

การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง Shelf Life Extension of Lime Fruit by Bee Wax Coatings

เกศรัตน์ วิสวไพศาล^{1,2} วิลาวรรณ์ คำปวน^{2,3} จารุณี Jungklang⁴ และ จำนงค์ อุทัยบุตร^{2,4}
Ketsarat Witsawapaisarn^{1,2}, Wilawan Kumpoun^{2,3}, Jarunee Jungklang⁴ and Jamnong Uthaitutra^{2,4}

Abstract

The effects of bee wax coating on shelf life extension of lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) were investigated. Lime fruits were soaked in hot water at 55°C for 5 min. Thereafter, the fruits were coated with 0, 2, 4, 6, 8 and 10% bee wax coating and stored at 25±1°C, 80-85% RH and 30±3°C, 65-70% RH. Coating treatments had better effects on the reduction of weight loss compared to the control. Especially the fruits coated with 6, 8 and 10% bee wax coating show the lower weight loss than the other treatments for all storage period even if the peel were still had green color. The fruits coated with 8 and 10% bee wax had off-flavor at day 16 and 12 and at day 10 and 6 when the fruits were kept at 25 and 30°C, respectively. Although the control and the treatments using bee wax coating at 2, 4 and 6% did not have off-flavor both of two storage condition but they were terminated because of their weight losses were over 12% when stored for 20, 22, 26 days and 6, 12, 14 days, respectively. Therefore, 6% of bee wax coating gave the best result that could extend the shelf life of lime fruits both of the fruits kept at 25 and 30°C for 26 and 14 days, respectively, without any effect on shelf life quality.

Keywords: coating, weight loss, off-flavor

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากไขผึ้งต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาว โดยการนำผลมะนาวไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วเคลือบผิวผลด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดับความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิปกติ (30±3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผิวสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าชุดที่ไม่ได้ใช้สารเคลือบผิว โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ นั้น ผลมะนาวสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ตลอดจนการเก็บรักษาและเปลือกมะนาวยังคงมีสีเขียว แต่เกิดกลิ่นผิดปกติในผลมะนาวชุดที่เคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่วันที่ 16 และ 12 และตั้งแต่วันที่ 10 และ 6 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสภาพอุณหภูมิในการวางจำหน่ายที่ 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวและเคลือบผิว ทั้งชุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ แต่จะสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 20, 22, 26 วัน และ 6, 12, 14 วัน ตามลำดับ เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวได้ดีที่สุดทั้งอุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 26 และ 14 วัน ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย

คำสำคัญ: การเคลือบผิว การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดกลิ่นผิดปกติ

คำนำ

มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) เป็นผลไม้ประเภท non climacteric fruit ซึ่งมีอัตราการหายใจและการสังเคราะห์ที่หือที่ลดลงและคงที่ตั้งแต่ผลแก่จนถึงระยะหลังการเก็บเกี่ยว (Kader *et al.*, 1985) โดยทั่วไปนิยมวางจำหน่ายผลมะนาวทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งการจำหน่ายผลมะนาวสดในตลาดของประเทศไทย แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวางจำหน่ายในท้องตลาดสดทั่วไปที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และการวางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าหรือร้านสะดวกซื้อที่มีการควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องปรับอากาศ

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200

² Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ, 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok, 10400

⁵ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200

⁶ Institute for Science and Technology Research and Development, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

⁷ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200

⁸ Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

ผลมะนาวที่วางจำหน่ายในสภาพอุณหภูมิและความชื้นที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดสดจะทำให้ผลมะนาวเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ซื้อ โดยปัญหาสำคัญที่ทำให้มะนาวมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้นคือ การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งทำให้ผลเหี่ยว เปลือกผลแห้งและแข็ง เปลือกผลมะนาวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและน้ำตาล นอกจากนี้เมื่อผลมะนาวอยู่ในสภาวะที่ขาดน้ำจะมีอัตราการหายใจและสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปเร่งการเสื่อมสภาพของผลมะนาวให้เกิดเร็วขึ้นภายใน 5-7 วัน (นิภา, 2541)

จากปัญหาต่างๆ ข้างต้น จึงมีการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ยืดอายุการวางจำหน่ายผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเก็บรักษาในห้องเย็นซึ่งจะช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช้าลง แต่มีข้อจำกัดคือค่าใช้จ่ายสูง และหากเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้ผลมะนาวเกิดอาการสแตนท์ส่วน การบรรจุผลมะนาวในถุงพลาสติกแม้จะสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี แต่หากเก็บรักษาไว้นานเกินไปจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติได้ สำหรับการใส่สารเคลือบผิวก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมะนาวได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวที่ใช้ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (Da-Mota *et al.*, 2003) แต่ต้องเลือกใช้สารเคลือบผิวที่มีความเหมาะสม เนื่องจากสารเคลือบผิวที่ใช้จะทำหน้าที่ป้องกันหรือลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซและไอน้ำระหว่างภายในกับภายนอกผล หากใช้ในระดัความเข้มข้นที่สูงเกินไป อาจทำให้ก๊าซไม่สามารถผ่านได้จนกระทั่งเกิดการสะสมของเอทานอลในปริมาณมากจนเกิดกลิ่นผิดปกติได้ (Davis and Hofmann, 1973) นอกจากนี้สารเคลือบผิวที่นำมาใช้อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นมันวาวหรือเหนียวเหนอะหนะ มีผลต่อการตัดสินใจของผู้ซื้อจากงานวิจัยของวิลลาวัลย์และคณะ (2554) ที่ได้หาวิธีการผลิตสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง ซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติจนได้สูตรที่เหมาะสมและเมื่อเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์แล้วไม่ทำให้เกิดลักษณะมันวาวหรือเหนียวเหนอะหนะ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติในการเป็นสารเคลือบผิวกับส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง พบว่าชุดที่มีการเคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ เพียง 7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดถึง 19 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 29 วัน ดังนั้นในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาหาความเข้มข้นของสารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่เหมาะสมในการเคลือบผลมะนาว และยืดอายุการวางจำหน่าย โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ และการยอมรับของผู้ซื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมะนาวพันธุ์แป้นที่ใช้ในการทดลอง เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรในตำบลนิคมทุ่งโพธิ์ทะเล อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร แล้วส่งมายังห้องปฏิบัติการใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) โดยคัดเลือกผลที่มีสีเขียวสม่ำเสมอ มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีตำหนิหรือบาดแผล นำมาแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (สุทัศน์เทียม, 2544) ผึ่งให้แห้งแล้วเคลือบผิวผลด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดัความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำผลมะนาวมาแยกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ แทนสภาพการวางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า และเก็บรักษาไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้องปกติ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ แทนสภาพการวางจำหน่ายในตลาดสดทั่วไป โดยระหว่างการเก็บรักษาได้สุ่มผลมะนาวมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพทุกวัน และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีทุกๆ 2 วัน กรรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ผล โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะนาว (ค่า hue angle) ด้วยเครื่องวัดสี ของ Minolta model CR-100 การสูญเสียน้ำหนัก อาการผิดปกติต่างๆ เช่น ลักษณะภายนอกของเปลือกผล กลิ่น รสชาติของน้ำมะนาว และอายุการวางจำหน่าย ซึ่งหากผลมะนาวสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ หรือการเปลี่ยนสีของเปลือกผลไปเป็นสีเหลือง หรือมีค่า hue angle ต่ำกว่า 80 หรือจำนวนผลมะนาวมีกลิ่นผิดปกติมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าสิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย

ผล

ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งทุกความเข้มข้นสูญเสียน้ำหนัก น้อยกว่าผลมะนาวชุดที่ไม่ได้เคลือบผิวผล ทั้งที่วางไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส การสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ทั้งนี้ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งความเข้มข้น 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ากรรรมวิธีอื่นๆ ตลอดเวลา 30 และ 16 วัน หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Figure 1A and B)

ผลมะนาวในทุกกรรรมวิธี ทั้งที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส มีค่า hue angle ลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น แต่ไม่มีกรรรมวิธีใดเลยที่ผลมะนาวมีค่า hue angle ต่ำกว่า 80 แสดงว่าเปลือกของผลมะนาวทั้งหมดยังคงมีสีเขียวอยู่ อย่างไรก็ตาม ผลมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า hue angle ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1C and D)

เมื่อพิจารณาสภาพของผลมะนาว และการสูญเสียน้ำหนักที่มีผลต่อการเหี่ยวของเปลือกผล และการเปลี่ยนสีของเปลือกผล รวมทั้งคุณภาพของกลิ่นและรสชาติของน้ำมะนาว พบว่า ผลมะนาวในแต่ละชุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30

องศาเซลเซียส อายุการวางจำหน่ายกับสาเหตุของการสั้นอายุการวางจำหน่ายเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ การสูญเสียน้ำหนักเกิน 12 เปอร์เซ็นต์ หรือการเกิดกลิ่นผิดปกติ (off-flavor) ของน้ำมะนาว เช่น กลิ่นหมัก โดยผลมะนาวที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมีกลิ่นผิดปกติ ในขณะที่ผลที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ สิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายเนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีกลิ่นและรสชาติของน้ำมะนาวที่ผิดปกติ ผลมะนาวชุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่ายนานกว่าชุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (Table 1 and 2)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเก็บรักษาผลมะนาวไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิปกติ (30 องศาเซลเซียส) ผลมะนาวเกิดการเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลติดผล ตลอดจนกระบวนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีอัตราผันแปรตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงอัตราเร็วของปฏิกิริยาหรือการเจริญของจุลินทรีย์ก็จะสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้น และส่งผลให้ผลติดผลมีอายุการเก็บรักษาลดลง (จริงแท้, 2541) การใช้สารเคลือบผิวทุกระดับความเข้มข้นสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยอัตราการสูญเสียน้ำหนักจะช้าลงเมื่อระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวสูงขึ้น เนื่องจากสารเคลือบผิวจะไปจำกัดการซึมผ่านของไอน้ำ โดยไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติในชั้น epidermis (Hagenmaier and Baker, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิลักษณ์และคณะ (2553) ที่พบว่าการใช้สารเคลือบผิวหลายองค์ประกอบ ซึ่งมีไขผึ้งและเซลแล็กเป็นองค์ประกอบสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้

สารเคลือบผิวจากไขผึ้งมีผลทำให้การเปลี่ยนสีผิวของผลมะนาวช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Vakis (1975) ที่พบว่าการใช้สารเคลือบผิวมีผลยับยั้งการเปลี่ยนสีผิวของผล grapefruit พันธุ์ Marsh จึงเป็นสิ่งยืนยันได้ว่าในผลไม้ตระกูลส้ม อัตราการสลายของสีเขียวจะช้าลงในผลที่ทำการเคลือบผิว (Fuch and Cohen, 1969) นอกจากนี้การที่สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซทำให้ภายในผลมีปริมาณ CO₂ สูงขึ้น ซึ่ง CO₂ จะไปชะลอกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ (Subramanyam *et al.*, 1975) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้โดยเฉพาะเมื่อเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดับความเข้มข้น 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่สามารถชะลอการลดลงของค่า hue angle ได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้นต่ำ หรือผลมะนาวชุดที่ไม่ได้เคลือบผิว

นอกจากปัญหาการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวแล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญที่กำหนดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาว คือ การเกิดกลิ่นผิดปกติของน้ำมะนาวเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น แม้ว่าสภาพภายนอกของผลมะนาวจะยังคงมีลักษณะเป็นสีเขียวปกติ แต่ผลมะนาวที่ใช้สารเคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เกิดกลิ่นผิดปกติ เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปจะไปจำกัดการซึมผ่านเข้าออกของ O₂ จึงเกิดการสะสม CO₂ ภายในผล ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ O₂ และเกิดกลิ่นที่ผิดปกติขึ้น (Arthey, 1975) สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการใช้ไคโตซาน และ Gustec ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยที่จำกัดอายุการเก็บรักษา โดยผลมะนาวจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลคล้ายถูกน้ำร้อนลวก และเกิดกลิ่นผิดปกติ (หทัยทิพย์ และคณะ, 2549) ในขณะที่ผลที่ไม่เคลือบผิว และเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่ความเข้มข้นต่ำกว่าจะสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหนัก จนทำให้เปลือกของผลมะนาวมีลักษณะแห้ง และแข็งแต่กลิ่น และรสชาติของน้ำมะนาวนั้นยังคงปกติ

สรุปผลการทดลอง

การเคลือบผิวผลมะนาวด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผลมะนาวได้ดีที่สุด ทั้งในการเก็บรักษาผลมะนาวไว้ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ และในสภาพอุณหภูมิปกติ (30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์) และสามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้เป็นเวลา 26 และ 14 วัน ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติของน้ำมะนาว

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรแห่งชาติ. กำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.
- นิภา คุณทรงเกียรติ. 2541. การเก็บรักษามะนาว. เกษตรก้าวหน้า 13 (1): 38-44.
- วิลาวัลย์ คำปวน, จานงค์ อุทัยบุตร และ บาจารย์ ฉัตรทอง. 2554. การพัฒนาสารเคลือบผิวที่ทำมาจากไขผึ้งเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตผลไม้เชิงการค้า. รายงานฉบับสมบูรณ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 58 หน้า.
- สุทธิลักษณ์ พุ่มมณีสกุล, อนุวัตร แจ่มชัด และ กมลวรรณ แจ่มชัด. 2553. การพัฒนาสารเคลือบผิวไบโอเลอร์และสารเคลือบผิวหลายองค์ประกอบเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, 3-5 กุมภาพันธ์ 2554. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 9 หน้า.

สุทัศน์เทียม บุญทวี. 2544. ผลของน้ำร้อนโซเดียมคลอไรด์และโคโตแซนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะนาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 205 หน้า.

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล, กมลวรรณ ชูชีพ และ ศิริชัย กัลยานรัตน์. 2549. ผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ต่ออายุการเก็บรักษามะนาว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37: 140-143.

Arthey, V. D. 1975. Textbook Quality of Horticultural Products. Butterworths, London. 228 p.

Da-Mota, W.F., L.C.C. Salomao, P.R. Cenon and F.L. Finger. 2003. Waxes and plastic film in relation to the shelf life of yellow passion fruit. Journal of Scientia Agricola 60: 51-57.

Davis, P.L. and R.C. Hofmann. 1973. Effects of coating on weight loss and ethanol buildup in juice of oranges. Journal of Agricultural and Food Chemistry 21: 455-458.

Fuchs, Y. and A. Cohen. 1969. Degreening of citrus fruit with ethrel (Amchem 66-329). Journal of the American Society for Horticultural Science 94: 617-618.

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1993. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. Journal of Agricultural and Food Chemistry 41: 283-287.

Kader, A.A., R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thompson. 1985. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. 192 p.

Subramanyam, H., S. Krishnamurthy and H. A.B. Parpia. 1975. Physiology and biochemistry of mango fruit. Journal of Advances in Food Research 21: 233-305.

Vakis, N.J. 1975. Effect of ethephon and waxing on the degreening of Cyprus grown lemon and grapefruit. Journal of Horticultural Science 50: 311-319.

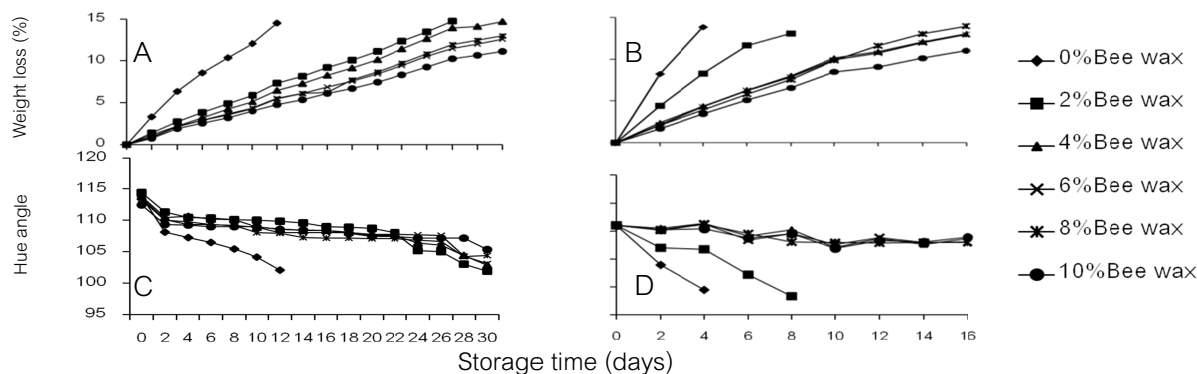


Figure 1 Changes in weight loss (A, B) and hue angle (C, D) of lime fruits during storage at 25±1°C, 80-85% RH (left) and ambient temperature 30±3°C, 65-70% RH (right)

Table 1 Shelf life periods of lime fruits during storage at 25±1°C, 80-85% RH.

Treatments	Shelf life (days)	Causes of postharvest loss
0% Bee wax (non-coating)	8	Weight loss (> 12%)
2% Bee wax	20	Weight loss (> 12%)
4% Bee wax	22	Weight loss (> 12%)
6% Bee wax	26	Weight loss (> 12%)
8% Bee wax	14	Off-flavor (> 30% of total fruits)
10% Bee wax	10	Off-flavor (> 30% of total fruits)

Table 2 Shelf life periods of lime fruits during storage at 30±3°C, 65-70% RH.

Treatments	Shelf life (days)	Causes of postharvest loss
0% Bee wax (non-coating)	2	Weight loss (> 12%)
2% Bee wax	6	Weight loss (> 12%)
4% Bee wax	12	Weight loss (> 12%)
6% Bee wax	14	Weight loss (> 12%)
8% Bee wax	8	Off-flavor (> 30% of total fruits)
10% Bee wax	4	Off-flavor (> 30% of total fruits)