มีเปอร์เซ็นต์ผลดี 60% การแช่ ClO₂ 2% และ การแช่ HCl 6.4% มีเปอร์เซ็นต์ผลดี 3.33% แต่การใช้ mixed wax ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี ผลดีเป็น 0%

8.3.5 ค่าความเป็นกรด/ต่างในเปลือก พบว่า การเคลือบผิวด้วย mixed wax ทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่าความเป็นกรด/ต่างในช่วง 4.9-5.67 การแช่ด้วย ClO₂ 2% มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 2.33-3.04 การแช่ HCl 6.4% ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 2.52-3.26 การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 2.39-3.20 และการรม SO₂ ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 4.28-4.29 ค่าความเป็นกรด/ต่างในเนื้อพบว่าการเคลือบผิวด้วย mixed wax ทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่าความเป็นกรด/ต่างในช่วง 7.66-7.79 การแช่ด้วย ClO₂ 2% มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.51-7.35 การแช่ HCl 6.4% ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.68-7.49 การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 5.52-7.03 และการรม SO₂ ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 7.09-7.57 ซึ่งจะพบว่าเนื้อจะเริ่มมีค่าความเป็นกรดต่างลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษา

8.3.5 การยอมรับของผู้บริโภค

การยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมแล้วพบว่า ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28+3 วัน มีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ที่ 2.5 ในกรรมวิธีการแช่ HCl 6.4% รองลงมาคือ การแช่ด้วย ClO₂ 2% 2.66 คะแนน การแช่

HCl 6.4%+mixed wax 6% 2.5 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจากการรมด้วย SO₂ 2.83 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ (≥ 3 คะแนน) ส่วนในด้านของสีผิว เปลือกนอกพบว่า การแช่ด้วย ClO₂ 2% การแช่ HCl 6.4% การแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% มีคะแนนการยอมรับเท่ากันที่ 2.5 คะแนน ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการรมด้วย SO₂ 3 คะแนน (ตารางที่ 4) การยอมรับด้านสีเนื้อในวันที่ 28+3 พบว่า การแช่ด้วย ClO₂ 2% มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด 1.83 คะแนน การแช่ HCl 6.4% 2.5 คะแนน เท่ากับการรมด้วย SO₂ และการแช่ HCl 6.4%+mixed wax 6% ได้ 3 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ แต่ ทุกกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5) การยอมรับด้านรสชาติในวันที่ 28+3 พบว่า การแช่ด้วย ClO₂ 2% มีคะแนนการยอมรับน้อยที่สุด 2.33 คะแนน การแช่ HCl 6.4% 2.5 คะแนน และการแช่ HCl 6.4%+ mixed wax 6% ได้ 2.67 คะแนน เท่ากับการรมด้วย SO₂ ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับด้านสีผิวเปลือกนอกเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ ≥ 3.00)

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	1.83bc	1.67b	-	-	-
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	2.00bc	1.67b	-	-	-
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	1.50c	1.67b	-	-	-
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	3.33ab	3.33a	2.50a	2.83a	2.50a
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	3.83a	4.00a	2.67a	2.83a	2.50a
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	3.17abc	3.33a	3.00a	3.67a	2.50a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการค้า	3.83a	3.67a	3.00a	3.67a	3.00a
CV (%)	34.41	29.98	28.69	24.16	34.60

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับด้านสีเนื้อผลเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ ≥ 3.00)

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
----------	---------	---------	----------	----------	----------

T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	3.00a	3.00a	-	-	-
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	3.83a	2.83a	-	-	-
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	0.17a	2.67a	-	-	-
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	2.83a	3.33a	2.67a	3.17ab	1.83a
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	2.83a	2.83a	2.33a	2.33b	2.50a
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	3.33a	3.50a	3.17a	3.17ab	2.50a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการค้า	3.70a	3.33a	3.17a	4.00a	3.00a
CV (%)	21.12	26.49	29.88	27.35	33.83

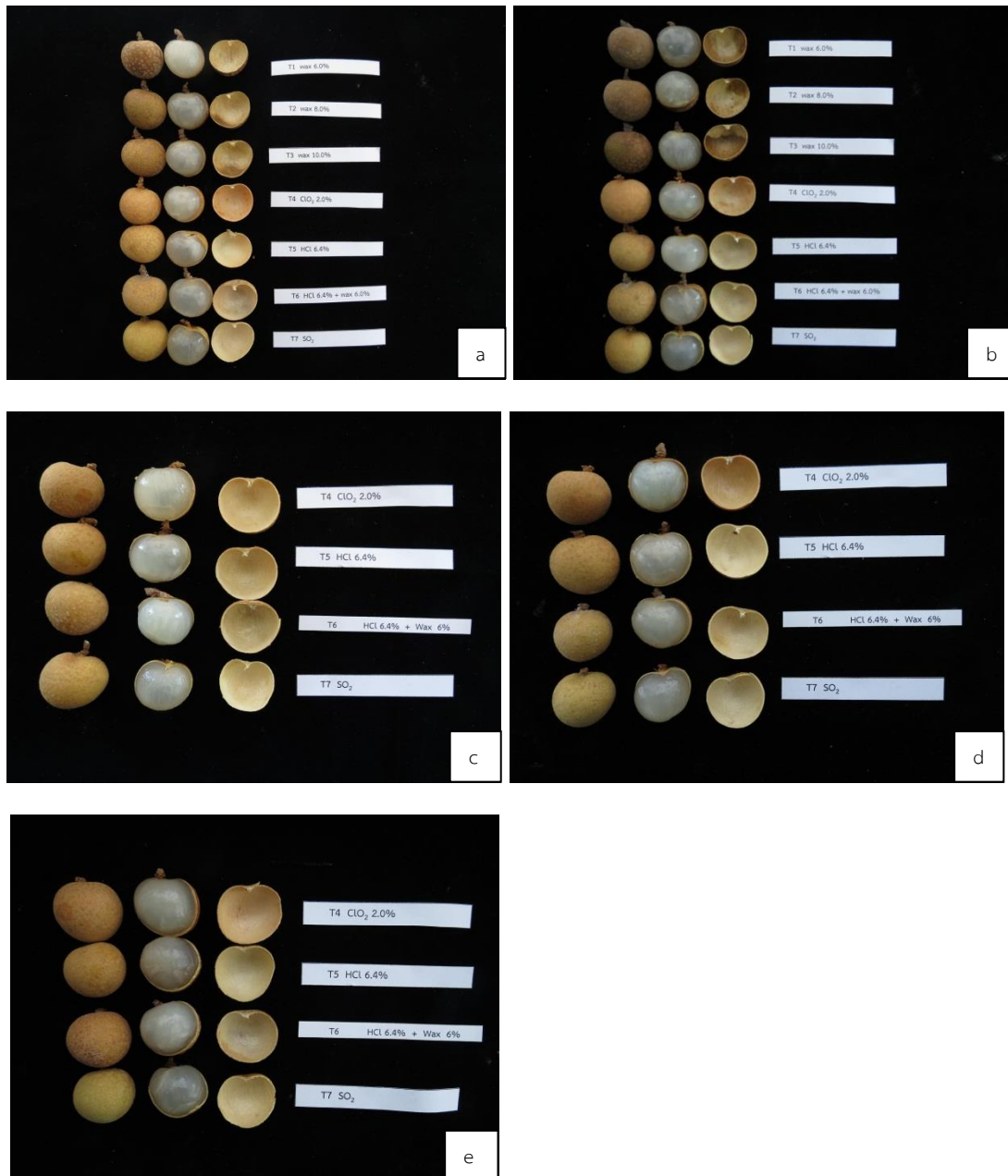
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน และที่ อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 3 วัน (เกณฑ์การยอมรับ ≥ 3.00)

กรรมวิธี	Day 1+3	Day 7+3	Day 14+3	Day 21+3	Day 28+3
T1 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 6%	3.00ab	3.00a	-	-	-
T2 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 8%	3.17ab	2.67a	-	-	-
T3 เคลือบผิวด้วย Mixed wax 10%	3.67a	2.83a	-	-	-
T4 แช่ ClO ₂ เข้มข้น 2.0%	2.33ab	2.67a	2.50a	2.67a	2.33a
T5 แช่ HCl เข้มข้น 6.4%	2.00b	2.83a	2.33a	2.33a	2.50a
T6 แช่ HCl 6.4%+ Mixed wax 6%	3.17ab	3.33a	2.50a	3.00a	2.67a
T7 รมด้วย SO ₂ วิธีการค้า	3.17ab	3.00a	3.17a	3.00a	2.67a
CV (%)	25.27	28.31	25.79	26.56	24.09

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95%

8.3.6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่าทุกระบบวิธีมีการสูญเสียไม่แตกต่างจากวิธีการรม SO₂ ในทุก 7 วัน ของการเก็บผล แต่การสูญเสียน้ำหนักจะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 28+3 ของการเก็บรักษา โดยน้ำหนักที่ลดลงจะอยู่ในช่วง 2.46-3.80 กรัม

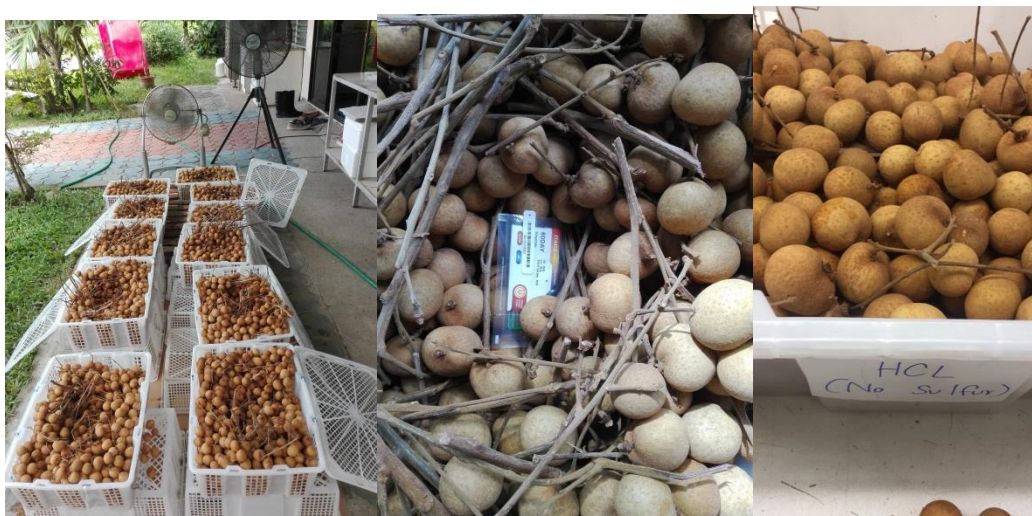


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก เปลือกใน และเนื้อในการเก็บรักษา 1+3 วัน (a) 7+3 วัน (b) 14+3 วัน (c) 21+3 วัน (d) และ 28+3 วัน (e)

8.4 ทดสอบเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับลำไยปริมาณมากขึ้น

8.4.1 การทดสอบการส่งออก ทดสอบการส่งออกพร้อมกับผู้ประกอบการส่งออกของประเทศไทยไปประเทศแคนาดาที่เข้มงวดการใช้ SO_2 กำหนดมาตรฐานค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลต้องต่ำกว่า 0 ppm ทดสอบแช่ HCl 6.4% นาน 5 นาที ส่งไปประเทศแคนาดาทางเครื่องบินใช้เวลาขนส่งนาน 2 วัน รวม 10 ตะกร้า โดยตรวจสอบพบค่าตกค้างในเนื้อ เปลือก และทั้งผลเท่ากับ 1.33, 23.88 และ 3.77 ppm ตามลำดับ เมื่อถึงปลายทางผู้ประกอบการนำเข้าได้นำสินค้ามาเก็บรักษาเพื่อประเมินผลดูความเป็นไปได้ในการจำหน่ายที่ปลายทาง พบว่า

ลำไยแช่กรด HCl สามารถวางจำหน่ายได้ แต่ผู้ประกอบการปลายทางเก็บไว้เพื่อดูคุณภาพ มีบางผลเปลือกแตก และบวมบ้าง เนื่องจากเปลือกบาง สีส้มส้มเหลือง ผู้ประกอบการให้ข้อคิดเห็นสีผิวหากสีผิวเหลืองขึ้นจะดีมากให้เน้นแช่ HCl กับลำไยเปลือกหนาและเป่าผลให้แห้งสนิทโดยเฉพาะตำแหน่งกลางตะกร้าทุกครั้งก่อนส่งออก ซึ่งผู้ประกอบการให้ข้อมูลว่ามีลำไยพันธุ์ลองจากประเทศเวียดนามแช่ HCl เช่นกัน แต่ความเข้มข้นสูงถึง 13% สามารถส่งออกมาจำหน่ายที่ประเทศแคนาดาได้ โดยลำไยพันธุ์ลองมีเปลือกที่หนากว่าลำไยพันธุ์ดอจากประเทศไทยมาก ดังนั้นหากใช้ลำไยพันธุ์ดอเปลือกหนาแช่จะดีกว่าลำไยที่เปลือกบาง คุณภาพจะดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการแช่ของ Drinan (2004) ที่แช่ลำไยพันธุ์เขียวที่เปลือกหนาและปลูกในประเทศออสเตรเลีย แช่ HCl 5% นาน 20 นาที สีส้มและคุณภาพผลดี



ภาพที่ 11 สีส้มลำไยที่แช่ HCl 6.4% ต้นทางประเทศไทย และส่งออกถึงปลายทางประเทศแคนาดาทางเครื่องบิน

8.4.2 การนำเทคโนโลยีก๊าซมาใช้ โดยได้นำเทคโนโลยีที่ทดแทนในรูปของก๊าซมาใช้ คือ การใช้ก๊าซโอโซนรมผลลำไยเพื่อพอกสีผิวร่วมกับการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสีผิว และการลดตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผล และเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดแทนที่ผ่านมา อายุการเก็บรักษา พบว่า การรม O_3 60 นาที + SO_2 ไม่ต่างจากการรม SO_2 มีอายุการเก็บรักษานานเท่ากันคือ 42+3 วัน ที่อุณหภูมิ $25^{\circ}C$ รองลงมา คือการแช่ ClO_2 1.5% มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 42 วัน ที่ $5^{\circ}C$ ในขณะที่การไม่แช่สารมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน ที่ $5^{\circ}C$

การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เปลือกและเนื้อ ในกรรมวิธีที่รม SO_2 มีค่าตกค้างที่เปลือกอยู่ในช่วง 1,174.20-1,783.80 ppm ในเนื้อมีค่า 0.38-1.92 ppm ส่วน การรม O_3 60 นาที + SO_2 มีการค่าการตกค้าง ที่เปลือก 743.00-1,039.70 ppm ที่เนื้อมีค่า 0.54-1.78 ppm ค่าการตกค้างของกรดเกลือในเปลือกและเนื้อ พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าการตกค้างของกรดเกลือไม่แตกต่างจากลำไยที่ไม่แช่สาร และค่า pH เปลือกและเนื้อ พบว่าการแช่ HCl 6.4% มีค่า pH เปลือกต่ำที่สุด

ในทุกกรรมวิธีมีค่า pH ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 3.38-5.98 ของลำไยปกติ ซึ่ง pH เปลือกจะมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วน pH ในเนื้อ ในทุกกรรมวิธีมีค่า pH ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 5.06-8.12 ของลำไยปกติ

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก พบว่าการรม O_3 60 นาที+ SO_2 มีค่าการเปลี่ยนสี น้ำตาลที่เปลือกต่ำสุด มีค่าเท่ากับการรม SO_2 รองลงมา คือ การแช่ ClO_2 1.5% และ HCl 6.4% มี ค่าการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกนอก ≤ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ส่วนการไม่แช่สารมีค่าสูงกว่า 3 ระยะเวลาการเก็บรักษา ที่ 42+3 วัน ความผิดปกติของสีเนื้อพบว่า รม O_3 60 นาที+ SO_2 ซึ่งไม่ แตกต่างจากกรรมวิธีการรม SO_2 มีค่าเท่ากับ 2 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษานาน 42 +3วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของการยอมรับที่ ≤ 2.0 และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคพบว่าตลอดอายุการเก็บรักษานาน 42+3 วัน ที่อุณหภูมิ $25^{\circ}C$ การแช่ ClO_2 1.5% ไม่พบการเกิดโรค ไม่ต่างจากการรม SO_2 การแช่ HCl 6.4% และ การรม O_3 60 นาที+ SO_2 ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 42+3 วัน ที่ $5^{\circ}C$

การทดสอบด้านประสาทสัมผัส ในการยอมรับโดยรวม พบว่า การรม O_3 60 นาที+ SO_2 และ SO_2 มีการยอมรับโดยรวม ≥ 3 อยู่ที่ 35 วัน การแช่ ClO_2 1.5% และ HCl 6.4% อยู่ที่ 14+3 วัน และ ไม่แช่สารมีการยอมรับอยู่ที่ 14 วัน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การรม O_3 60 นาที+ SO_2 มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่างจากการรม SO_2 มีอายุการเก็บรักษานานเท่ากันคือ 42+3 วัน ที่อุณหภูมิ $25^{\circ}C$ รองลงมา คือการแช่ ClO_2 1.5% มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 42 วัน ที่ $5^{\circ}C$ ในขณะที่การไม่แช่สารมีอายุการเก็บรักษา 7 วัน ที่ $5^{\circ}C$ โดยสรุปแล้ว การรมโอโซน+ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการแช่คลอรีนไดออกไซด์ 1.5-2.0% และ/หรือ แช่กรดเกลือ 6.4% นาน 5 นาที สามารถใช้เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาสารตกค้างได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 ได้รูปแบบเทคโนโลยีในการลดปัญหาการตกค้างของ SO_2 คือ การรม O_3 60 นาที+ SO_2 สำหรับผู้ประกอบการไว้ใช้ในอนาคต โดยสามารถทดสอบรมก๊าซโอโซนได้โดยตรงในห้องรมภายหลังการรม SO_2 เพื่อลดปัญหาการตกค้างในผลให้ต่ำลง

10.2 ได้เทคโนโลยีทดแทนการรม SO_2 สำหรับเตรียมไว้ทดสอบการรมลำไยสำหรับผู้ประกอบการในเชิงพาณิชย์ คือ การแช่คลอรีนไดออกไซด์ 1.5-2.0% แต่ต้องระวังการระเหยของก๊าซ ClO_2 ภายหลังการผสม ควรเตรียมและแช่สารในตู้ดูดควัน จึงค่อนข้างยุ่งยากในปฏิบัติงาน แต่แช่กรดเกลือ 6.4% นาน 5 นาที อาจจะ

ปลอดภัยกว่าแต่ต้องระวังขณะเทกรดผสมแช่ และผลลำไยควรเปลือกหนาและก่อนแช่ควรผึ่งไว้ในห้องเย็นนาน 1 คืนป้องกันเปลือกผลแตก และภายหลังแช่เสร็จควรผึ่งให้เปลือกผลแห้งสนิทโดยเฉพาะตำแหน่งลำไยที่อยู่ใจกลาง ตะกร้าต้องแห้งสนิท ไม่เช่นนั้นผลจะแตกง่ายขณะขนส่งและเชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย

11. คำขอบคุณ :

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต นายวิทย์ ทิพนี น.ส.หทัยรัตน์ คลองดี นายภานุพล จังคศิริ นายสิทธิศักดิ์ มุรธาพันธ์ น.ส.อัชชา เดชะบุญ น.ส.ทิพย์กมล อิการาช นักศึกษาฝึกงานภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และผู้ประกอบการโรงรม เพื่อให้การทดลองดำเนินงานสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์

12. เอกสารอ้างอิง :

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, จาตุพงศ์ วาฤทธิ และสมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ (2550) การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO₂) กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบ forced-air. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 87 หน้า.

ชิง ชิง ทองดี สมศักดิ์ ชัยมงคล สดศรี เนียมเปรม สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ มานัส แจ่มจำรูญ ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์ อนวัช สุวรรณกุล ยุวดี รัตน์ไชย จิตตา ศาสตร์เพชร และน้ำเพชร ชัยวิภา. 2540. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข และสมเพชร เจริญสุข. 2550. การศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่เหมาะสมในการรมลำไยสดไปประเทศเป้าหมาย. เรื่องเต็มงานวิจัยสิ้นสุดปี 2550.

พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข, สมเพชร เจริญสุข และวิทยา อภัย. 2551. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด. ในรายงานประจำปี 2550 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 253-266.

รัตนา อัดตปัญญา. 2535. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และการควบคุมการใช้กับลำไยสด. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ วันที่ 26-27 มิถุนายน 2535. กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 46 หน้า.

วิทยา อภัย, สมเพชร เจริญสุข, สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง, นิพัฒน์ สุขวิบูลย์, อุทัย นพคุณวงศ์, สนอง อมฤกษ์, สลิตพงศ์ รัตนคำ, ชัยวัฒน์ เผ่าสันหัตตพาณิชย์ และมานพ หาญเทวี. 2557. การพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการกรมวิชาการเกษตรปี 2557

- 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.
- Apai, W., Klongdee, H., Sukhvibul, N., Noppakoonwong, U., Lim, S.S., Luk, S.C., Tan, S.C.A., Neo, S.Y., Khoo, G.H., Ch'ng, A.L., Amareok, S., Rattanakam, S. and Sardud, V. 2015. Study on the Feasibility of Use of Hydrochloric Acid as an Alternative to Sulphur Dioxide for Preserving Longan. *Food and Applied Bioscience Journal*. (In press).
- Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. http://www.rirde.qov.au/reports/NPP/03-125_Sum.html [cited [15 June 2009].
- Fang, F., Zhang, Z.Q., Zhang, X.L., Wu, Z.X., Yin, H.F. and Pang, X.Q. Reduction in Activity/Gene Expression of Anthocyanin Degradation Enzymes in Lychee Pericarp is Responsible for the Color Protection of the Fruit by Heat and Acid Treatment. *Journal of Integrative Agriculture*. Doi: 10.1016/S2095-3119(13)60410-4.
- FDA, Department of Health and Human Services, 1998. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. 21 CFR. Part 173.300 chlorine dioxide.
- Jiang ,Y., Liu,S., Chen,F., Li,Y. and Zhang, D. 1997. The control of postharvest browning of Litchi fruit by sodium bisulphite and hydrochloric acid. *Trop.Sci.*[37] . pp. 189-192.
- Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan. *Food Chem.* 73:39-143.
- Lowinson D, Bertotti M. A. 2001. Determination of sulphite in wine by coulometric titration. *Food Additives and Contaminants* 18(9):773-7.
- Han, Y. Linton, R.H. and Nelson, P.E. 2014. www.cfse.purdue.edu/media/annualreport/chlorinedioxidegas_han.pdf
- 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.

- Mahajan, B. V. C., N. Singh and K. S. Sandhu. 2014. Studies on the Maintenance of Color and Quality of Litchi Fruits under Cold Storage Conditions. *Int. J. Fruit Sci.* 14: 49-57.
- Marshall, M.R., J.M. Kim, and C.I. Wei. 2000. Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods. [Online]. Available: <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic%20Browning.html#CITRIC>. (December 25, 2005).
- O'Hare, T. and A. Prasad. 1990. Longan-sulfur pad trial. <http://rfcarchives.org.au/Next/Fruits/Longan/SulphurPadTrial1-90.htm> (23 May, 2014).
- Ough, C.S. 1984. Sulfur dioxide and sulfites. pp. 177-203. *In: Antimicrobials in Foods*, A.L. Branen & P.M. Davidson, eds. New York, Marcel Dekker.
- Saengnil, K., Chumyarn, A., Faiyue, B. and Uthaibutra, J. 2014. Use of chlorine dioxide fumigation to alleviate enzymatic browning of harvested 'Daw' longan pericarp during storage under ambient conditions. *Post. Biol. Technol.* 91: 49-56.
- Trinetta, V., Vaidya, N., Linton, R., Morgan, M., 2011. Evaluation of chlorine dioxide gas residues on selected food produce. *J. Food Sci.* 76, 11–15.
- 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.
- Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Photchanachai, S. and leamtin, P. 2010. Combined treatments of sulfur dioxide and polyethylene bag on the quality and disease incidence in gamma irradiated longan fruit 'Daw'. *Acta Hort. (ISHS)* 877:1489-1494
- Wu, B., Li, X.P., Hu, H.G., Liu, A.Y. and Chen, W.X. 2011a. Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit. *African Journal of Biotechnology*. 10 (32): 6030-6039.