รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตผลเกษตร

2. **โครงการวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว
   กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว
   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การทดสอบเทคโนโลยีการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Calcium Application Technology for Maintaining Fruit Quality After Harvest

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: นายภาณุมาศ โคตรพงศ์	กวป.
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวทิวาพร ผดุง	กปผ.
	นางสาวสโรชา ถึงสุข	ศวพ.เพชรบูรณ์

5. **บทคัดย่อ**

มะม่วงเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศ และต่างประเทศ แต่เนื่องจากมะม่วงเป็นผลิตผลที่ง่ายต่อการบอบช้ำ และเกิดการสูญเสียคุณภาพได้ง่าย ซึ่งการคงคุณภาพโดยเฉพาะทางด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะเป็นดัชนีสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ในการทดลองนี้จึงศึกษาผลของการให้แคลเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาความแข็งแรงของเซลล์ และคุณภาพหลังการเก็บรักษา โดยทดลองฉีดพ่นสารแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง แก่มะม่วงที่ระยะผล 30, 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ให้แคลเซียมโบรอน ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน พบว่า มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม มีค่าเท่ากับ 356.58 และ338.86 กรัม ตามลำดับ และหลังจากเก็บรักษา 28 วัน มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีการสูญเสียน้ำหนัก 8.39% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.62% โดยมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการเปลี่ยนแปลงค่า L*, a*, b* ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ความแน่นเนื้อของ

กรมวิชาการเกษตร

มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีนั้นมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา โดยในวันที่ 28 กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และกรรมวิธีควบคุม มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 8.32 และ 5.05 นิวตัน ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่าเท่ากับ 17.14% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีค่า 16.09% เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้นั้น พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลงตลอดการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.24% ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.30% และมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 36.28-36.32 mg/100 ml จากการทดลองจะพบว่า การให้แคลเซียมโบรอนสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้แก่ผลมะม่วงได้ โดยมีผลต่อคุณภาพทางเคมีเพียงเล็กน้อย

Abstract

Mango is a popular fruit for both domestic and international consumption. however, mangoes are a fruit that easily bruises and loses quality. Maintaining the quality of taste and texture is important because It is a major index affecting marketable. For this reason, the effects of providing calcium, a key nutrient in the maintenance of cellular strength and post-storage quality, were studied. Three times of spraying of 0.5% calcium boron was applied to mango at 30, 45, and 60 days after flowering and storage at 13 ° C for 28 days. It was found that mangos obtained with Calciumboron had higher fruit weight than control. The values were 356.58 and 338.86 g, respectively, and after 28 days of storage. The highest weight loss was observed in Calciumboron at 8.39% while Control was observed in 7.62%. Both treatment of mangos showed no difference in L *, a *, b * values. The firmness of the mango in both treatments was reduced during storage. After 28 days of storage, Calciumboron and Control had a firmness of 8.32 and 5.05 N, respective, the total soluble solids were found to increase with increased shelf life. After 28 days of storage, the highest total soluble solids were observed in Calciumboron at 17.14% while Control was observed in 16.09%. The titratable acidity of the mango in both treatments was reduced during storage. After 28 days of storage, the mango treated with Calciumboron had a titratable acidity of 0.24% while the control was 0.30%. then all treatments of mangos had no difference in vitamin C. The values were 36.28-36.32 mg/100 ml. From the experiment, it was found that Calciumboron can increase the firmness of mango fruit which affects little chemical quality.

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิต และส่งออกมะม่วงมากติด 3 อันดับแรกของโลกตั้งแต่ปี 2010-2018 (FAO, 2018) โดยมีเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 824,479 ไร่ ปลูกมากแถบจังหวัดพิษณุโลก เลย เชียงใหม่ ประจวบคีรีขันธ์ และนครราชสีมา เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งสิ้น 516,290 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) โดยส่งออกมะม่วงในรูปแบบต่าง ๆ รวม 85,183 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากถึง 4,067 ล้านบาท แบ่งออกเป็น มะม่วงสดหรือแช่เย็นจนแข็ง 60,355 ตัน ซึ่งมีมูลค่ามากถึง 2,140 ล้านบาท มะม่วงบรรจุภาชนะที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ 21,692 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,219 ล้านบาท และมะม่วงอบแห้ง 3,136 ตัน คิดเป็นมูลค่า 709 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดยมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด รองลงมาคือ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงโชคอนันต์ และมะม่วงแก้ว ตามลำดับ

มะม่วงเป็นผลิตผลทางพืชสวนที่มีเปลือกบาง ง่ายต่อการบอบช้ำ และยังเกิดการสูญเสียคุณภาพได้ง่าย เนื่องจากผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในผล และภายนอกผลที่นำไปซึ่งการหมดอายุวางจำหน่าย การรักษาคุณภาพจึงถือเป็นโจทย์สำคัญที่นักวิจัยเร่งหาแนวทางแก้ไข โดยเฉพาะคุณภาพทางด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส เพราะเป็นดัชนีสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งการคงคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังช่วยให้ผลิตผลมีอายุการวางจำหน่ายหรืออายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยการให้ธาตุอาหารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเซลล์ อาจเป็นวิธีการที่สามารถคงคุณภาพของผลิตผล ได้ ธาตุอาหารดังกล่าว คือ แคลเซียม

แคลเซียม (Ca) เป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการในปริมาณน้อย โดยแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบหลักในการแบ่งเซลล์ และใช้ในกระบวนการภายในเซลล์ระหว่างที่พืชเจริญเติบโต และช่วยลดอาการผิดปกติต่าง ๆ ของผล เช่น อาการก้นผลเน่า ผลแตก อาการไส้กลวง เป็นต้น นอกจากนี้ แคลเซียมยังเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาความแข็งแรงของเซลล์ การส่งผ่านของเซลล์เมมเบรน ช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรง และยังชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้ออีกด้วย โดยการให้แคลเซียมแก่ผลไม้ในช่วงก่อน หรือหลังเก็บเกี่ยวนั้น จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ และทางเคมี ดังนี้

- คุณภาพทางกายภาพ หลังจากเก็บเกี่ยว ผลิตผลยังคงมีเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทั้งภายในผล และภายนอกผล โดยจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสีผิวผล ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพ และอายุของผัก และผลไม้ การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล ซึ่งหากมีการสูญเสียน้ำมากก็จะทำให้ผิวผลเหี่ยว และหมดอายุการวางจำหน่ายไปในที่สุด โดยผลิตผลทางพืชสวนจะมีการสูญเสียน้ำหนักมาก เนื่องจากผลิตผลทางพืชสวนล้วนแต่มีน้ำเป็นองค์ประ กอบมากถึง 70% ประกอบกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น จำนวนปากใบหรือช่องเปิดทางธรรมชาติ สภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ การเกิดบาดแผล เป็นต้น ซึ่งการให้แคลเซียมในรูปแบบต่าง ๆ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในแอปเปิล ความเข้มข้น 1% สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ (Ranjbar *et al*., 2018) เช่นเดียวกับ การให้ hydrothermal ร่วมกับการให้

แคลเซียมคลอไรด์ 1% แก่มะละกอ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และมีค่า Hue Angle (h°) และbrightness (L°) มากกว่าผลที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ (Ayón-Reyna *et al*., 2017) ในขณะที่ การฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในมะละกอความเข้มข้น 2% มีค่า Hue Angle (h°) และbrightness (L°) น้อยกว่าชุดควบคุม (Madania *et al*., 2014) ทั้งนี้ อาจมีผลมาจากพันธุ์ และความเข้มข้นที่ใช้ นอกจากนี้ การให้แคลเซียมยังมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของผลิตผล ซึ่งปริมาณแคลเซียมในผลถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องหรือส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลไม้ (Abbott *et al*., 1989) โดยบนแกนโมเลกุลของเพคติน จะมีหมู่คาร์บอคซิลิค (carboxylic) ที่เป็นอิสระ ซึ่งแคลเซียมจะสามารถสร้างพันธะระหว่างกลุ่มคาร์บอคซิลิคที่เรียกว่า eggbox และช่วยให้ผนังเซลล์มีความเสถียรคงที่อยู่ได้ ซึ่งในระหว่างการสุกของผลไม้นั้น แคลเซียมจะถูกดึงออกจากผนังเซลล์ จากนั้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยผนังเซลล์จึงสามารถเข้าทำงานได้ ทำให้ผลไม้มีความแน่นเนื้อที่ลดลง มีการอ่อนนุ่มที่มากขึ้น (จริงแท้, 2549) จากการทดลองฉีดพ่นแคลเซียมก่อนเก็บเกี่ยวในผลพีช ที่ความเข้มข้น 1-2% (Gayed *et al*., 2017) และการให้แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมไนเตรท ที่ความเข้มข้น 0.5% และ1% (Singh *et al*., 2017) พบว่า สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ เช่นเดียวกับ การให้แคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยว โดยการจุ่มผลเชอรรี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.2-0.5% (Wang and Long, 2015) และผลมะม่วงความเข้มข้น 1 g L-1 (Shao *et al*., 2019) สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้เช่นกัน

- คุณภาพทางเคมี เป็นหัวข้อสำคัญที่ส่งผลต่อรสชาติของผลไม้ โดยคุณภาพทางเคมีที่สำคัญได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งทั้ง 2 คุณลักษณะ ส่งผลโดยตรงต่อรสชาติที่ผู้บริโภคได้รับ โดยการให้แคลเซียมคลอไรด์ 1.5% แก่มะม่วงพันธุ์ Alphonso (Karemera and Habimana, 2014) และพันธุ์ Mallika ความเข้มข้น 0.5% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มาก และมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม(Karemera *et al*., 2013) นอกจากนี้ การให้แคลเซียมสามารถเพิ่มปริมาณวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิคได้ โดยมีการทดลองจุ่มผลิตผลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.2-0.5% ในผลเชอรี่ (Wang and Long, 2015) และในผลมะม่วงที่ความเข้มข้น 1 g L-1 (Shao *et al*., 2019) พบว่า มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าชุดควบคุม

นอกจากแคลเซียมจะส่งผลดีต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีแล้ว การให้แคลเซียมยังเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลในแอปเปิ้ล (Ranjbar *et al*., 2018) และสับปะรดได้ (Youryon *et al*., 2018) และยังสามารถช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายผลิตผลได้อีกด้วย มีการศึกษาการให้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1-2% ก่อนการเก็บเกี่ยว ในมะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่า สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้นาน 22-24 วัน ในขณะที่มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์จะสามารถเก็บรักษาได้เพียง 19 วัน (Karemera and Habimana, 2014) เช่นเดียวกับในมะม่วงพันธุ์ Kesar ผลที่ได้รับแคลเซียมมีอายุการวางจำหน่ายนาน 32 วัน ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่สามารถวางจำหน่ายได้เพียง 29 วัน (Patel *et al*., 2018) ทั้งนี้ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหรือการวางจำหน่ายนั้น ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่แตกต่างกันของมะม่วง

กรมวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จะพบว่า การให้แคลเซียมทั้งในมะม่วง และผลไม้ชนิดอื่น ๆ สามารถช่วยชะลอการลดลงของคุณภาพ รวมไปถึงความแน่นเนื้อของผลิตผล ซึ่งทำให้ผลิตผลมีอายุการวางจำหน่ายที่ยาวนานขึ้น ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของพันธุ์ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้ ระยะผล และปริมาณแคลเซียมที่ให้แก่ผลิตผลเป็นสำคัญ

7. วิธีดำเนินการ:

- อุปกรณ์

1. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง
2. แคลเซียม โบรอน (CaB)
3. สารจับใบ
4. กล่องกระดาษลูกฟูก
5. กระดาษบรู๊ฟ
6. ปากกาเคมี
7. ถุงมือยาง
8. ตะกร้าพลาสติก
9. กรรไกรตัดแต่งกิ่ง
10. ขวดรูปชมพู่
11. บีกเกอร์
12. ปิเปรต
13. หลอดทอลอง
14. กระดาษกรอง
15. ผ้าก๊อซ
16. ห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ (Room cooling)
17. เครื่องชั่งน้ำหนัก
18. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Texture analyzer)
19. เครื่องวัดสี (Color reader)
20. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital refractometer)
21. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data logger)

- วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

เก็บเกี่ยวผลมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จากต้นที่มีอายุ 5 ปี โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุผล 105 วัน หรือที่ระยะสุกแก่ 80% จากแปลงปลูกที่ผลิตเพื่อการส่งออก และได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติการเกษตรที่ดี (GAP) ใน

กรมวิชาการเกษตร

จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเก็บเกี่ยวผลมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม) และกรรมวิธีที่ 2 มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยฉีดพ่นในอัตรา 5 ลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30, 45 และ60 วันหลังดอกบาน ขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร นำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาด แล้วคัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ โดยมีขนาด และสีผิวใกล้เคียงกัน จากนั้น นำมะม่วงไปบรรจุลงในกล่องกระดาษลังลูกฟูก จำนวน 12 ผลต่อกล่อง

2. การทดลองจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่งมะม่วง

นำมะม่วงในข้อ 1 มาจำลองการขนส่ง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลน้ำหนักผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ข้อมูลคุณภาพผล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ทุก 7 วัน

3.1 น้ำหนักผล

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันที่บันทึกข้อมูลทุก 7 วัน

3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการทดลอง และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

3.3 การเปลี่ยนแปลงสีผล

นำมะม่วงมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader (KONICA MINOLTA., CR-10, Japan) โดยวัดบริเวณกึ่งกลางผล ทั้ง 2 ด้านที่ตรงข้ามกัน

3.4 ความแน่นเนื้อ

นำมะม่วงมาวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ตัววัดแรง (load cell) 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 5 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

กรมวิชาการเกษตร

3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำคั้นที่ได้จากผลมะม่วงมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan) อ่านค่าที่ได้ในหน่วย เปอร์เซ็นต์

3.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำน้ำคั้นจากผลมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มเข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการ ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

$$\% \text{ TA} = \frac{(\text{N NaOH})(\text{ml NaOH})(\text{meq. wt of malic acid})}{\text{ml of sample}} \times 100$$

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 N)

ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.7 ปริมาณวิตามินซี

การเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม /100 มิลลิลิตร) นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติ คือ จุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

การหาปริมาณวิตามินซีจากมะม่วง นำน้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิก ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึง จุดยุตติ หรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาตรสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{\text{ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (ml)}} \times 100$$

กรมวิชาการเกษตร

มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม กรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น (mg Ascorbic acid/100mL juice)

ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2562 - เมษายน 2563

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. น้ำหนักผล

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลมากกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอนหรือกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 356.58 กรัม ในขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีน้ำหนักผลเพียง 338.86 กรัม (ตารางที่ 1)

2. การสูญเสียน้ำหนัก

ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีควบคุม หลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.91-1.92% จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 7.62% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 8.39% (ภาพที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วุฒิรัตน (2561) ที่ทดลองให้แคลเซียมคลอไรด์แก่ผักคะน้าไฮโดรพอนิกส์ พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีควบคุม แต่ทั้งนี้ การสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่ากรรมวิธีควบคุมไม่ได้ส่งผลต่อลักษณะภายนอก ความแน่นเนื้อ และคุณภาพของผล

3. การเปลี่ยนแปลงสี

ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าความสว่าง หรือค่า L* ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L* เท่ากับ 74.71-75.11 จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า L* ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 67.48-67.53 (ภาพที่ 2ก)

ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทั้งกรรมวิธี มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยในวันที่ 7 ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า a* เท่ากับ 7.26-7.29 โดยกรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 9.89 ในวันที่ 28 ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่า a* 9.38 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน (ภาพที่ 2ข)

ค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 32.49 จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงวันที่ 28 มีค่า b* เท่ากับ 38.36 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม

กรมวิชาการเกษตร

โบรอนมีค่า b* หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 33.49 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง วันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า b* เท่ากับ 39.80 (ภาพที่ 2ค)

4. ความแน่นเนื้อ

ผลมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน เมื่อนำไปเก็บรักษา มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 29.37 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานาน 14 และ21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.54 และ6.86 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.05 นิวตัน ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม มีค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 31.01 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 20.48 นิวตัน ในวันที่ 14 จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าคามแน่นเนื้อเท่ากับ 8.32 นิวตัน (ภาพที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gorny *et al*., (1996); King and Bolin (1989) ที่พบว่า การให้แคลเซียม สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ โดยแคลเซียม จะทำปฏิกิริยากับกรดเพกติคในผนังเซลล์เพื่อสร้างแคลเซียมเพกเตต ซึ่งเป็นการเสริมสร้างพันธะโมเลกุลระหว่างองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้สามารถชะลอการสลายตัวของเพคติน และทำให้มีองค์ประกอบของผนังเซลล์มาก เมื่อนำมาเก็บรักษาจึงยังคงรักษาความแน่นเนื้ออยู่ได้ (Ortiz, 2011)

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 14.27% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษา 14 วัน มีค่าเท่ากับ 16.63% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 16.90% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 13.95% จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 17.10% และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อรักษานาน 21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.89% และมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 17.14% (ภาพที่ 4ก)

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลง หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.39% จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลืองเพียง 0.30% ในวันที่ 28 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.10% เมื่อเก็บรักษา 7 วัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียง 0.24% ทั้งนี้ กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 4ข) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gayed *et al*. (2017) ที่ทดลองให้แคลเซียมคลอไรด์ ในระยะ pea stage ความเข้มข้น 1% 2% ในช่วง 10 วันก่อนเก็บเกี่ยว และการทดลองของ Karemera *et al*. (2013) ที่ทดลองให้

กรมวิชาการเกษตร

แคลเซียมคลอไรด์แก่มะม่วงพันธุ์ Mallika ที่ความเข้มข้น 0.5% 1% 1.5% พบว่า ทั้ง 2 การทดลองมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งการที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก ผัก และผลไม้ใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ ซึ่งกรดอินทรีย์เป็นสารตัวกลางที่สำคัญในวัฏจักร Krebs (จริงแท้, 2549) ทั้งนี้ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าการให้แคลเซียมโบรอนมีผลต่อการหายใจของผลิตผลหรือไม่ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

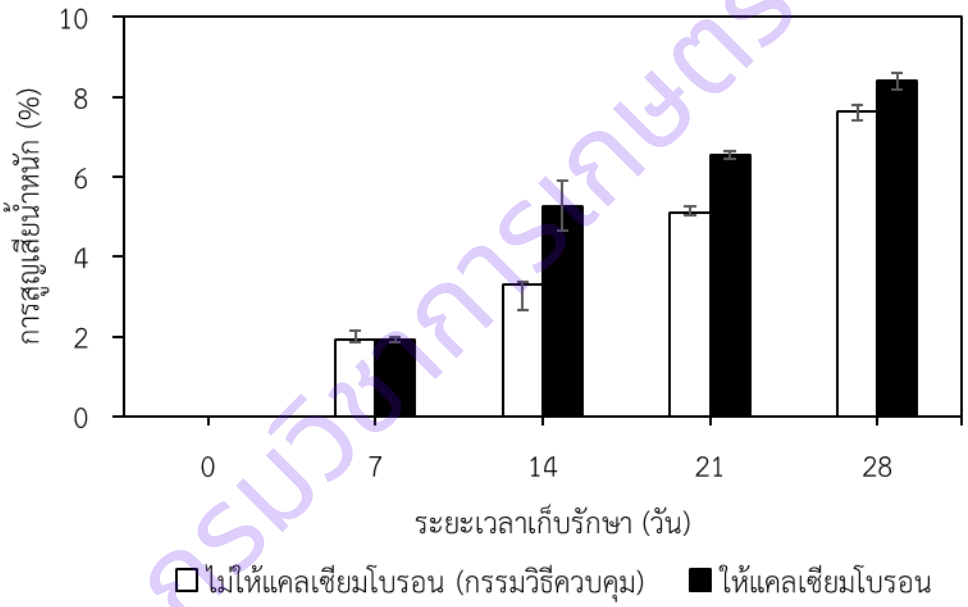
7. ปริมาณวิตามินซี

มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 42.69-42.86 mg/100 ml จากนั้น ปริมาณวิตามินซีมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 36.28-36.32 mg/100 ml (ภาพที่ 4ค)

กรมวิชาการเกษตร

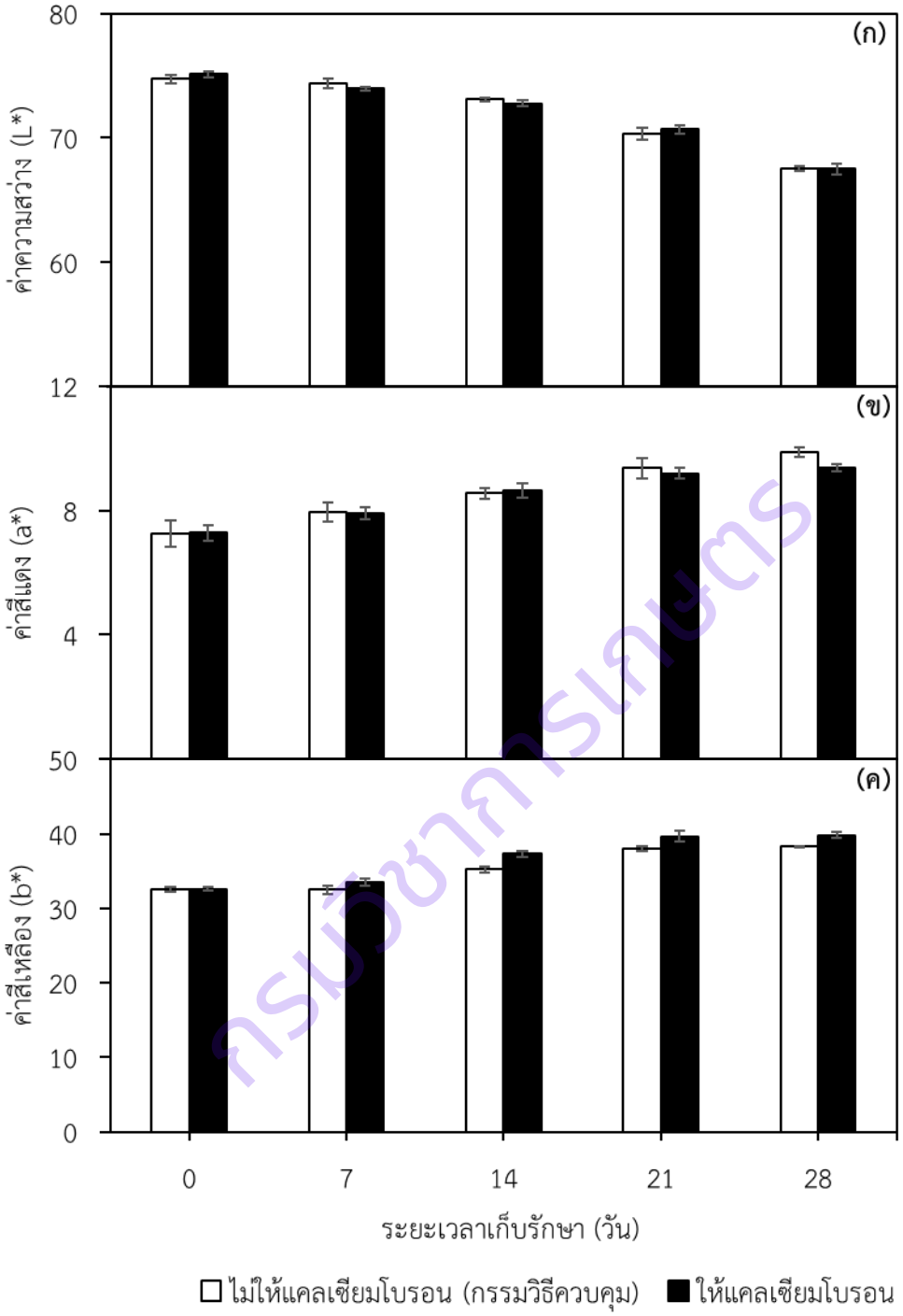
ตารางที่ 1 น้ำหนักผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับแคลเซียมโบรอนในระหว่างการพัฒนาการของผล จากแปลงของเกษตรกร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

กรรมวิธี	น้ำหนักผล (กรัม)
ไม่ให้แคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม)	338.86
ให้แคลเซียมโบรอน	356.58
T-Test	*
C.V.	23.45



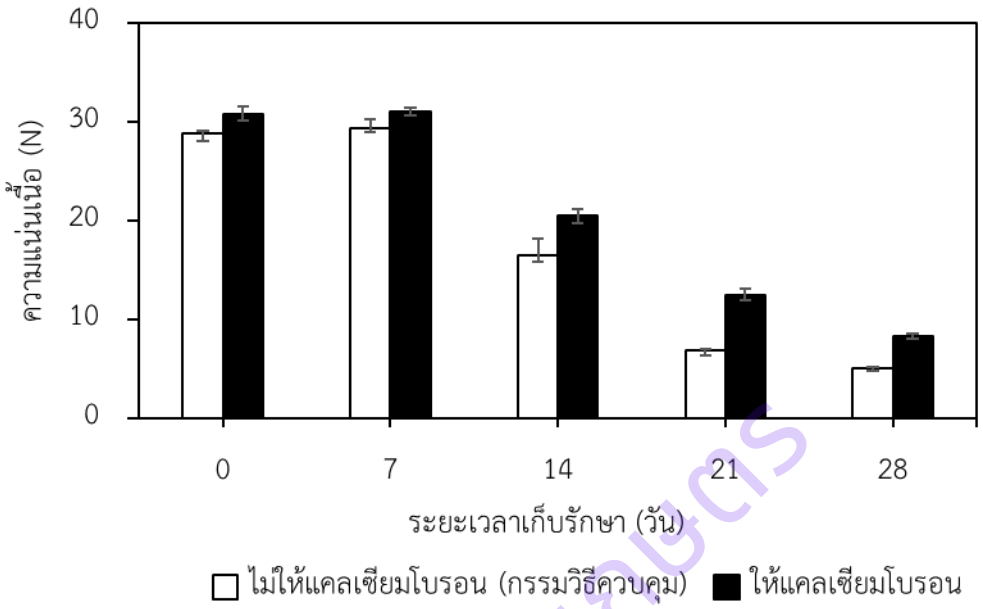
กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมโบรอนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน จากแปลงของเกษตรกร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์



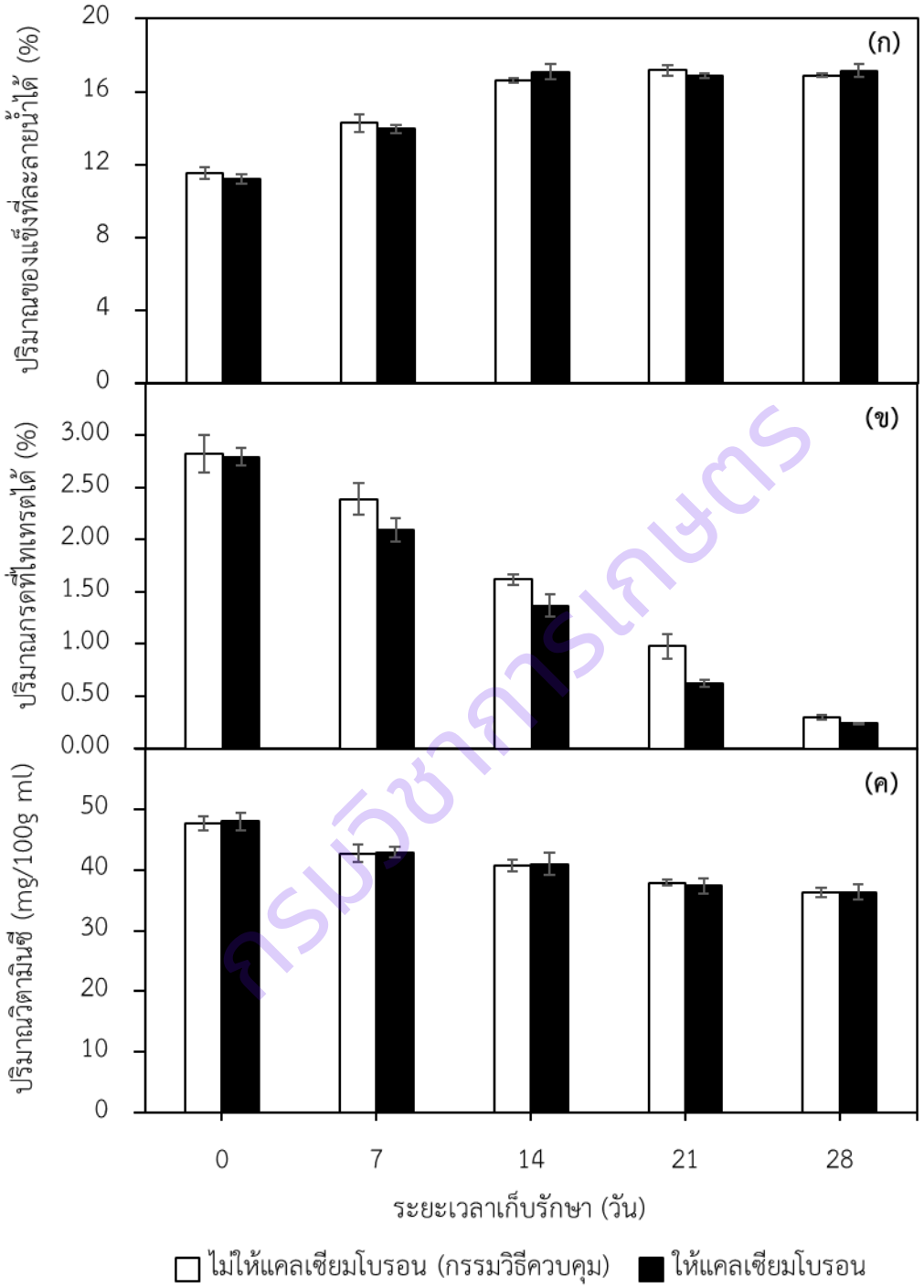
กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) (ก) ค่าสีแดง (a*) (ข) และค่าสีเหลือง (b*) (ค) ของผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมโบรอนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน จากแปลงของเกษตรกร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อของผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมโบรอนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน จากแปลงของเกษตรกร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ก) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ข) และปริมาณวิตามินซี (ค) ของผลของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมโบรอนในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน จากแปลงของเกษตรกร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

การทดสอบการให้แคลเซียมโบรอนแก่แปลงของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงส่งออก พบว่า การให้แคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% โดยฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30, 45 และ60 วันดอกบาน สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้แก่ผลมะม่วงได้ โดยมีผลต่อคุณภาพทางเคมีเพียงเล็กน้อย

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:

นำเทคโนโลยีที่ได้ไปขยายผลในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกและผู้ประกอบการส่งออกมะม่วงต่อไป

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี): ไม่มี

12. เอกสารอ้างอิง:

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. **รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช พืชอายุยาว(รต.02) จำแนกตามพืช/แมลงกลุ่ม ไม้ผล ชนิด มะม่วง พันธุ์ ทั้งหมดทั้งประเทศปี 2562**. แหล่งที่มา: https://production.doae.go.th/service/data-state-product/index, 15 กันยายน 2020.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการวายของพืช.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

วุฒิรัตน พัฒนิบูลย. 2561. ผลของการจุ่มแคลเซียมคลอไรดรวมกับการใช้ความเย็นเฉียบพลันหลังการเก็บเกี่ยวตอคุณภาพการเก็บรักษาผักคะน้าไฮโดรพอนิกส. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 49 (4) (พิเศษ): 227-230.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. **สถิติการส่งออก (Export)**. แหล่งที่มา: http://impexp.oae.go.th/service/export.php, 15 กันยายน 2020.

Abbott, J. A., Conway, W. S. and Sams, C. E. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)**.

Ayón-Reyna, L. E., López-Valenzuela, J. Á., Delgado-Vargas, F., López-López, M. E., Molina-Corral, F. J., Carrillo-López, A. and Vega-García, M. O. 2017. Effect of the Combination Hot Water-Calcium Chloride on the In Vitro Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and the Postharvest Quality of Infected Papaya. **The Plant Pathology Journal** 33(6): 572.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. **Top 20 Country, Export quantity of Mangoes, mangosteens, guavas**. Available Source: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports, September 15, 2020.

กรมวิชาการเกษตร

Gayed, A. A. N. A., Shaarawi, S. A. M. A., Elkhishen, M. A. and Elsherbini, N. R. M. 2017. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling'peach during cold storage. **Ciência e Agrotecnologia** 41(2): 220-231.

Gorny, J. R., Gil, M. I. and Kader, A. A. 1996. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. In International **Postharvest Science Conference Postharvest** 96 (464): 231-236.

Karemera, N. J. U., Mukunda, G. K., Ansar, H. and Taj, A. 2013. Effect of pre-harvest sprays of calcium chloride on post-harvest behavior in mango fruits (Mangifera indica L.) cv. Mallika. **Plant Arch** 13(2): 925-928.

Karemera, N. U. and Habimana, S. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride on post-harvest behavior of Mango fruits (Mangifera indica L.) cv. Alphonso. **Universal Journal of Agricultural Research** 2(3): 119-125.

King, A. D. and Bolin, H. R. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, 43(2): 132-135.

Madani, B., Mohamed, M. T. M., Watkins, C. B., Kadir, J., Awang, Y. and Shojaei, T. R. 2014. Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of Eksotika II'papaya fruits during cold storage. **Scientia Horticulturae** 171: 6-13.

Ortiz, A., Graell, J., Lara. I. 2011. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening 'Golden Reinders' apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. **Food Chemistry**. (128): 1072–1079.

Patel, A. H., Singh, V., Bhanderi, D. R. and Rathwa, A. D. 2018. Response of pre harvest chemicals spray and storage on shelf life of mango cv. Kesar. **International Journal of Science, Environment and Technology** 7(4): 1286–1290.

Ranjbar, S., Rahemi, M. and Ramezanian, A. 2018. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. **Scientia Horticulturae** 240: 57-64.

Shao, Y. Z., Zeng, J. K., Hong, T. A. N. G., Yi, Z. H. O. U. and Wen, L. I. 2019. The chemical treatments combined with antagonistic yeast control anthracnose and maintain the quality of postharvest mango fruit. **Journal of Integrative Agriculture** 18(5): 1159-1169.

กรมวิทยาศาสตร์

Singh, V., Pandey, G., Sarolia, D. K., Kaushik, R. A. and Gora, J. S. 2017. Influence of Pre-Harvest Application of Calcium on Shelf Life and Fruit Quality of Mango (Mangifera indica L.) Cultivars. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6(4): 1366-1372.

Wang, Y. and Long, L. E. 2015. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. **Food chemistry** 181: 241-247.

Youryon, P., Supapvanich, S., Kongtrakool, P. and Wongs-Aree, C. 2018. Calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations alleviate the internal browning of Queen pineapple in refrigerated storage. **Horticulture, Environment and Biotechnology** 59(2): 205-213.

กรมวิชาการเกษตร