Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 91-94 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 91-94 (2562)

ผลของการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาลำไย

Effect of Coating with Carboxymethylcellulose Extracted from Water Hyacinth on the Postharvest Quality and Storage Life of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.)

วาสนา พิทักษ์พล[1*] ฑิฆัมพร ขอนทอง[1] และ สมสุดา วรพันธุ์[1]

Wasna Pithakpol[1*], Thikumporn Khonthong[1] and Somsuda Vorapunthu[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of carboxymethylcellulose extracted from water hyacinth (CMC_{wh}) compared to commercial carboxymethylcellulose (CMC_{com}) on the postharvest quality and storage life of longan cv. Daw. The experiment was performed under a completely randomized design with 7 treatments including coating with CMC_{wh} and CMC_{com} at 0.5, 1.0 and 2.0% compared to control (none-coated). Longan fruits were washed with 200 mg/l of sodium hypochlorite, air dried, dipped in CMC_{wh} and CMC_{com} for 4 minutes, air dried, put in a clamshell packaging, and stored at ambient temperature (25±2°C, 60±2% RH) or low temperature (5±2°C, 80±2% RH). Results showed that both coating with CMC_{wh} and CMC_{com} had effectively delayed weight loss, fruit peel browning, mold development, maintained postharvest quality and extended shelf life for 8.33-10 days (ambient temperature) and 14.33-20 days (low temperature). Coating with 0.5% CMC_{wh} showed the longest shelf life for 10 days at ambient temperature storage and 20 days at low temperature storage while control treatment can be stored for 7 and 14 days, respectively.

Keywords: carboxymethylcellulose, shelf life, longan, postharvest quality, water hyacinth

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา (CMC_{wh}) เปรียบเทียบกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทางการค้า (CMC_{com}) ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาลำไยพันธุ์ดอ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 7 กรรมวิธี ได้แก่ CMC_{wh} ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% หรือ CMC_{com} ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% และชุดควบคุม (ไม่ได้เคลือบสาร) โดยนำผลลำไยมาล้างแล้วทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นจุ่มในสารเคลือบผิวเป็นเวลา 4 นาที แล้วนำไปบรรจุในกล่องพลาสติกแบบมีฝาปิด นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ± 2% และอุณหภูมิต่ำ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2% ผลการศึกษาพบว่า การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} และ CMC_{com} ทุกกรรมวิธีช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล การเกิดโรค และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 8.33-10 วัน (อุณหภูมิห้อง) และ 14.33-20 วัน (อุณหภูมิต่ำ) โดยที่ CMC_{wh} 0.5% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้นานที่สุด (อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำได้นาน 10 และ 20 วัน ตามลำดับ) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับผลลำไยในชุดควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำได้นาน 7 และ 14 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส, อายุการเก็บรักษา, ลำไย, คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว, ผักตบชวา

คำนำ

ลำไย (Longan: *Dimocarpus longan* Lour.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2561 มีพื้นที่ปลูกลำไยทั่วประเทศทั้งหมด 1,138,561 ไร่ และให้ผลผลิตทั้งหมด 1,076,939 ตัน โดยผลผลิตลำไยส่วนใหญ่จะถูกส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศในรูปผลสด และแปรรูปเป็นผลลำไยอบแห้ง (คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลด้านการเกษตร, 2561) สำหรับการส่งออกของลำไยผลสดจะอยู่ในรูปลำไยสดช่อซึ่งมีตลาดส่งออกหลัก ได้แก่ จีน อินโดนีเซีย ฮ่องกง สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย แคนาดา เนเธอร์แลนด์ และอังกฤษ โดยในปี พ.ศ. 2560 มีมูลค่าการส่งออกทั้งหมด

[1]คณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา.56000

[1] School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author email: wasnan@yahoo.com

20,988 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2560) ปัญหาของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว คือสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสูญเสียน้ำ ทำให้เซลล์เปลือกเสื่อมลง และเยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสมบัติการเลือกผ่าน ทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase: PPO) เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลกับออกซิเจนได้เป็นสารสีน้ำตาลคล้ำที่เปลือก (ณัฏฐ วัฒณ์ และ นิธิยา, 2561) จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ลำไยมีอายุการวางจำหน่าย แนวทางการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยผลสดหลังการเก็บเกี่ยวทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการเคลือบผิว โดยการเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งในการชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวจะทำให้ช่วยลดอัตราการคายน้ำออกจากผิวของผล และลดอัตราการหายใจ เนื่องจากสารเคลือบผิวมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมการคายน้ำ ลดการเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) โดยมีรายงานว่าการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสที่สกัดจากผักตบชวา (CMCwh) สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลองกอง และมะนาว (วาสนา และคณะ, 2558, 2559) ดังนั้นผู้ทดลองจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชที่มีอยู่ปริมาณมากในแหล่งน้ำต่าง ๆ มาพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวลำไยร่วมกับการเก็บรักษา เพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยให้ได้นานขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา (CMC_{wh}) โดยทำการเก็บต้นผักตบชวา แล้วนำมาสกัดเซลลูโลสและสังเคราะห์คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสตามวิธีการของพรชัย และคณะ (2550) สำหรับผลลำไยทำการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา ทำการคัดเลือกผลที่เป็นโรคและแมลงทิ้ง คัดเลือกผลให้มีขนาดและสีผิวที่ใกล้เคียง นำมาฆ่าเชื้อโรคที่ผิวด้วยการนำมาล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรท์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำผลลำไยมาเคลือบผิวตามแผนการทดลอง ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบ ด้วย 7 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ (1) ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว) (2) CMC_{wh} 0.5% (3) CMC_{wh} 1.0% (4) CMC_{wh} 2.0% (5) CMC ทางการค้า (CMC_{com}) 0.5% (6) CMC_{com} 1.0% (7) CMC_{com}.2.0% โดยนำผลลำไยมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิว จากนั้นผึ่งให้แห้งแล้วนำมาบรรจุในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60±2% หรืออุณหภูมิต่ำ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% บันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกายภาพ และคุณภาพทางเคมีได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรค คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวของลำไย (คะแนน 5 ระดับคือ 1 =ไม่มีการเกิดสีน้ำตาล, 2 =เกิดสีน้ำตาล 5-25%, 3 = เกิดสีน้ำตาล 25-50%, 4 =เกิดสีน้ำตาล 50-75% และ 5= เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 75%), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และอายุการเก็บรักษา ประเมินจากระดับการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกลำไย ซึ่งจะหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อมีการเกิดสีน้ำตาลอยู่ที่ระดับ 3 หรือเกิดสีน้ำตาล 25-50% ร่วมกับการเน่าเสียมากกว่า 50% ถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับทางการค้า นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผล

การสูญเสียน้ำหนัก ผลลำไยมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ พบว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} และ CMC_{com} มีแนวโน้มช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก โดยผลลำไยที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 10 และ 20 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.64 และ 2.76% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนัก 3.90 และ 4.91% ตามลำดับ (Figure 1 A) การเกิดโรค ผลลำไยมีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ พบว่าผลลำไยที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% มีการเกิดโรคได้น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 10 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ วันที่ 20 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการเกิดโรค 44.44% และ 51.11% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยในชุดควบคุมที่เกิดโรค 97.78 และ 88.89% ตามลำดับ (Figure 1 B) การเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็นสีน้ำตาลของผลลำไยมีเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ พบว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของลำไยได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยในวันที่ 10 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และวันที่ 20 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีค่าเท่ากับ 3.56 คะแนน และ 4.02 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยในกรรมวิธีอื่นที่มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลอยู่ระหว่าง 4.44-4.89 และ 4.53-4.98 คะแนน ตามลำดับ (Figure 1 C)

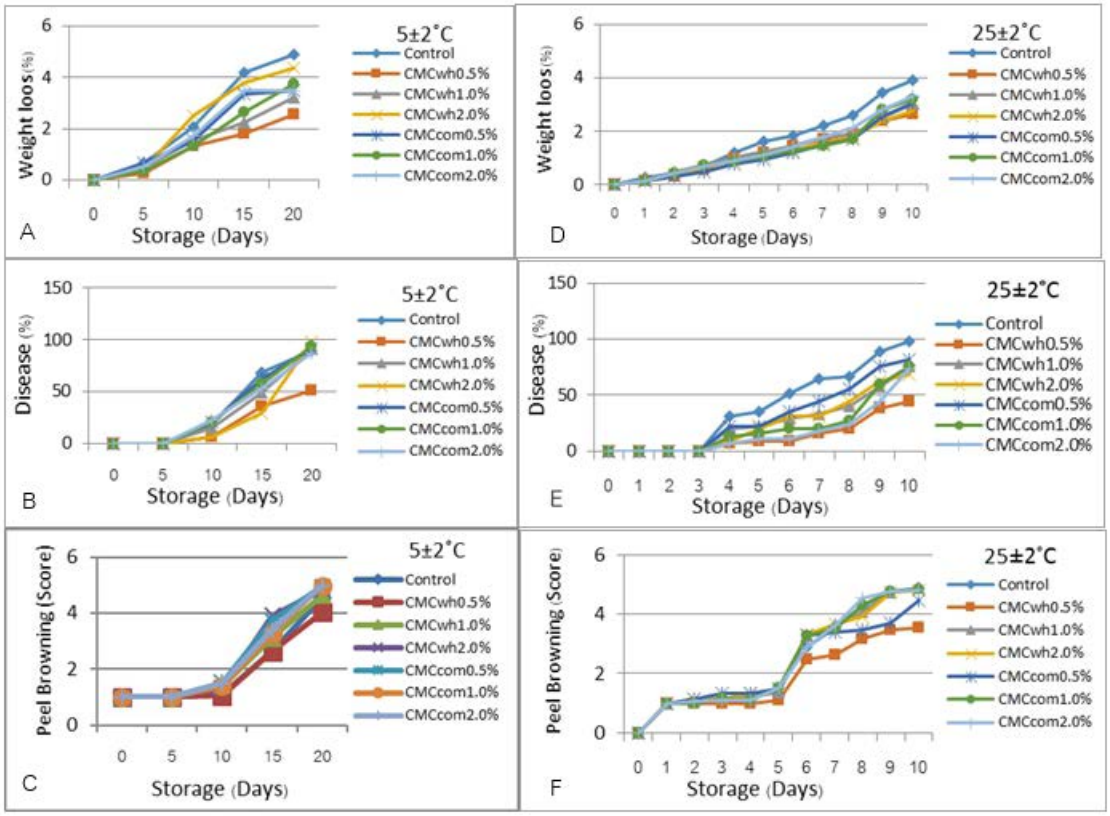

Figure 1 Effect of coating with CMC on weight loss (A), disease (B) and peel browning (C) of longan during storage at low temperature (5±2°C, 80±2%RH) and weight loss (D), disease (E) and peel browning (F) of longan during storage at room temperature (25±2°C, 60±2%RH)

ผลลำไยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 9 วันที่อุณหภูมิห้อง และการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 20 วันที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง โดยที่การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% และ 1.0% และ CMC_{com} 0.5% พบว่าช่วยชะลอการลดลงปริมาณกรดที่ไทเทรตและปริมาณวิตามินซี ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (Table 1) อายุการเก็บรักษา การประเมินอายุการเก็บรักษาประเมินจากผลลำไยที่เกิดโรค 50% พบว่าการเคลือบผิวทุกกรรมวิธีช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยมีอายุการเก็บรักษา 8.33-10 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยที่การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 10 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 7 วัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยมีอายุการเก็บรักษา 14-20 วัน โดยที่ลำไยที่เคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 20 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 14 วัน (Table 1)

Table 1 Effect of coating with CMC on total soluble solids content, titratable acidity and shelf life of longan during storage at room temperature (25±2°C, 60±2%RH) and low temperature (5±2°C, 80±2%RH)

Treatment	TSS (%Brix)		TA (%)		Shelf life (days)	
	25 °C 4days	5 °C 18days	25 °C 4days	5 °C 18days	25 °C	5 °C
Control	20.05b	18.87bc	0.92ab	0.79c	7.00d	14.00b
CMC_{wh} 0.5%	20.30a	18.53c	1.09a	0.90ab	10.00a	20.00a
CMC_{wh} 1.0%	19.20d	18.50c	1.09a	0.92a	9.00bc	16.33ab
CMC_{wh} 2.0%	20.05b	17.03e	0.96ab	0.83bc	9.00c	16.33ab
CMC_{com} 0.5%	19.65b	19.27a	1.09a	0.90ab	8.33c	14.33b
CMC_{com} 1.0%	19.00e	17.83d	0.96ab	0.94a	9.00bc	17.00ab
CMC_{com} 2.0%	19.75c	19.13ab	0.81b	0.81c	9.67b	15.67b

[1/]Means within a column followed by the different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by DMRT

วิจารณ์ผล

ผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรคและการเปลี่ยนสีผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากผลลำไยมีการคายน้ำ มีการหายใจ และผลิตก๊าซเอทิลีน จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก และเปลือกเป็นสีน้ำตาล (อุษาวดี, 2561) โดยผลลำไยที่เคลือบด้วยผิว CMC_{wh} และ CMC_{com} ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลได้ โดยที่การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5%ช่วยรักษาคุณภาพผลลำไยได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกันงานวิจัยของวาสนาและคณะ (2559) ที่รายงานว่าการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 2 %มีแนวโน้มช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักในผลลองกองได้ เนื่องจากการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} เป็นการเก็บรักษาแบบดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ทำให้การสูญเสียน้ำหนักและการแลกเปลี่ยนก๊าซมีน้อยลง ส่งผลให้ชะลอการสูญเสื่อมสภาพการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทำให้อัตราการหายใจและการสังเคราะห์ก๊าซเอทิลีนช้าลง โดยที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดโรค และการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำช่วยลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ การผลิตก๊าซเอทิลีน ชะลอการสุกแก่และลดเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย จึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก (จริงแท้, 2549) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของกรด ชนิดของเนื้อเยื่อ การจัดการ สภาพการเก็บรักษา พันธุ์ จำนวนปีที่ปลูก และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สรุปผล

การเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} และ CMC_{com} ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล การเกิดโรค และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยการเคลือบผิวด้วย CMC_{wh} 0.5%มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำได้นานที่สุด 10 วัน และ 20 วัน ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 7 และ 14 วัน ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยพะเยาที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. 2560. ข้อมูลสถิติปี 2560. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.moc.go.th/index.php/palmoil-service-all-4/category/category-product010-copy-3.html. (3 กรกฎาคม 2562).

คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลด้านการเกษตร. 2561. ลำไยปี 2561. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://oldweb.oae.go.th/download/forecastdata/situation/longan.pdf. (6 กรกฎาคม 2562).

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก และผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ณัฏฐวัฒณ์ หมื่นมาณี และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. กระบวนการรมผลลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์. หน้า 42-94. ใน: นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุญยเกียรติ (ผู้รวบรวม), เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไย, พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, สุพัฒน์ คำไทย, นรีวิชญ์ ยากี และ รัญชิดา อุทัยยศ 2550. การผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากเปลือกมะละกอและคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม. การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2550" (Thailand Research Expo 2007). ระหว่างวันที่ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550.

วาสนา พิทักษ์พล, เพ็ญโฉม พจนธารี และ สมสุดา วรพันธุ์. 2558. การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวด้วยสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลสจากผักตบชวา และกรดจิบเบอเรลลิค. แก่นเกษตร 43(1) : 881-887.

วาสนา พิทักษ์พล, วิไลพร พีระ , เพ็ญโฉม พจนธารี และ สมสุดา วรพันธุ์.2559.ผลสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวลองกอง. แก่นเกษตร 44(พิเศษ1) : 880-886.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559. สารเคลือบผิวสำหรับผลไม้สด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://stri.cmu.ac.th/article_detail.php?id=38 (3 กรกฎาคม 2562).

อุษาวดี ชนสุต. 2561. อาการสะท้าวหนาวของลำไย. หน้า 173-182. ใน: นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุญยเกียรติ (ผู้รวบรวม), เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไย, พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.