

การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวด้วยสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และกรดจิบเบอเรลลิก

Storage Life Extension of Lime Fruits by Coating with Carboxymethylcellulose from Water Hyacinth and Gibberellic acid

วาสนา พิทักษ์พล^{1*}, เพ็ญโฉม พจนธารี² และ สมสุดา วรพันธุ์¹

Wasna Pithakpol^{1*}, Penchom Photjanataree² and Somsuda Vorapunthu¹

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาและกรดจิบเบอเรลลิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะนาว ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ทั้งหมด 10 กรรมวิธี ได้แก่เคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ และเคลือบผิวด้วยกรดจิบเบอเรลลิก 200 มิลลิกรัม/ลิตร และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างกรดจิบเบอเรลลิกและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา หลังจากนั้นทำการหึ่งมะนาวให้แห้ง บรรจุในกล่องพลาสติก หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 เปอร์เซ็นต์) ผลการศึกษาพบว่า การเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา เคลือบผิวด้วยกรดจิบเบอเรลลิก และการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิก ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกผล ชะลอการเกิดโรค และยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้ โดยการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา 1.5 เปอร์เซ็นต์ และการเคลือบผิวด้วยกรดจิบเบอเรลลิกร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา 0.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวที่อุณหภูมิห้องได้นานที่สุด 27 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน

คำสำคัญ: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, ผักตบชวา, กรดจิบเบอเรลลิก, มะนาว, อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT: The objective of this research was to study the effect of coating with carboxymethylcellulose from water hyacinth (CMC_{wh}) and gibberellic acid (GA₃) on quality and storage life of lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). Experimental was performed under Completely randomized design with 10 treatments including 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% CMC_{wh} or coated with 0.02% GA₃ alone or in the combination with CMC_{wh}. The none coated lime fruits were used as and control. Lime fruits were air dried then put in the plastic trays and covered with polyvinyl chloride films and then stored at ambient temperature ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $65 \pm 2\%\text{RH}$). Results showed that coating with CMC_{wh} and GA₃ alone and the combined treatment had effectively delayed in fruit peel color, mold development and maintained postharvest quality during storage in ambient temperature. Coating with 1.5% CMC_{wh} and the combination of GA₃ and 0.5% CMC_{wh} showed the longest storage life (27 days), while control treatment can be stored at ambient temperature for 18 day.

Keywords: Carboxymethylcellulose, Water hyacinth, Gibberellic acid, Lime, Shelf life

¹ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา 56000

School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

² ศูนย์การบรรจจุหีบห่อไทยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ 10900

* Corresponding author: wasnan@yahoo.com

บทนำ

มะนาว (Lime; *Citrus aurantifolia* Swingle) เป็นไม้ผลประเภท non climacteric fruit ซึ่งมีอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนต่ำ (Kader et al., 1985) มะนาวมีความสำคัญมากต่อวิถีชีวิตของคนไทยเนื่องจากถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบอาหารที่มีรสเปรี้ยวเช่น ต้มยำ ยำต่างๆ และส้มตำ และใช้ทำเป็นเครื่องดื่ม ทำให้ความต้องการบริโภคมะนาวอยู่ในเกณฑ์สูงตลอดทั้งปี ปกติผลผลิตมะนาวจะออกสู่ตลาดมากในฤดูฝนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งราคาของมะนาวในช่วงนี้ราคาจะถูกประมาณ 25 สตางค์/ผล หลังจากนั้นผลผลิตมะนาวจะลดลง ทำให้ราคามะนาวขยับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ราคามะนาวขายปลีกตามตลาดสดต่างๆ เริ่มปรับตัวสูงตามไปด้วย โดยพบว่าในเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมราคามะนาวจะสูงถึง 5-8 บาท/ผล (กฤษณชัย, 2551) ดังนั้นจึงควรหาแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาว โดยปัญหาที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของมะนาวคือ เปลือกผลเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำทำให้ผลเหี่ยว ซึ่งจากการที่ผลมะนาวเกิดการขาดน้ำทำให้มีอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ทำให้ไปเร่งปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพ ทำให้มีผลมะนาวมีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยมีอายุ 5-7 วันหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (นิภา, 2541)

ผักตบชวาเป็นพืชลอยน้ำที่สามารถเจริญและแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกระทั่งทำให้ผักตบชวากลายเป็นวัชพืชน้ำที่ร่ายแรงก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศทางน้ำรวมถึงทัศนียภาพของแหล่งน้ำจากการศึกษาของกษณเวชและวิหวัธ (2554) และราณี และสุธาทิพย์ (2554) พบว่าผักตบชวามีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงร้อยละ 24 ซึ่งเป็นเซลลูโลสคุณภาพสูงสามารถนำไปเตรียมเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซีได้ (Carboxymethyl cellulose, CMC) โดยที่ CMC สามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิด เช่น แกลบ (สุมิตรา, 2523) ชานอ้อย

(ศรีไศล และคณะ, 2541) เปลือกทุเรียน (พรชัย และคณะ, 2554) ฟางข้าว (กมลพร และคณะ, 2552) และผักตบชวา (ราณี, 2529 และวาสนา, 2549) ในด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพบว่ามีการนำเอาคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมาเคลือบผิวผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามลิตผลทางการเกษตร เช่น มะม่วง (ศิรินทิพย์ และคณะ, 2554 และสุพัฒน์, 2554) สาลี่ (Mellen et al, 1980) และลิ้นจี่ (Dongling and Quantick, 1997) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชในกวานพะเยา มาพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวมะนาวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะนาวผลสด

วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา (CMC_{wh}) โดยนำก้านผักตบชวามาตากให้แห้งแล้วนำมาสกัดเซลลูโลสและสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสตามวิธีการของสุมิตรา(2523) และพรชัยและคณะ (2550) สำหรับมะนาวทำการเก็บเกี่ยวมะนาวพันธุ์แป้นจากสวนของเกษตรกรในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงรายใหม่ ขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา คัดเลือกผลสีเขียวสม่ำเสมอและมีขนาดใกล้เคียงกัน คัดผลที่มีรอยตำหนิจากโรคและแมลงทิ้ง นำผลมะนาวมาล้างและฆ่าเชื้อโรคที่ผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นนำมาเคลือบผิวตามแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วย 10 กรรมวิธีๆละ 3 ซ้ำ ได้แก่ (1) ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว) (2) เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% (3) เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 1.0% (4) เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 1.5% (5) เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 2.0% (6) เคลือบผิวด้วยกรดจิบเบอเรลลิก (GA₃) 200 ppm (7) เคลือบผิวด้วย GA₃

200 ppm ร่วมกับ CMC_{wh} 0.5% (8) เคลือบผิวด้วย GA_3 200 ppm ร่วมกับ CMC_{wh} 1.0% (9) เคลือบผิวด้วย GA_3 200 ppm ร่วมกับ CMC_{wh} 1.5% (10) เคลือบผิวด้วย GA_3 200 ppm ร่วมกับ CMC_{wh} 2.0%

การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำมะนาวที่คัดเลือกและผ่านการทำความสะอาดมาเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} และ GA_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ทั้งให้แห้ง บรรจุลงในกล่องพลาสติกหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($25 \pm 2^\circ C$ ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 2\%$) สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกายภาพและคุณภาพทางเคมี ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ผลเกิดโรค คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกผล (ประเมิน 5 ระดับคือ 5= สีเขียว, 4= สีเขียวออกเหลือง, 3= สีเหลืองออกเขียว, 2 = สีเหลือง, 1 = สีน้ำตาล (เน่า) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี และอายุการเก็บรักษาโดยประเมินจากการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยใช้ของเปลือกผล ณ วันที่มีคะแนนสีของเปลือกน้อยกว่า 2 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับถือว่าหมดสภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกผล ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกมะนาว พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกผลมะนาวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองออกเหลืองจะเริ่มสังเกตได้ตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยที่การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าการเคลือบผิวด้วย GA_3 และ CMC_{wh} ทุกกรรมวิธีช่วยชะลอ

การเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ดีกว่ามะนาวในชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยที่ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลภายนอกของมะนาวได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 27 ผลมะนาวมีระดับคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็น 2.00 คะแนน (ผลเป็นสีเหลือง แต่ยังอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคยอมรับ) ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว มีคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็น 1.00 คะแนน (มีผิวสีเหลืองและสีน้ำตาล ถือว่าหมดสภาพในการบริโภค) ตั้งแต่วันที่ 18 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (Figure 1 A)

การเกิดโรค ผลมะนาวจะเริ่มเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 18 ของการเก็บรักษา และเพิ่มเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยที่การเคลือบผิวในทุกกรรมวิธี คือ เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} เคลือบผิวด้วย GA_3 เพียงอย่างเดียว และเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} มีเปอร์เซ็นต์ของผลมะนาวที่เกิดโรคน้อยกว่าผลมะนาวในชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว การเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการเกิดโรคได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยในวันที่ 27 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบมะนาวเกิดโรค 20.83 และ 25.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิวพบมะนาวเกิดโรค 41.67 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1 B)

การสูญเสียน้ำหนัก ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วย GA_3 และ CMC_{wh} ทุกความเข้มข้นสูญเสียมีการหนักน้อยกว่าผลมะนาวในชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 30 วันที่อุณหภูมิห้อง (Figure 1 C)

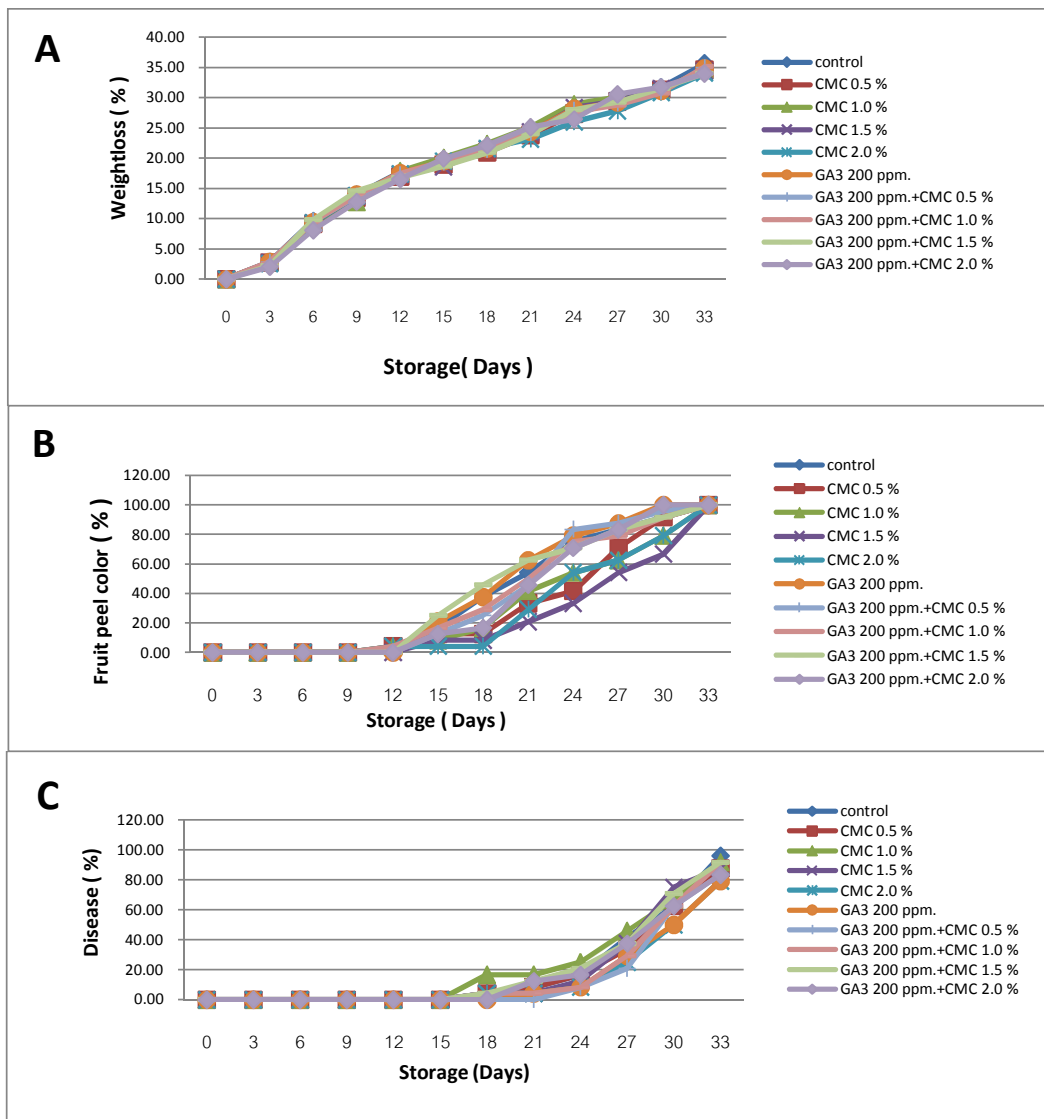


Figure 1 Effect of carboxymethylcellulose from water hyacinth and gibberellic acid coating on weight loss (1A), fruit peel color (1B) and disease (1C) during storage at ambient temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 2\%\text{RH}$)

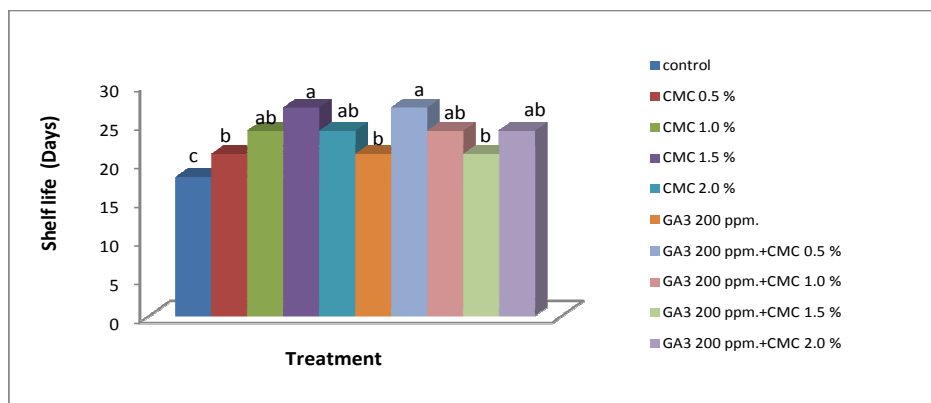
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตรเทรทได้ และปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 18 และ 27 วันที่อุณหภูมิห้อง สำหรับ

ปริมาณกรดที่ไตรเทรทและปริมาณวิตามินซีพบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดและปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลง โดยที่การเคลือบผิว GA_3 , CMC_{wh} 1.5 และ 2.0% และการเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} 1.0-2.0% พบว่าช่วยชะลอการลดลงปริมาณวิตามินซีและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (Table 1)

Table 1 Effect of carboxymethylcellulose from water hyacinth and giberrellic acid coating on total soluble solids, titratable acidity and ascorbic acid of lime fruits during storage at ambient temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 2\%\text{RH}$).

Treatment	TSS (%Brix)			TA (%)			Vitamin C (mg/100g fruit juice)		
	Days 9	Days 18	Days 27	Days 9	Days 18	Days 27	Days 9	Days 18	Days 27
Control	8.47bc	8.18a	8.36a	10.62bcd	9.03e	11.83cd	41.85a	14.10c	18.90de
0.5% CMC _{wh}	8.10abc	8.34a	8.66a	11.06d	8.31bcd	12.51e	39.90a	13.95c	23.25b
1.0% CMC _{wh}	8.11abc	8.46a	8.45a	10.10b	8.10bc	11.48bc	38.85ab	16.35bc	20.55cd
1.5% CMC _{wh}	7.71a	8.46a	8.57a	10.52bc	8.75cde	11.08b	38.70ab	16.50bc	23.85b
2.0% CMC _{wh}	8.30abc	8.52a	8.46a	10.10b	7.82ab	11.43bc	35.70bc	15.45c	24.00b
GA ₃ 200 ppm	7.75ab	7.78a	8.46a	10.92cd	8.94de	12.09de	41.70a	20.40a	26.70a
GA ₃ + 0.5% CMC _{wh}	7.70a	7.87a	8.15a	9.31a	7.30a	10.10a	36.45bc	13.95c	17.25e
GA ₃ + 1.0% CMC _{wh}	8.24abc	8.23a	8.44a	10.27b	8.12bc	11.41bc	34.80c	14.85c	22.35bc
GA ₃ + 1.5% CMC _{wh}	7.95abc	8.19a	8.56a	10.97cd	7.58ab	11.60c	36.60bc	15.00c	24.00b
GA ₃ + 2.0% CMC _{wh}	8.66c	8.01a	9.29b	12.16e	13.28f	10.52a	41.10a	18.75ab	22.95bc

^{1/}Means within a column followed by the different letters are significantly different ($P<0.05$) by DMRT.

**Figure 2** Shelf life of lime fruits coated with carboxymethylcellulose from water hyacinth and giberrellic acid during storage at ambient temperature ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $65\pm 2\%\text{RH}$).

อายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของมะนาว โดยประเมินจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวมะนาว เท่ากับ 2 คะแนน คือผลเป็นสีเหลืองแต่ผู้บริโภคมักยังยอมรับได้ พบว่าการเคลือบผิวมะนาวในทุกกรรมวิธี คือ เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} เคลือบผิวด้วย GA₃ เพียงอย่างเดียว และเคลือบผิวด้วย GA₃ ร่วมกับกับ CMC_{wh} สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้

เคลือบผิว โดยมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 20 - 27 วัน โดยที่การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และเคลือบผิวด้วย GA₃ ร่วมกับ CMC_{wh} 0.5% ช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้นานกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีอายุการเก็บรักษา 27 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน (Figure 2)

สรุปและวิจารณ์

มะนาวมีการเสื่อมสภาพเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยที่การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ชัดคือการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกผลจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำหนัก และการเน่าเสีย โดยการที่ผิวมะนาวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุการวางจำหน่ายหรืออายุการเก็บรักษาซึ่งทำให้ราคาของมะนาวลดลง นอกจากการเกิดการเกิดโรคและการเหี่ยวของผลก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้อายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวลดลงเช่นเดียวกัน จากการทดลองพบว่าการเคลือบผิวทุกกรรมวิธี ได้แก่ เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} เคลือบผิวด้วย GA_3 และเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะนาวได้ ทั้งนี้เนื่องจาก GA_3 มีคุณสมบัติในการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยทำให้เกิดความสมดุลกันระหว่างปริมาณเอทิลีนและ GA_3 เปลี่ยนไป โดยพบว่าเอทิลีนเข้าไปมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ เอนไซม์ Chlorophyllase ขึ้นมาใหม่ (*de novo synthesis*) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยที่ผลส้มที่ได้รับ GA_3 มีการยับยั้งกระบวนการ *de novo synthesis* ของเอนไซม์ Chlorophyllase ได้ (Trebitsh et al., 1993) นอกจากนี้ยังพบว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} มีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยที่ผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ และเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} ความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากว่าการเคลือบผิวเป็นการเก็บรักษาลดผลแบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศ สามารถลดความเสียหายทั้งปริมาณและคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยทำให้การสูญเสีย และการแลกเปลี่ยนก๊าซมีน้อยลง เมื่อผลไม้ได้รับออกซิเจน จากภายนอกน้อยลง ทำให้อัตราการหายใจลดลง และทำให้การสะสมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจภายในผลมีการสะสมมากขึ้น ส่งผลทำให้ชะลอการสุก การเสื่อม

สภาพ และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทำให้อัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนช้าลง (จริงแท้, 2542) ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของศิรินทิพย์และคณะ (2550) ในการประยุกต์ใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอในการเคลือบผิวมะม่วงดอกไม้ พบว่าการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และชะลอการลดลงของปริมาณกรดที่ใดเทรทได้ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวได้นานที่สุด 27 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมไม่เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน และการเคลือบผิวด้วย GA_3 เพียงอย่างเดียว หรือการเคลือบผิวด้วย GA_3 ร่วมกับ CMC_{wh} สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ดีกว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} เพียงอย่างเดียว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยพะเยาที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณชัย คลอดเพ็ง. 2551. ผลของสารล้างผลและสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะนาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- กฤษณเวช ทรงธนศักดิ์ และ วิทวัส จิรัฐพงศ์. 2554. “การศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ.” การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 21. วันที่ 10-11 พฤศจิกายน 2554, อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. แหล่งข้อมูล: <http://www.chem.eng.psu.ac.th/tiche2011/TCHE/data/paper/thai/tes/oral/tes007.pdf>. ค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2557.

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. ปรับปรุงครั้งที่ 1. สรีรวิทยาและเทคนิคในโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิภา คุณทรงเกียรติ. 2541. การเก็บรักษามะนาว. เกษตรก้าวหน้า. 13(1): 38-44.
- รานี สุวรรณพฤษ และ สุทธิพิศศิริไพศาลพิพัฒน์. 2554. "การผลิตโซเดียมคาร์บอเนตเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 471-478. แหล่งที่มา <http://anchan.lib.ku.ac.th/kukr/handle/003/11297?mode=full>. ค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2557.
- พรชัย ราชตะนะพันธุ์, สุพัฒน์ คำไทย, นริวิชญ์ ยาภิ และรัชชิตา อุทัยศ. 2550. การผลิตฟิล์มคาร์บอเนตเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอและคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม. การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2550" (Thailand Research Expo 2007). ระหว่างวันที่ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2550.
- สุมิตรา ภูมิสะอาด. 2523. การแยกเซลลูโลสจากพืชบางชนิดและการสังเคราะห์อนุพันธ์ของเซลลูโลส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วาสนา ณ ผืน, อรุณศรี ตาแปง และเสาวนีย์ จอมสว่าง. 2549. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษามะนาวพันธุ์แป้น. หน้า 182. ใน: การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย. ครั้งที่ 2. วันที่ 28 - 29 กรกฎาคม 2549 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร, จังหวัดพิษณุโลก.
- ศรีใจล ชุนทด. 2555. "ประโยชน์ของซานอ้อยในการผลิตซีเอ็มซี" แหล่งที่มา: <http://b23307.wordpress.com/>. ค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2557.
- ศรินทร์ทิพย์ ธนัคมเศรณี, ศิรญา สุนทรอำไพ และพรชัย ราชตะนะพันธุ์. 2551. การประยุกต์ใช้คาร์บอเนตเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอในการเคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้. Proceedings of 6th National Technical Seminar on Postharvest Technology, August 14-15, 2008, Khon Kan, Thailand.
- สุพัฒน์ คำไทย. 2554. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกระดาษชะลอการสุกและฟิล์มยับยั้งโรคแอนแทรคโนสสำหรับยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้. วิทยาศาสตร์เกษตร. 42: 1(พิเศษ): 595-599.
- Donglin, Z. and P.C. Quantick. 1997. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Fruit. Post. Bio. Tech. 12: 192–202.
- Kader, A.A. 1985. Postharvest Biology and Technology : An Overview. pp.3-7. In: A.A Kader, (ed.) Postharvest Technology of Horticultural Crops. Agricultural and Natural Resources Publications. University of California, Okaland.
- Mellentini, W.M., P.M. Chen, and S. B. Kelly. 1980. Low oxygen effect on dessert quality, scald prevention and nitrogen metabolism of d'Anjou pear fruit during long term storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 522 – 527.
- Trebitsh, T., E.E. Goldschmidt and J. Riov. 1993. Ethylene induce de novo synthesis of chlorophyllase, a chlorophyll degrading enzyme, in citrus fruit peel. Proceeding of National of Academy Science of the United States of America. 90: 9441-9445.