



ผลของการใช้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้
ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะนาว

Effects of Cold Shock Treatments Combined with Aloe vera Gel Coating on
Postharvest Quality of Lime

วุฒิรัตน์ พัฒนินบูลย์*

Wutthirat Patthanibool

Received : January 31, 2024

Revised : June 14, 2024

Accepted : June 21, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) ร่วมกับการใช้เจลว่านหางจระเข้ (AV) ที่ความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลผลิตมะนาว เปรียบเทียบกับผลผลิตที่ไม่ใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (NCST) ซึ่งบรรจุในภาตโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ก่อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาว โดยจัดหน่วยทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ทั้งสองความเข้มข้น (AV50 และ AV100) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิว (AV0) ในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.36 2.34 และ 3.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของผิวได้ โดยค่าเฉดสี (hue angle) ของมะนาวที่เคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งในวันสุดท้ายของการทดลอง มีค่าเฉดสีเฉลี่ย 111.97 111.98 และ 107.66 ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ กรดที่ไทเทรตได้ และความแน่นเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้การเคลือบผิวมะนาวด้วยเจลว่านหางจระเข้ทั้งสองความเข้มข้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เฉลี่ย 21.5-22 วัน ซึ่งมากกว่าผลผลิตที่ไม่ทำการเคลือบผิวประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลัน พบว่าไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ : ความเย็นเฉียบพลัน / การเคลือบผิวที่บริโภคได้ / คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

Lecturer in Agricultural Program Faculty of Agricultural Technology Lampang Rajabhat

University(Corresponding Author) e-mail: p.wutthirat@hotmail.com

ABSTRACT

This research aimed to investigate the use of cold shock treatment (CST) combine with 0 50 and 100% of aloe vera gel coating which effect on postharvest quality of lime compares with non-cold shock treatment (NCST). All samples were packed in foam trays covered with polyvinyl chloride (PVC) film and storage at 12.5 degree Celsius, 78 percent relative humidity. A factorial in completely randomized design for this experiment. The result shown that both concentrations of coated lime with aloe vera gel had less fresh weight loss than uncoated lime during the storage life at 12-24 days with the highest mean 2.36% 2.34% and 3.13% respectively, and were able to decrease the yellowing of the skin. The hue angle of coated lime was significantly higher than that of uncoated lime ($p \leq 0.05$). On the last day of the experiment, with values of 111.97, 111.98 and 107.66, respectively. The change in chlorophyll and carotenoids content, total soluble solids, titratable acidity and firmness was no significant difference ($p > 0.05$). However, the lime coating with both concentrations of Aloe vera gel was able to extend the storage in the range of 21.5-22.0 days which is about 1 week longer than the uncoated produce. In case to the cold shock treatment, it was found that there was no significant effect on the delay in quality change and shelf life of lime ($p > 0.05$).

Keywords : Cold Shock Treatment / Edible Coating / Postharvest Quality

บทนำ

มะนาว (lime) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการค่อนข้างสูงในท้องตลาด โดยมีปริมาณผลผลิตจากการขายรวมในปี 2566 จำนวน 166,775 ตัน (สำนักงานสถิติการเกษตร, 2566) แต่เนื่องด้วยมะนาวเป็นผลผลิตที่มีปริมาณผลผลิตออกสู่ตลาดไม่แน่นอน ส่งผลให้ราคาไม่คงที่ กระทบต่อการวางแผนการผลิตของเกษตรกร และผู้บริโภคต้องซื้อผลผลิตที่มีราคาสูงในช่วงที่มีปริมาณผลผลิตน้อย การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาสมดุลของปริมาณผลผลิตในท้องตลาดไม่ให้เกิดความผันแปรมาก การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตมะนาวจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรให้ความสำคัญ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่เหมาะสมต่อไป

การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวในทางการค้ามักให้ความสำคัญกับคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ เช่น สี ความมันเงา ความสดของผิวเปลือก ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว มักเกิดจากการสูญเสียน้ำและการเก็บรักษาในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2549) ดังนั้น กรณีนี้ทางการค้ามักใช้วิธีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำของผลผลิต ร่วมกับการปฏิบัติโดยใช้ความเย็น เพื่อชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคได้มีความกังวลกับการบริโภคผลผลิตที่ใช้สารเคมี ถึงแม้ว่าการเคลือบผิวจะถูกใช้เฉพาะภายนอกเท่านั้น แต่ด้วยพฤติกรรมกรบริโภคอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ในการสัมผัสหรือบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารเคมี

การศึกษาวาสตฺุเคลือบผิวที่บริโภคได้ จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตผลมะนาว ให้มีความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภค และหากใช้ร่วมกับเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน ในการกำจัดความร้อนที่ติดมากับผลผลิต เพื่อชะลอกิจกรรมทางชีวเคมีในช่วงก่อนการเก็บรักษา จะทำให้ผลผลิตที่ผ่านการปฏิบัติดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้าลง ทั้งนี้จากงานวิจัยของ ชมพูนุท (2559) โดยการนำว่านหางจระเข้มาพัฒนาเป็นสารเคลือบผิว บ่งชี้ว่าว่านหางจระเข้สามารถรักษาและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิตผลเกษตรได้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด และมีอายุการวางจำหน่าย 16 วัน ขณะที่มะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุเพียง 6 วัน และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (hue angle) ได้ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้ความเย็นเฉียบพลัน (cold shock treatment) ซึ่งเป็นเทคนิคให้ความเย็นกับผลผลิตโดยใช้ตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็งเป็นระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลผลิตผลไม่สามารถทำงานตามปกติและสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการใช้เทคนิคดังกล่าวนี้กับผลผลิตเกษตรบางชนิด พบว่า ส่งผลในทางที่ดีและมีแนวโน้มให้เชื่อได้ว่าสามารถรักษาคุณภาพผลผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ จากผลการทดลองของ Zhang, et al. (2013) พบว่าเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก และป้องกันการอ่อนนุ่มของผลและการเปลี่ยนแปลงของสี รวมทั้งยังสามารถรักษาความสมบูรณ์ของเมมเบรน ได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Chen, et al. (2017) รายงานไว้ว่าการใช้เทคนิคความเย็นเฉียบพลันกับผลโอวาทา เป็นเวลา 30 นาที มีอิทธิพลต่อการชะลอกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุก การอ่อนนุ่มของผล อัตราการหายใจ และอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนในระหว่างการวางจำหน่ายได้ และจากรายงานของ Farag & Nagy (2017) พบว่าผลส้มที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าส้มในชุดทดลองอื่นๆ รวมทั้งมีปริมาณวิตามินซีและการพัฒนาแคโรทีนที่เปลือกสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลบนแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลัน (ให้ความเย็นเฉียบพลัน และไม่ให้ความเย็นเฉียบพลัน) และปัจจัยด้านการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ (ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์) โดยคัดเลือกมะนาวที่มีขนาดและสีผิวสีเขียวทั้งผลมาทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 15 นาที ึ่งให้แห้งแล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) โดยแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิคงที่ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที อีกกลุ่มหนึ่งแช่น้ำเปล่าอุณหภูมิปกติ (NCST) ึ่งลมให้แห้งแล้วแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย นำไปเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (AV0 AV50 และ AV100) จากนั้นึ่งให้แห้ง ก่อนแยกไปเก็บรักษาในสภาพโคมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ผล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์) บันทึกข้อมูล ณ วันเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ประเมินด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก ตั้งแต่วันเริ่มต้นการทดลอง ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นนำค่าน้ำหนักมาคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\%WL = \frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100$$

%WL = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

W0 = น้ำหนักสดของผลผลิต ณ วันที่ 0 (วันเริ่มต้นการทดลอง)

Wn = น้ำหนักสดของผลผลิต ณ วันที่ ทำการชั่ง

2. การวัดสี ใช้เครื่องวัดสีวัดที่ตำแหน่งกลางผลทั้ง 2 ด้านตรงข้ามกัน บันทึกและรายงานผลในระบบสี CIE แบบพิกัดขั้ว (polar coordination: L*, Chroma, Hue angle)

3. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ที่เปลือก โดยการสกัดด้วยอะซิโตน 80 เปอร์เซ็นต์ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 นาโนเมตร ตามวิธีการวิเคราะห์ของ Whitman, et al. (1971)

4. ความแน่นเนื้อ ทำการวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร กดด้วยความลึก 5 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 2 มิลลิเมตร/วินาที บันทึกเป็นค่าแรงสูงสุดในหน่วยของนิวตัน (El-Abbasy, et al., 2013)

5. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยนำน้ำคั้นมาวัดด้วยเครื่อง refractometer บันทึกค่าเป็นหน่วยของศาบริกซ์ (°Brix)

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยนำน้ำคั้น 3 มิลลิลิตร มาไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ แล้วนำมาคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\%TA = \frac{NaOH(N) \times NaOH (ml) \times mEqv. of acid}{sample (ml)} \times 100$$

%TA = ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์)

NaOH(N) = ความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำการไทเทรต

NaOH(ml) = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำการไทเทรต

mEqv. of acid = กรัมสมมูลของกรดซิตริก 0.064

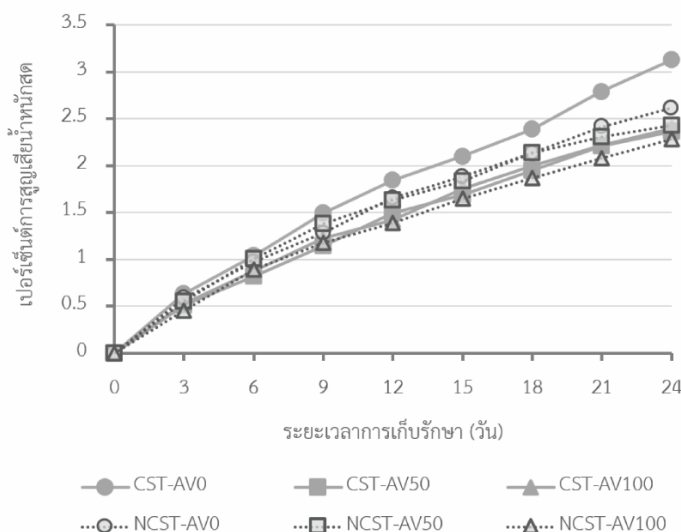
sample (ml) = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ทำการไทเทรต

7. ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) เริ่มนับจากวันเริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งผลผลิตมะนาวมีผิวเปลี่ยนไป เป็นสีเหลืองประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (ค่า hue angle ต่ำกว่าช่วง 111.00 ลงมา)

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลผลิตมะนาวที่ผ่านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีการทดลองต่างๆ พบว่า มะนาวในทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออายุการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลลันทางจะเข้าความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามะนาวที่ไม่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ โดยในวันที่ 24 มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.36 2.34 และ 3.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านกร

ให้ความเย็นเฉียบพลัน ส่งผลให้มะนาวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันจนกระทั่งในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา มะนาวที่ใช้เทคนิคให้ความเย็นเฉียบพลัน (CST) มีการสูญเสียน้ำหนักสด แตกต่างจากมะนาวที่ไม่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลัน (NCST) อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 และ 2.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับ
ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับ
ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ

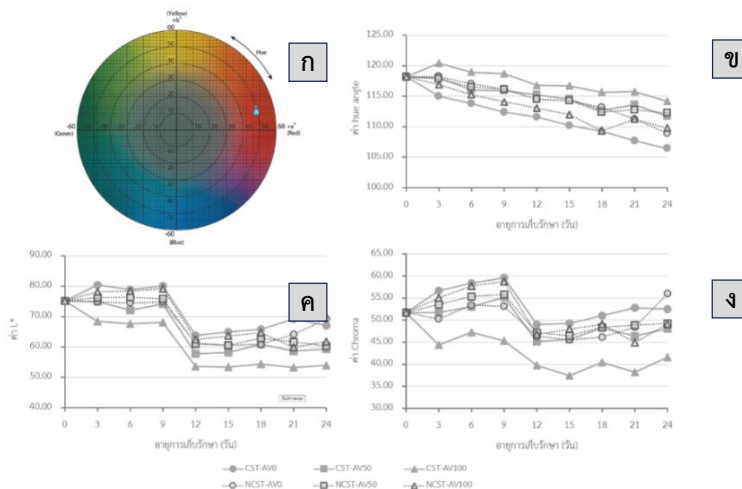
ปัจจัย	อายุการเก็บรักษา (วัน)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	
การให้ความเย็นเฉียบพลัน										
CST	0.00	0.56 ^{ns}	0.91 ^{ns}	1.29 ^{ns}	1.59 ^{ns}	1.85 ^{ns}	2.11 ^{ns}	2.40 ^{ns}	2.63 ^a	
NCST	0.00	0.53	0.95	1.28	1.56	1.79	2.04	2.27	2.59 ^b	
การเคลือบผิว										
AV0	0.00	0.61 ^{ns}	1.00 ^{ns}	1.75 ^a	1.75 ^a	1.99 ^a	2.26 ^a	2.60 ^a	3.13 ^a	
AV50	0.00	0.53	0.91	1.56 ^b	1.56 ^b	1.76 ^b	2.04 ^b	2.26 ^b	2.36 ^b	
AV100	0.00	0.49	0.88	1.40 ^b	1.40 ^b	1.70 ^b	1.93 ^b	2.15 ^b	2.34 ^b	
C.V. (%)	N/A	24.25	19.00	14.03	17.09	15.43	15.89	13.79	13.89	

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันในแนวตั้งในทริตเมนต์เดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD), ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ, N/A คือ ไม่สามารถใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทางสถิติได้

จากการวัดสีผิวของผลิตผลมะนาว พบว่า เฉดสี (hue angle) ของมะนาวทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 2ข) โดยปัจจัยด้านการเคลือบผิวส่งผลให้มะนาวที่ไม่เคลือบผิวมีสีผิวเปลี่ยนจากเขียวไปเป็นเหลือง มากกว่ากลุ่มที่ทำการเคลือบผิว ส่งผลให้ค่าเฉดสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 24 วัน มะนาวที่ไม่เคลือบผิว มีค่าเฉดสีเฉลี่ย 107.66 ต่ำกว่า มะนาวที่เคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเฉดสี (hue angle) เฉลี่ย 111.97 และ 111.98 (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2ก และ ภาพที่ 3) ขณะที่ค่าความสว่างของสี (L*) และความเข้มสี (chroma) ของมะนาวที่ไม่ทำการเคลือบผิวมีค่าเฉลี่ยมากกว่าและแตกต่างจากมะนาวที่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยด้านเทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉดสีและค่าความสว่างของสี แต่มีผลทำให้ความเข้มสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 2)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เลือกพบว่า มะนาวมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ามะนาวที่ไม่ทำการเคลือบผิว เฉพาะในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเท่านั้น แต่เมื่อครบระยะเวลาการทดลอง พบว่าทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับปริมาณแคโรทีนอยด์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ทั้งปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันและการเคลือบผิวไม่มีอิทธิพลทำให้ผลิตผลมะนาวกรรมวิธีต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

และจากการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา พบว่า ปัจจัยด้านการเคลือบผิวมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตผลมะนาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลิตผลมะนาวที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว มีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 14.50 วัน น้อยกว่าและแตกต่างจากผลิตผลมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 22.00 และ 21.50 วันตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ

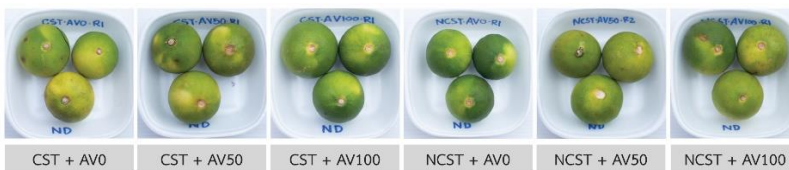


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle (ข) L* (ค) และ chroma (ง) ของสีผิวผลิตผลมะนาว ที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ ตามกรรมวิธีต่างๆ เทียบกับพิกัดค่าสี (ก)

ตารางที่ 2 คุณภาพของผลิตผลมะนาวที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับรวมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ตามกรรมวิธีต่างๆ ที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน

ปัจจัย	คุณภาพของผลิตผลมะนาวที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน								
	ของแข็ง ที่ละลาย น้ำได้ (°Brix)	กรดที่ ไทเทรต ได้ (%)	ความ แน่น เนื้อ (N)	ค่าพิกัดสี			คลอโรฟิลล์ (µg/ml)	แคโรที นอยด์ (µg/ml)	อายุ (วัน)
				L*	chroma	hue angle			
Cold Treatment									
CST	5.77 ^{ns}	6.28 ^{ns}	2.06 ^{ns}	60.10 ^{ns}	47.40 ^b	110.77 ^{ns}	0.5287 ^{ns}	0.2084 ^{ns}	19.33 ^{ns}
NCST	5.72	6.27	1.94	63.77	51.44 ^a	110.31	0.5778	0.2317	19.33
Edible Coating									
AV0	5.87 ^{ns}	6.52 ^a	1.86 ^{ns}	68.11 ^a	54.26 ^a	107.66 ^b	0.4489 ^{ns}	0.1912 ^{ns}	14.50 ^b
AV50	5.78	6.26 ^{ab}	2.23	59.85 ^b	48.67 ^b	111.97 ^a	0.5695	0.2089	22.00 ^a
AV100	5.59	6.06 ^b	1.91	57.83 ^b	45.34 ^c	111.98 ^a	0.6413	0.2600	21.50 ^a
C.V. (%)	0.76	0.55	26.36	7.52	10.34	3.47	0.48	0.32	16.76

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันในแนวตั้งในทรีตเมนต์เดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตามการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD), ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 3 ลักษณะสีผิวของผลิตผลมะนาว ที่ใช้เทคนิคการให้ความเย็นเฉียบพลันร่วมกับการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ ตามกรรมวิธีต่างๆ ที่อายุการเก็บรักษา 24 วัน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตผลมะนาวที่ผ่านการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามกรรมวิธีการทดลองต่างๆ พบว่า มะนาวทุกกรรมวิธีการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมะนาวเป็นผลิตผลที่ซบสว่นประเภทเน่าเสียง่าย (perishable crop) ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เดวิดส์ (Arpaia & Kader, 1999) แนะนำสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สภาวะการเก็บรักษาระหว่างการทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์ 77.9 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าระดับที่

เหมาะสมดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ไปสู่บรรยากาศตลอดเวลา ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่หุ้มด้วยฟิล์ม PVC แต่เนื่องจากฟิล์มชนิดดังกล่าวมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย (Khamsee, 1996) จึงส่งผลให้ไอน้ำจากผลิตภัณฑ์อยู่ในบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เคลื่อนตัวออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย โดยเฉพาะช่วงต้นการทดลองที่บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ยังไม่เข้าสู่ภาวะสมดุลของความชื้น (equilibrium moisture content, EMC) ผลิตภัณฑ์จะสูญเสียไอน้ำอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าในช่วงต้นการทดลองผลิตภัณฑ์ต่างๆ กรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเก็บรักษาต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิวจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิวปราศจากวัสดุต้านทาน (barrier) การเคลื่อนที่ของไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่พบว่า ผลิตภัณฑ์มะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิว ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 12-24 วัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Arowa, et al. (2013) ที่ทำการเคลือบผิวส้ม พันธุ์ Valencia ด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ พบว่าช่วงสามสัปดาห์แรกของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำการเคลือบผิว แต่หลังจากนั้นจะเริ่มแตกต่างกัน โดยส้มที่เคลือบผิวจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เคลือบผิว ทั้งนี้จากงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่าอาจเนื่องมาจากเจลวุ้นทางจระเข้ที่เป็นวัสดุกึ่งต้านทานการซึมผ่าน ที่ป้องกันการเคลื่อนที่ของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และสารละลาย ระหว่างผลิตภัณฑ์กับบรรยากาศภายนอก ดังนั้นจึงส่งผลต่อการลดลงของอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ได้ (Baldwin, et al., 1999) ส่วนปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันนั้น ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์มะนาวไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการใช้ความเย็นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ มีผลต่อการลดอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์เฉพาะช่วงแรกของการทดลองเท่านั้น ซึ่งการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดเวลาและขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษาเป็นสำคัญ จึงส่งผลให้อิทธิพลของการให้ความเย็นเฉียบพลันไม่ปรากฏผลชัดเจนต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อพิจารณาจากค่าเฉดสี (hue angle) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการวัดสีที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีหนึ่งไปเป็นอีกสีหนึ่ง โดยอ้างอิงตามพิกัดค่าสี พบว่า มะนาวมีการเปลี่ยนแปลงสีจากเขียวไปเป็นเหลืองตามลำดับ ทำให้มีค่าเฉดสีลดลง โดยผลทางสถิติชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะปัจจัยด้านการเคลือบผิว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่เคลือบผิวมีค่าเฉดสีต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เคลือบผิวด้วยเจลวุ้นทางจระเข้ทั้งสองระดับความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับองค์ประกอบอื่นๆ ของการวัดสี กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิวมีค่าความสว่างของสี (L^*) และความเข้มสี (chroma) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองของผิวเปลือกมะนาวที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิวเกิดขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบผิว ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารเคลือบผิวเป็นการเพิ่มเครื่องกีดขวางและจำกัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างมะนาวกับบรรยากาศภายนอก ส่งผลให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) ขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งภายใต้สภาวะดังกล่าว

ผลผลิตจะนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ก๊าซออกซิเจนมีปริมาณลดลงและเกิดการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นภายในผลผลิต ทำให้ผลผลิตมีอัตราการหายใจที่ช้าลงรวมถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีอื่นๆ และการสังเคราะห์เอทิลีนซึ่งมีผลต่อกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่เปลือกของผลผลิตด้วย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบว่า ผลผลิตมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลผลิตมะนาวที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าผลผลิตที่ไม่ได้ทำการเคลือบผิว ถึงแม้ว่าจะแสดงผลที่ชัดเจนเฉพาะบางช่วงเวลา (วันที่ 6 ของการเก็บรักษา) เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงสีจากค่าเฉดสีแล้วก็สามารถอธิบายได้ว่าการเคลือบผิวมีผลในการช่วยชะลอการเปลี่ยนสีให้กับผลผลิตมะนาวได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Buapuean (2016) ที่ทำการเคลือบผิวมะนาวด้วยเจลว่านหางจระเข้พบว่า ผลผลิตมีค่าเฉดสีลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่าเฉดสีน้อยกว่าและมีอัตราการลดลงที่เร็วกว่าผลผลิตที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ซึ่งการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการลดลงของค่าเฉดสีได้ดีที่สุด และจากการศึกษาในผลฝรั่ง พันธุ์ Gola ที่ทำการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้ พบว่า คลอโรฟิลล์ที่เปลือกของผลฝรั่งที่ทำการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวมีปริมาณที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลผลิตที่ทำการเคลือบผิวจะมีอัตราการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าผลผลิตที่ไม่เคลือบผิว (Rehman, et al., 2020) ส่วนปัจจัยด้านการให้ความเย็นเฉียบพลันพบว่า ไม่มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์และค่าเฉดสีของผลผลิตมะนาวแตกต่างไปจากผลผลิตที่ไม่ทำการให้ความเย็นเฉียบพลัน เนื่องจากกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นตลอดเวลาภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษาจะเป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ที่ผิวเปลือก มากกว่าการถูกกระตุ้นจากปัจจัยด้านเอทิลีน เนื่องจากมะนาวเป็นผลไม้ในตระกูลส้ม (citrus) และถูกจัดเป็นผลผลิตประเภทนั้นไคลแมคเทอริก (non-climacteric) ที่ถึงแม้ว่าเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มจะสามารถผลิตเอทิลีนได้ภายใต้สภาวะบางอย่างเช่นเดียวกับผลผลิตชนิดอื่นๆ แต่ผลผลิตดังกล่าวมีอัตราการผลิตเอทิลีนในระดับต่ำและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Cubells–Martinez, et al., 1999) ดังนั้นการใช้ความเย็นในระยะเวลาสั้นๆ จึงไม่อาจแสดงผลที่ชัดเจนต่อการชะลอกระบวนการสังเคราะห์หรือการตอบสนองต่อเอทิลีนที่เปลือกของผลผลิตมะนาวได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

References

- จรัสแท้ ศิริพานิชย์. (2549). **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพีช**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ชมพูนุช บัวผื่อน. (2559). **ผลของสารเคลือบผิวว่านทางจระเข้และสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวแป้น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานสถิติการเกษตร. (2566). **มะนาว : ร้อยละและปริมาณการขายผลผลิตเป็นรายเดือน ระดับประเทศ ปี 2566**. [Online]. Available : <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมะนาว/TH-TH#>. [2007, June 18].
- Arowa, K.A., Williams, J.O., Adetunji, C.O., Fawole, O.B., Afolayan, S.S., Olaleye, O.O., Adetunji J.B. & Ogundele. B.A., (2013). Effects of Aloe Vera Coating on Quality Characteristics of Oranges Stores Under Cold Storage. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, 3(1), 039-047.
- Arpaia, M.L. & Kader, A.A. (1999). **Lime : Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. [Online]. Available : http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center/_Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799 [2019, August 1].
- Baldwin, E.A., Burns, J.K., Kazokas, W., Brecht, J.K., Hagenmaier, R.D., Bender, R.J. & Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology Technology**, 17(3), 215-226.
- Buapuean, C. (2016). **Effects of aloe vera coating and plant growth regulators on storage life prolonging of lime (*Citrus aurantifolia* swingle cv.Pan)**. MS Thesis, Prince of Songkla University, Songkla. [in Thai]
- Chen, J., Liu, X., Li, F., Li, Y. & Yuan, D. (2017). Cold shock treatment extends shelf life of naturally ripened or ethylene-ripened avocado fruits. **PLoS One**, 12(12).
- Cubells-Martinez, X., Alonso, J.M., Sanchez-Ballesta, M.T. & Granell, A. (1999). Ethylene Perception and Response in Citrus Fruit. **Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene II**, Springer, Dordrecht, 137-143.
- El-Abbasy, U.K., Mohamed, E.M., El-Aidy, A.A., Mohamed, M.A.A. & Abd El-Khalek, A.F. (2013). 1-Meththlcyclopropene (1-MCP) and Quality of Eureka Lemon Fruits During Cold Storage. **Hortscience Journal of Suez Canal University**, 1, 211-215.

- Farag, K.M. & Negy, N.M.N. (2017). Effects of Postharvest- Cold Shock and Some Safe Treatment on Carotene Development in “Nova” Tangerines. **Journal of Plant Production**, 8(9), 917-922.
- Khamsee, Y. (1996). **Postharvest Physiology of Horticultural Produce**. Chiangmai : Department of Postharvest Technology, Faculty of Engineering and Agro Industry, Maejo University. [in Thai]
- Rehman, M.A., Asi, M.R., Hameed, A. & Bourquin, L.D. (2020). Effects of Postharvest Application of Aloe Vera Gel on Shelf Life, Activities of Anti-Oxidative Enzymes, and Quality of ‘Gola’ Guava Fruit. **Foods**, 9(10), 1361.
- Whitham, F.H., Blaydes, D.F. & Devlin, R.M. (1971). **Experiments in plant physiology**. New York : Van Nostrand Reinhold.
- Zhang, N., Zhao, Y., Aiqiang, C. & Haijiao, Y. (2013). Effect of Two-Temperature Cold Shock Treatment on Quality and Physiology of Cucumber and Its Heat Transfer Characteristic. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 29(1), 259-264.