

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-
1. แผนงานวิจัย : การจัดการคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของพีชสวนเศรษฐกิจ
 2. โครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว
กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Calcium Application for Maintaining Fruit Quality After Harvest
 4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นายภาณุมาศ โคตรพงศ์ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวทิวาพร ผดุง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
 5. บทคัดย่อ

การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์ โดยทำการคัดเลือกต้นมะม่วงที่ลักษณะทรงพุ่มและการติดผลที่สม่ำเสมอ โดยแบ่งออกเป็น 3 กรรมวิธีดังนี้ 1) มะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม) 2) กรรมวิธีที่มีการจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน 3) กรรมวิธีที่มีการจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการจัดการแคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวโดยการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน และตรวจวัดคุณภาพผลมะม่วงทุก 7 วัน พบว่า มะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลสูงกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ส่วนคุณภาพของผลมะม่วงด้านการสูญเสียน้ำหนักผลสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ของผลมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และชุดมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่ามะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% ก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแน่นเนื้อ และปริมาณเพคตินทั้งในเปลือกและเนื้อมะม่วงสูงกว่ามะม่วงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน 0.5% ร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว พบว่าคุณภาพของผลมะม่วงไม่มีแตกต่างกันกับชุดมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยว สำหรับการทดลองในชมพูโดยทำการคัดเลือกต้นชมพูที่ลักษณะทรงพุ่มและการติดผลที่

สม่ำเสมอ โดยแบ่งจำนวนต้นชมพูออกเป็น 3 กรรมวิธี เช่นเดียวกับการทดลองในมะม่วง ดังนี้ 1) ชมพูที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม) 2) กรรมวิธีที่มีการจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน 3) กรรมวิธีที่มีการจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการจัดการแคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวโดยการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน และตรวจวัดคุณภาพชมพูทุก 3 วัน พบว่าชมพูที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผล สูงกว่าชมพูที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ส่วนคุณภาพของผลชมพูด้านการเปลี่ยนแปลงสีผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ของผลชมพูที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และชุดชมพูที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่าชมพูที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% ก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแน่นเนื้อผลสูงกว่าชมพูในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที สามารถรักษาคุณภาพมะม่วงและชมพูได้นานขึ้นและมีคุณภาพดีจึงจะนำไปขยายผลสู่เกษตรกรต่อไป

Abstract

Calcium management for maintaining fruit quality by using Golden Nam Dok Mai mango and Java apple as fruit models. The mango trees, 3 treatments were applied as follows: 1) no calcium application (control) 2) applied 0.5% calcium boron at 30, 45 and 60 days after flowering 3) applied 0.5% calcium boron at 30, 45 and 60 days after flowering and dipping 2% of calcium chloride solution after harvest for 5 minutes, then storing at 13 C for 28 days and mango fruit quality every 7 days. It was found that the mangoes that received calcium application had higher than mangoes that did not calcium application. For fruit weight loss, skin color, soluble solid content, titratable acid content and vitamin C content of all mango fruits were no significant difference with the control set ($p> 0.05$). However mango that received 0.5% calcium boron before harvest with fruit firmness and pectin in both mango peel and flesh was significantly higher than the control mango ($p <0.05$) and the mango fed 0.5% calcium boron with 2% calcium chloride solution after harvest It was found that the quality of the mango fruits did not differ from the mango sets which calcium application before harvest. For the experiment in Java apple was done as in the mango experiment. The Java apple trees, 3 treatments were applied as follows: 1) no calcium application (control) 2) applied 0.5% calcium boron at 30, 45 and 60 days after flowering 3) applied 0.5% calcium boron at 30, 45 and 60 days after flowering and dipping 2% of calcium chloride solution after harvest for 5 minutes,

then storing at 13 C for 15 days and Java apple fruit quality every 3 days. It was found that the Java apples that were applied with calcium had higher than mangoes that did not calcium application. For fruit weight loss and quality such as skin color, soluble solid content, titratable acid content and vitamin C content of all Java apples fruits were no significant difference with the control set ($p > 0.05$). However Java apple that received 0.5% calcium boron with fruit firmness in both Java apple were significantly higher than the control ($p < 0.05$) and 0.5% calcium boron with 2% calcium chloride solution after harvest It was found that the quality of the Java apple fruits did not differ from the mango sets which calcium application before harvest. From this experiment, Calcium application by spraying of 0.5% calcium boron pre harvest treatment and 2% calcium chloride solution for 5 minutes of postharvest treatment can maintain mango and Java apple quality and with good quality for applying to farmers.

6. คำนำ

การใช้แคลเซียมในการรักษาคุณภาพผลผลิต ซึ่งแคลเซียมเป็นธาตุอาหารในกลุ่มธาตุที่พืชต้องการมาก (macro nutrient) พบว่า มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ในการเชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง (structural rigidity) ในระหว่างการสร้างผนังเซลล์จะมีสารที่เรียกว่า acidic pectin residues เช่น กรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ขับออกมาในรูปของเมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) หลังจากนั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการสลายพันธะเอสเทอร์ (de-esterification) จากการกระตุ้นของเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase enzyme; PME) ทำให้กลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group; COOH) ของ pectin ไปจับกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg box model ส่งผลให้ผนังเซลล์ที่มีแคลเซียมไอออนแข็งแรงขึ้น ส่วนผนังเซลล์ที่ขาดแคลเซียมไอออนก็จะอ่อนแอ สารละลายต่างๆ รั่วไหลและสูญเสียออกจากเซลล์ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อบริเวณนั้นสูญเสียรูปทรงและเสื่อมสลายไป (Kirby and Pilbeam, 1984; Poovaiah and Reddy, 1993)

การฉีดพ่นแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นอีกหนึ่งวิธีปฏิบัติที่มีความสำคัญในการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (integrated fruit production systems) ช่วยให้ผลไม้มีความต้านทานต่อโรคราสน้ำตาล (brown rot) และลดการเข้าทำลายของเชื้อราในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (Conway *et al.*, 1994) การพ่น แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลไม้ โดยแคลเซียมจะแทรกซึมผ่านชั้นอีพิดERMิส (epidermis) ของผิวผลไม้เข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ ดังนั้นการพ่น แคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผลได้ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การให้แคลเซียมสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผลแก้วมังกรและพีชได้ (Ghani *et al.*, 2011; Elmer *et al.*, 2007) การฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ให้กับบองุ่นและสตอเบอรี่ในระยะก่อนเก็บเกี่ยวสามารถลดการเน่า (rotting) ของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Nigro *et al.*, 2006; Wojcik and Lewandowski, 2003) อาการผิดปกติทางสรีรวิทยา (physiological disorder) เช่น อาการจ้ำสีน้ำตาล (bitter pit) ในแอปเปิ้ล อาการไส้จุด (cork spot) ในแพร์ ซึ่งการพ่นแคลเซียมให้กับพืชสามารถช่วยลดการเกิดอาการดังกล่าวได้ (Kader, 2002) ส่วนอาการกันผลเน่าในแครอทมีสาเหตุมาจากการขาดแคลเซียมเช่นเดียวกัน ในผลแครอทที่กำลังพัฒนาปริมาณแคลเซียมในผลจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงจุดสูงสุดเมื่อผลแก่เต็มที่ ในระยะก่อนผลสุกปริมาณแคลเซียมในผลจะเริ่มลดลงพร้อมกับแคลเซียมในผนังเซลล์เริ่มแปรสภาพจากที่เคยเกาะกันเหนียวแน่นกลายเป็นสารที่ละลายน้ำได้และความเข้มข้นของเอทิลีนในเนื้อผลจะเพิ่มขึ้น หากมีการฉีดพ่นสารละลายเกลือแคลเซียมขณะที่ผลกำลังพัฒนาหรือฉีดพ่นด้วยสารแคลเซียมคลอไรด์หลังจากเก็บเกี่ยว จะช่วยให้เนื้อของผลแน่นขึ้นหรือยืดเวลาการสุกออกไป (ยงยุทธ, 2543) แคลเซียมคลอไรด์เป็น

รูปแบบของแคลเซียมที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในขณะที่แคลเซียมคีเลต (calcium chelate) ก็เป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับ การส่งเสริมเพราะมีประสิทธิภาพในการดูดซึมสูง (Lester and Grusak, 2004) ในการทดลองพ่นสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคีเลต (calcium chelate) ให้กับผลพีชที่ระยะ 6 และ 10 สัปดาห์ ก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า ปริมาณแคลเซียมในเปลือกและเนื้อผลก่อนเพิ่มขึ้น 25-42 เปอร์เซ็นต์ และ 11-17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของแคลเซียมในผนังเซลล์มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble pectin fraction) และสามารถลดการเกิดอาการจ้ำสีน้ำตาลในผลพีชได้ ภายหลังจากเก็บเกี่ยวพีช พบว่า แคลเซียมใน เปลือกมีปริมาณมากกว่าเนื้อผล แต่ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณแคลเซียมในเปลือกจะลดลงและปริมาณ แคลเซียมในเนื้อผลจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายแคลเซียมจากเปลือกไปสู่เนื้อผล (Manganaris *et al.*, 2005) จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การพ่นแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในผลพีชซึ่งมี ความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความแน่นเนื้อผลภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การฉีดพ่น แคลเซียมคลอไรด์กับมะละกอระหว่างการพัฒนาของผล จำนวน 6 ครั้งก่อนการเก็บเกี่ยวที่ระดับความเข้มข้น 1.5- 2.0% สามารถชะลอการเกิดโรคแอนแทรกคโนสในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Madani *et al.*, 2014) การสุกของ ผลไม่มีผลต่อการอ่อนนุ่มของผนังเซลล์ซึ่งเกิดเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคโตเนสและเอนไซม์ เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase; PME) จะถูกสังเคราะห์ขึ้นระหว่างกระบวนการสุก (Hadfield and Bennett, 1998; Micheli, 2001) ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้มักเกิดการเปลี่ยนแปลงทาง กายภาพและชีวเคมีซึ่งส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตจึงมีความพยายามที่จะยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตโดยชะลอการ เสื่อมสภาพของผนังเซลล์ (Brummell *et al.*, 2004) หากเกิดอาการขาดแคลเซียม กิจกรรมของเอนไซม์โพลีกา แลคโตเนส (polygalacturonase enzyme; PG) และเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methyl esterase; PME) ในผลจะเพิ่มสูงขึ้นทำให้ผนังเซลล์สูญเสียความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร (Deytieu-Belleau *et al.*, 2008) จากการทดลองเก็บรักษาแอปเปิ้ล พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาแอป เปิ้ลเพิ่มขึ้น ปริมาณแคลเซียมในผนังเซลล์ก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะเกิดการเคลื่อนย้ายและการกระจาย ตัวของแคลเซียมที่ละลายได้ในผนังเซลล์ (Chardonnet *et al.*, 2003) การแช่ผลแอปเปิ้ลในสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ภายใต้สภาพสุญญากาศ (vacuum infiltration) สามารถเก็บแอปเปิ้ลได้นานขึ้นและยังมึ ความแน่นเนื้อมากกว่าแอปเปิ้ลที่ไม่ได้แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Fallahi *et al.*, 2010) การพ่น แคลเซียมช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตและลดการหลุดร่วงของผลมะม่วง มีส่วนช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตโดยเพิ่มความ แน่นเนื้อผลและป้องกันการสลายตัวของชั้นมิดเดิลลามেলা (middle lamella) การให้แคลเซียมไนเตรท (CaNO_3) และแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 0.6-2.0 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการสุกแก่ ลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (Bender, 1998) ในขณะทำการทดลองพ่นแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ในมะม่วงพันธุ์ Alphonso ที่ระยะ 30 และ 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 30 วันก่อนเก็บเกี่ยว สามารถชะลอการสุกแก่ได้ 19.22 วัน และมีอายุการเก็บรักษานาน 24.33 วัน ส่วนการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 15 วันก่อนเก็บเกี่ยว ชะลอการสุกแก่ได้นาน 18.44 วัน ขณะที่มะม่วงพันธุ์ Alphonso ที่ไม่ได้รับการพ่นสารสุก ภายใน 14.77 วัน และเก็บรักษาได้เพียง 18.89 วัน จากการทดลองของ Karemera and Habimana (2014) พบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ในระยะที่ผลกำลังพัฒนาสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของมะม่วงได้ เนื่องจาก แคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสร้างและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องซึ่งน่าจะ มีส่วนช่วยลดการหลุดร่วงของผลและแคลเซียมยังช่วยป้องกันการสลายตัวมิดเดิลลามেলা (middle lamella) (Wahdan *et al.*, 2011) การเพิ่มความเข้มข้นของเกลือแคลเซียม (calcium salt) สามารถช่วยชะลอการสุกแก่ ของมะม่วงได้แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นสูงเกินไปจะชักนำให้ผิวผลเหี่ยว ทำให้กลิ่นและรสของมะม่วงเปลี่ยนแปลงไป Gofure *et al.* (1997) จะเห็นได้ว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพและอายุ การเก็บรักษาผลไม้ มะม่วงที่มีปริมาณแคลเซียมในผลต่ำจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นและมักเกิดอาการผิดปกติทาง สรีรวิทยา (physiological disorder) นอกจากนี้การจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.2-2.0% ร่วมกับการลดอุณหภูมิ (hydro-cooling) ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีกับเชอร์รี่หวาน (*Prunus avium* L.) พันธุ์ Sweetheart และ Lapins สามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเนื้อผลและลดอัตราการหายใจ

(respiration rate) การสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid degradation) การเสื่อมสลายของเยื่อหุ้มไขมัน (membrane lipid peroxidation) ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics content) และปริมาณสารแอนติออกซิแดนต์ทั้งหมด (total antioxidant capacity) เพิ่มขึ้น (Wang *et al.*, 2014) ผลที่ไม่ได้รับแคลเซียมจะมีปริมาณเพคตินละลายได้มากกว่าผลที่ได้รับแคลเซียม (Wang and Long, 2015) จากการทดลองของรัฐพล และพีระศักดิ์ (2555) ได้ศึกษาการใช้สารละลายแคลเซียม-โบรอน (Ca-B) ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกโดยพบว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมไนเตรต $[Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O]$ จำนวน 2 ครั้ง ในช่วง 60 และ 90 วันหลังดอกบาน สามารถยืดอายุมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้นานถึง 24 วัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส การจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2 % นาน 5 นาทีที่บ่มมะม่วง สามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อ ลดกิจกรรมของเอนไซม์ pectinmethylesterase และ polygalacturonase ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อ และมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูง (จารุวรรณ, 2545) การทดลองของนกน้อย (2545) ได้ศึกษาการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่ออายุการเก็บรักษาผล Netted Melon พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4 % นาน 5 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผล Netted Melon ได้ดีที่สุด

วัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาการให้ธาตุอาหารแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในผลไม้ทั้งสองชนิด เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์ของผล ลดการสูญเสียของผลผลิตระหว่างการขนส่งและเก็บรักษาเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับสินค้าที่มีคุณภาพ และเพื่อพัฒนาศักยภาพในการส่งออกผลไม้ไทยสู่ตลาดต่างประเทศมากยิ่งขึ้น

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง
2. ชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์
3. แคลเซียม โบรอน (CaB)
4. แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)
5. สารจับใบ
6. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Texture analyzer)
7. เครื่องวัดสี (Color reader)
8. เครื่องวัดปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Digital titration)
9. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital refractometer)
10. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
11. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Data logger)
12. กล้องกระดาดาลูกฟูก
13. ตะกร้าพลาสติก
14. ถังพลาสติก
15. รถยนต์ควบคุมอุณหภูมิ
16. ห้องควบคุมอุณหภูมิต่ำ (Room cooling)
17. สารควบคุมกำจัดศัตรูพืชและโรคพืช

- วิธีการ

ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย ได้แก่

การทดลองย่อยที่ 1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP ที่การปลูกเพื่อการส่งออก จำนวน 150 ต้น ในพื้นที่ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออก

1.2 ศึกษาการจัดการแคลเซียมในการรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อจำลองสภาพการส่งออก

มี 3 กรรมวิธีฯ 10 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน

กรรมวิธีที่ 3 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการจัดการแคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวโดยการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที

1.3 นำผลิตผลในแต่ละกรรมวิธีไปจำลองสภาพการส่งออกโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสนาน 28 วัน

- การบันทึกผลการทดลอง

วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางกายภาพ

การสูญเสียน้ำหนักผลสด ทำการชั่งน้ำหนักผลมะม่วงสดในทุกๆ วันที่ทำการตรวจวัดคุณภาพและนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ (1) รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักผลสด

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักผลสด} = \frac{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักผลสดวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก ของผลมะม่วงขนาดเริ่มต้น ด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOTA., รุ่น CR-10, Japan) ด้วยระบบ Lab (C.I.E.) โดยที่ L^* คือค่าความสว่าง a^* คือค่าสีแดง b^* คือค่าสีเหลือง

ความแน่นเนื้อ ทำการวัดความแน่นเนื้อของผลมะม่วงโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) กำหนดแรงกด 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 10 มิลลิเมตร กดลงกลางผลมะม่วง โดยวัดผ่านเปลือกใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร และวัดความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร รายงานผลเป็นหน่วยนิวตัน (N)

วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางเคมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) นำน้ำคั้นมะม่วงมาตรวจวัดด้วยเครื่อง Digital refractometer (ATAGO PR-101, Japan) รายงานผลเป็น %

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยใช้น้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ phenolphthalein 1% เป็นตัว indicator โดยมีจุดยุติที่ pH 8.2 น้ำคั้นจะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่างมาคำนวณ ในสมการที่ 2 รายงานหน่วย %TA

$$\% \text{ TA} = \frac{\text{vol. NaOH} \times \text{con. NaOH} \times \text{meq. Acid}}{\text{กำหนดให้ค่า}} \quad (2)$$

$$\text{Meq. Wt of citric acid} = \frac{\text{Vol. sample}}{0.064}$$

Vol NaOH = ปริมาตรสาร NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

Con. NaOH = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH

Vol. Sample = ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)

ปริมาณวิตามินซี โดยใช้น้ำคั้นมะม่วง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution (สารละลาย 2,6 - dichlorophenolindophenol: DCPIP) สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมม่วง คำนวณหาปริมาณกรดแอสคลอบิก โดยการนำกรด ascorbic 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรด Oxalic 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย dye solution เช่นเดียวกัน คำนวณในสมการที่ 3 รายงานในหน่วย mg Ascorbic acid/100 ml juice (AOAC, 2000)

$$\text{Ascorbic acid} = (A / B) \times 100 \quad (3)$$

กำหนดให้ค่า

A = ปริมาณของสาร dye solution ที่ใช้กับน้ำคั้น

B = ปริมาตรของสาร dye solution ที่ใช้กับสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid)

ปริมาณเพคติน

นำตัวอย่าง 35 g พร้อมใส่สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 % ปริมาตร 150 ml ปั่นเป็นเวลา 2 นาที กรองด้วย Whatman No.1 ซะล้างด้วยเอทานอล 70 % ปริมาตร 75 ml จากนั้นล้าง acetone 100 ml นำของแข็งส่วนที่กรองไปอบในตู้ Temp 40 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก AIS นำไปวิเคราะห์ปริมาณเพคตินดัดแปลงตามวิธีของ Blomerikrantz and Asboe-tlansen (1973) Ahmed and Labavitch (1977)

นำตัวอย่าง AIS 0.01 g ผสมกรดซัลฟิวริก 4 ml (ระหว่างผสมต้องหล่อเย็นหลอดทดลอง) ค่อยๆผสมจน 5 นาที ค่อยๆเติมน้ำกลั่น 1 ml กวนผสม 5 นาที กรองด้วย Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml (จะได้สารละลายที่นำไปวิเคราะห์เพคติน) โดยเก็บสารละลายใส่ในตู้เย็น 5 °C ใช้สารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ 0.8 ml (หรือ 800 µl) ผสมสารละลายโซเดียมเตตระโบรเมต 0.0125 M ปริมาตร 4.8 ml (โดยการหล่อเย็น) จากนั้นนำไป Vortex และต้มที่ 95 °C เป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นแล้วเติมสารละลายเมตะไฮดรอกซีไดฟีนิลเข้มข้น 0.15 % ปริมาตร 80 µl และ Vortex ทิ้งไว้ 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm

การทดลองย่อยที่ 2 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพชมพูหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 คัดเลือกต้นชมพูพันธุ์ทับทิมจันทร์ อายุ 3 ปี จากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP ที่การปลูกเพื่อการส่งออก จำนวน 150 ต้น ในพื้นที่ปลูกชมพูมะม่วงเพื่อการส่งออก

1.2 ศึกษาการจัดการแคลเซียมในการรักษาคุณภาพชมพูหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อจำลองสภาพการส่งออก

มี 3 กรรมวิธีๆ 10 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชมพูที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน

กรรมวิธีที่ 3 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวร่วมกับการจัดการแคลเซียมหลังการเก็บเกี่ยวโดยการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที

1.3 นำผลผลิตในแต่ละกรรมวิธีไปจำลองสภาพการส่งออกโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสนาน 15 วัน

- การบันทึกผลการทดลอง

1. วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางกายภาพ ทุก 3วัน

- 1.1 การสูญเสียน้ำหนักผลสด เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1
- 1.2 การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1
- 1.3 ความแน่นเนื้อ เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1

2. วิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางเคมี ทุก 3 วัน

- 2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1
- 2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงปลูกชมพูในพื้นที่จังหวัดนครปฐม
2. อาคารปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
3. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2558 - กันยายน 2562

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองย่อยที่ 1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

1. น้ำหนักผลสด

จากการชั่งน้ำหนักผลสดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ทำการเก็บเกี่ยวมาเบื้องต้น พบว่า มะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียม (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักผลสดเฉลี่ยที่ 347.61 กรัม เมื่อเทียบมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน 0.5% (384.18 กรัม) และ มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% (402.99 กรัม) สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Fruit weight of mango with calcium application at maturity stage.

Treatment	Fruit weight (g)
no calcium application (control)	347.61b
Pre harvest 0.5% CaB	384.18a
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	402.99a
F-test	*
CV	13.34

2. การสูญเสียน้ำหนักผลสด

จากการตรวจวัดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่า ในช่วง 7 วันหลังทำการเก็บรักษามะม่วงในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 2 % และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เท่ากับ 6.9 % ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษามะม่วง เนื่องจากมะม่วงยังมีชีวิตและมีการคายน้ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน 0.5% และมะม่วงที่ผ่านการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนร่วมกับการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักผลสดในช่วง 21 วันที่ทำการเก็บรักษาที่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม แต่กลับพบว่าในวันที่ 28 มีการสูญเสียน้ำหนักผลสดสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย (Table 2)

3. การเปลี่ยนแปลงสีผิว

ค่าความสว่างที่ตรวจวัดได้จากผิวเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้พบว่า วันแรกของการเก็บรักษามะม่วงในชุดควบคุมมีค่าความสว่างของผิวเปลือกประมาณ 76 เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ค่าความสว่างลดลงเหลือ 70 และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ผ่านกรรมวิธีฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน 0.5% และมะม่วงที่ผ่านกรรมวิธีฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนรวม 0.5% กับการจุ่มแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีความแตกต่างกันระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษาตั้งแต่ 14 วัน พบว่า มีค่าความสว่างของสีผิวผลลดลงเล็กน้อย (Table 3)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยวัดค่า a^* ซึ่งอ่านค่าสีแดง พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีแดงชุดควบคุมมีค่าประมาณ 4.18 ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ผลที่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม และเมื่อเก็บรักษานานถึง 28 วันพบว่าชุดควบคุมมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นกับเท่ากับ 7.19 เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนพบว่า ให้ค่าสีแดง (a^*) ต่ำกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย (Table 4)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยทำการวัดค่า b^* (สีเหลือง) พบว่าชุดควบคุมมีค่าประมาณ 32 เมื่อเทียบกับมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นกลับพบว่า ชุดมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และมะม่วงชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีค่าสีเหลืองมากขึ้นสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย (Table 5)

Table 2 Weight loss of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life				
	7	14	21	28	Mean
no calcium application (control)	1.871	2.890	5.162	5.898	3.956 ^b
Pre harvest 0.5% CaB	1.928	3.462	5.188	7.036	4.404 ^{ab}
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	1.918	3.758	5.658	7.718	4.763 ^a
Mean	1.906 ^d	3.370 ^c	5.336 ^b	6.884 ^a	
F-test		CV			
Treatments (A)	*	Treatments (A)			13.16
Storage life (B)	**	Storage life (B)			11.87
(A)X(B)	ns	(A)X(B)			11.87

Table 3 Lightness of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					
	0	7	14	21	28	Mean
no calcium application (control)	76.425	76.298	75.508	73.890	71.450	74.714
Pre harvest 0.5% CaB	75.978	75.858	74.920	72.375	70.843	73.995
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	76.838	76.143	74.950	72.018	70.710	74.132
Mean	76.414 ^a	76.099 ^a	75.126 ^b	72.761 ^c	71.001 ^d	
F-test			CV			
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		1.86	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		1.22	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		1.22	

Table 4 Red value of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					
	0	7	14	21	28	Mean
no calcium application (control)	5.425	4.950	5.250	5.600	7.200	5.685
Pre harvest 0.5% CaB	4.225	4.775	5.225	6.700	7.625	5.710
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	4.050	4.675	4.625	6.500	7.050	5.380
Mean	4.567 ^c	4.800 ^c	5.033 ^c	6.267 ^b	7.292 ^a	
F-test			CV			
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		18.35	

Storage life (B)	**	Storage life (B)	14.07
(A)X(B)	ns	(A)X(B)	14.07

Table 5 Yellowness of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium application (control)	33.675	33.668	34.818	38.143	40.115	36.084
Pre harvest 0.5% CaB	32.963	34.570	35.298	39.086	41.493	36.682
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	32.613	31.683	34.908	38.760	41.233	35.839
Mean	33.083 ^d	33.307 ^d	35.008 ^c	38.663 ^b	40.947 ^a	
F-test	CV					
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		5.63	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		5.49	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		5.49	

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ตรวจวัดพบว่า ในวันแรกที่ทำการศึกษามะม่วงในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำประมาณ 8% และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เท่ากับ 16% (28 วัน) เนื่องจากมะม่วงเริ่มมีการพัฒนากระบวนการสุกจึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุลินทรีย์ละลายแคลเซียมคลอไรด์พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมทางสถิติ (Table 6)

5. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่พบในมะม่วงชุดควบคุมเท่ากับ 2.33% (วันแรก) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนเท่ากับ 0.26% หลังการเก็บรักษานาน 28 วัน เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเริ่มมีการพัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุกทำให้ปริมาณความเป็นกรดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ผ่านการ

ฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน และมะม่วงที่ผ่านการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พบว่ามีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 7)

6. ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจวัดได้ในมะม่วงชุดควบคุมเริ่มต้นเท่ากับ 32.3 mg ascorbic/100 ml (Day 0) และจะค่อยลดลงเรื่อย ๆ จนเท่ากับ 28.46 mg ascorbic/100 ml ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน และมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน และจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณวิตามินซีที่ไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 8)

จากผลการทดลองการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน 0.5% ก่อนการเก็บเกี่ยวและมะม่วงที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้กับผลมะม่วงพบว่าไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักผลสด การเปลี่ยนแปลงสีผิวอย่างชัดเจน และเนื่องจากมะม่วงเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จึงเพิ่มขึ้น โดยเปลี่ยนจากแป้งที่สะสมไว้กลายเป็นน้ำตาล ทำให้มะม่วงมีรสชาติหวานขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ซึ่งมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณกรดจึงลดลง รสเปรี้ยวอ่อนลง ปริมาณวิตามินซีค่อยๆ ลดลงตามกระบวนการเสื่อมสภาพในผลมะม่วง เนื่องจากมะม่วงเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ไม่ต่างกับชุดควบคุม (ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน)

7. ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อผล

ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงที่ตรวจวัดโดยวัดผ่านเปลือกพบว่า ในวันแรกชุดควบคุมใช้แรงในการกดเท่ากับ 25.33 นิวตัน และพบว่าชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน เท่ากับ 28.60 นิวตัน และชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ร่วมกับการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 28.47 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงในทุกกรรมวิธีลดลงเรื่อยๆ จนเท่ากับ 4.28 6.23 และ 6.45 นิวตัน ในชุดควบคุม ชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ตามลำดับ (Table 9)

Table 6 Total soluble solid content of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium application (control)	9.500	10.550	14.975	16.000	16.425	13.490

Pre harvest 0.5% CaB	8.825	10.900	15.150	15.875	15.275	13.205
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	8.325	10.475	15.025	15.900	14.900	12.925
Mean	8.883 ^d	10.642 ^c	15.050 ^b	15.925 ^a	15.533 ^{ab}	
F-test			CV			
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		5.35	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		4.94	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		4.94	

Table 7 Titratable acidity content of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium application (control)	2.330	2.300	1.470	0.530	0.260	1.378
Pre harvest 0.5% CaB	2.510	2.208	1.363	0.475	0.233	1.358
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	2.460	2.165	1.345	0.578	0.243	1.358
Mean	2.433 ^a	2.224 ^b	1.393 ^c	0.528 ^d	0.245 ^e	
F-test			CV			
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		12.05	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		10.68	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		10.68	

Table 8 Ascorbic acid content of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					
	0	7	14	21	28	Mean
no calcium application (control)	32.300	34.915	30.963	24.380	28.458	30.203 ^a
Pre harvest 0.5% CaB	31.740	35.333	29.678	24.930	27.373	29.811 ^a
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	28.650	33.198	25.948	24.865	27.578	28.048 ^b
Mean	30.897 ^b	34.482 ^a	28.863 ^c	24.725 ^d	27.803 ^c	
F-test			CV			
Treatments (A)	*		Treatments (A)			6.30
Storage life (B)	**		Storage life (B)			8.07
(A)X(B)	ns		(A)X(B)			8.07

Table 9 Peel Firmness of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					
	0	7	14	21	28	Mean
no calcium application (control)	24.880	26.563	22.475	8.340	4.280	17.308
Pre harvest 0.5% CaB	25.800	24.390	21.838	6.538	4.230	16.559
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	26.479	25.269	18.535	7.171	4.452	16.381
Mean	25.720 ^a	25.407 ^a	20.949 ^b	7.350 ^c	4.321 ^d	
F-test			CV			

Treatments (A)	ns	Treatments (A)	8.27
Storage life (B)	**	Storage life (B)	10.48
(A)X(B)	ns	(A)X(B)	10.48

ความแน่นเนื้อของมะม่วงชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 60.14 55.65 10.53 3.16 และ 1.78 นิวตัน ในวันแรก วันที่ 7 14 21 และ 28 วันการเก็บรักษา และชุดที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนมีค่าความแน่นเนื้อในวันแรก เท่ากับ 65.53 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุลินทรีย์ละลายแคลเซียมคลอไรด์ (65.81 นิวตัน) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและค่อยลดลงประมาณ 7 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงนานขึ้น (Table 10)

Table 10 Pulp firmness of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium application (control)	59.684 a	63.620 a	23.323 b	3.163 c	1.920 c	30.342
Pre harvest 0.5% CaB	61.638 a	56.810 a	9.415 b	2.582 b	1.827 b	26.454
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	65.815 a	61.053 a	10.085 b	2.777 bc	1.936 c	28.333
Mean	62.379	60.494	14.275	2.841	1.894	
F-test	CV					
Treatments (A)	ns	Treatments (A)			17.64	
Storage life (B)	**	Storage life (B)			18.96	
(A)X(B)	*	(A)X(B)			18.96	

8. ปริมาณเพคติน

ปริมาณเพคตินที่ตรวจวัดได้ในเปลือก พบว่า ในมะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณเพคตินเท่ากับ 4355 µg/mg และลดลงเรื่อยเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นเหลือเพียง 1479 µg/mg (28 วัน) และมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียม

โบรอนและมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณเพคตินประมาณ 5000 µg/mg และค่อยๆลดลงเหลือประมาณ 1900 µg/mg และเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติพบว่าชุดที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนมีปริมาณเพคตินในเปลือกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 11) ปริมาณเพคตินในเนื้อมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณเพคตินเท่ากับ 3987 µg/mg ในวันแรกสูงกว่า มะม่วงชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยว (3762 µg/mg) รองลงมาคือชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3018 µg/mg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณเพคตินในเนื้อมะม่วงลดลงอย่างต่อเนื่อง (Table 12)

Table 11 Pectin content in peel of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium application (control)	5,355.47	2,235.94	2,612.50	1,403.91	1,578.13	2,637.19
Pre harvest 0.5% CaB	4,812.50	5,442.97	1,546.09	2,089.84	1,778.91	3,134.06
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	4,419.53	2,856.26	1,815.63	2,024.22	1,707.81	2,564.69
Mean	4,862.50 ^a	3,511.72 ^b	1,991.41 ^c	1,839.32 ^c	1,688.28 ^c	
F-test	CV					
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		46.10	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		57.26	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		57.26	

Table 12 Pectin content in pulp of Mango stored at 13 °C for 28 days.

Treatment	Storage life					Mean
	0	7	14	21	28	
no calcium	3,018.75	2,146.88	1,487.50	4,553.13	1,586.72	2,558.60

application (control)						
Pre harvest 0.5% CaB	4,774.22	2,342.19	1,456.25	4,705.47	1,588.28	2,973.28
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	3,682.81	2,267.19	1,582.82	4,817.97	1,452.34	2,760.63
Mean	3,825.26 ^b	2,252.09 ^c	1,508.86	4,692.19 ^a	1,542.45 ^c	
F-test			CV			
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		28.24	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		33.72	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		33.72	

มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนก่อนการเก็บเกี่ยวมีค่าความแน่นเนื้อและปริมาณเพคตินสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าแคลเซียมไปมีส่วนช่วยในเรื่องของโครงสร้างเพคตินให้แข็งแรงมากขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงกดจากเครื่องวัดความแน่นเนื้อมะม่วงมากกว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับที่ ยงยุทธ (2543) ได้เขียนรายงานไว้ว่าการฉีดพ่นสารละลายเกลือแคลเซียมขณะที่ผลกำลังพัฒนาหรือฉีดพ่นด้วยสารแคลเซียมคลอไรด์หลังจากเก็บเกี่ยวจะช่วยให้น้ำของผลแน่นขึ้น และปริมาณเพคตินที่พบในเปลือกสูงกว่าในเนื้อมะม่วง และลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างที่ทำการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองของ Mangararis (2005) ที่พบว่า แคลเซียมในเปลือกมีปริมาณมากกว่าเนื้อผลพืช แต่ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณแคลเซียมในเปลือกจะลดลงและปริมาณแคลเซียมในเนื้อผลจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเคลื่อนย้ายแคลเซียมจากเปลือกไปสู่เนื้อผล

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน 0.5% ร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันกับมะม่วงที่ได้รับแคลเซียม โบรอน ก่อนการเก็บเกี่ยวเพียงอย่างเดียว แคลเซียมคลอไรด์ที่มะม่วงได้รับอาจจะไม่มีส่วนช่วยในเรื่องคุณภาพของผลเท่าไรนัก เนื่องจากทำการให้สารแคลเซียมคลอไรด์ให้กับมะม่วงเข้าสู่ระยะที่พัฒนาของผลเต็มที่แล้ว ซึ่งแคลเซียมจะสะสมที่ผลในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเท่านั้น (Faust, 1989) ในการทดลองของ Karemera and Habimana (2014) พบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ในระยะที่ผลกำลังพัฒนาสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของมะม่วงได้ เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อการสร้างและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยลดการหลุดร่วงของผลและแคลเซียมยังช่วยป้องกันการสลายตัวมิดเดิลลามেলা (middle lamella) (Wahdan *et al.*, 2011) และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจจะมีความเข้มข้นน้อยน้อยเกินไป

เนื่องจากในการทดลองของนกน้อย (2545) ได้ศึกษาการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่ออายุการเก็บรักษาผล Netted Melon พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4 % นาน 5 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของผล Netted Melon ได้ดี

จากผลการทดลองนี้เป็นแนวทางให้เห็นว่า การฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% สามารถที่จะช่วยพัฒนาให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้มีคุณภาพดีขึ้น ส่งผลให้มะม่วงมีความแน่นเนื้อและปริมาณพดตินที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่ในคุณภาพโดยรวมเช่น การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าสี ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี ยังไม่เห็นผลที่ชัดเจนมากนัก ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปใช้ในการพัฒนาวิธีการจัดการมะม่วงเพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

การทดลองย่อยที่ 2 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพชมพูหลังการเก็บเกี่ยว

1. น้ำหนักผลสด

จากการชั่งน้ำหนักผลชมพู พบว่า ชมพูที่ไม่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียม (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักผลเฉลี่ยที่ 128.1 กรัม เมื่อเทียบมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน 0.5% (136.2 กรัม) และ มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับจุลสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% (139.5 กรัม) สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 13) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการฉีดพ่นแคลเซียมในระหว่างการพัฒนาการของผลสามารถช่วยเพิ่มขนาดของผลชมพูได้

Table 13 Fruit weight of Java apple with calcium application at maturity stage.

Treatment	Fruit weight (g)
no calcium application (control)	128.1b
Pre harvest 0.5% CaB	136.2a
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	139.5a
F-test	*
CV (%)	23.45

2. การสูญเสียน้ำหนักผลสด

ในช่วง 3 วันหลังทำการเก็บรักษาชมพูในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 5.23 % และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เท่ากับ 10.21 % ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาชมพู และเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีของชมพูที่ผ่านการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน 0.5% ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียง 6.75%

ในขณะที่กรรมวิธีของชมพูที่ผ่านการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน 0.5% ร่วมกับการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียง 8.12% ตลอดอายุการเก็บรักษา (Table 14)

Table 14 Weight loss of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life					Mean
	3	6	9	12	15	
no calcium application (control)	2.362	2.697	6.706	7.080	10.212	5.811
Pre harvest 0.5% CaB	2.323	2.490	1.704	6.674	6.524	3.943
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	2.228	2.638	4.218	6.617	7.664	4.673
Mean	2.304 ^c	2.608 ^c	4.209 ^{bc}	6.790 ^{ab}	8.133 ^a	
F-test	CV					
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		46.80	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		60.18	
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		60.18	

3. การเปลี่ยนแปลงสีผิว

ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาชมพูในชุดควบคุมมีค่าความสว่างของผิวต่ำที่สุด คือ 32.41 เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ค่าความสว่างลดลงเหลือ 30.98 และเมื่อเปรียบเทียบกับชมพูที่ผ่านการกรรมวิธีฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน 0.5% และมะม่วงที่ผ่านการกรรมวิธีฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนรวม 0.5% กับการจุ่มแคลเซียมคลอไรด์ 2% มีความแตกต่างกันระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา 15 วัน พบว่า มีค่าความสว่างของสีผิวค่อนข้างคงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 15)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยวัดค่า a^* ซึ่งอ่านค่าสีแดง พบว่า ชมพูในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ค่า a^* สูงกว่าชมพูในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 15 วัน โดยมีค่า a^* ระหว่าง 20.9-21.3 (Table 16)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยทำการวัดค่า b^* (สีเหลือง) พบว่า ชุดควบคุมมีค่าประมาณ 6.71 เมื่อเทียบกับมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Table 17)

Table 15 Lightness of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life						Mean
	0	3	6	9	12	15	
no calcium application (control)	32.417	29.833	32.833	34.283	30.733	31.983	32.014
Pre harvest 0.5% CaB	33.383	31.817	32.117	32.417	34.433	31.633	32.633
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	33.950	33.150	35.250	30.600	34.267	30.900	33.020
Mean	33.250	31.600	33.400	32.433	33.144	31.505	
F-test	CV						
Treatments (A)	ns		Treatments (A)		10.12		
Storage life (B)	ns		Storage life (B)		6.14		
(A)X(B)	ns		(A)X(B)		6.14		

Table 16 Red value of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life
-----------	--------------

	0	3	6	9	12	15	Mean	
no calcium application (control)	17.500b	19.267a	18.233b	20.317ab	21.433a	19.517b	19.378 ^b	
Pre harvest 0.5% CaB	21.267a	20.050a	21.217a	22.283a	19.283ab	20.717b	20.803 ^a	
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	18.133b	18.183a	18.033b	19.267b	18.767b	24.100a	19.414 ^b	
Mean	18.967 ^a	19.167 ^a	19.161 ^a	20.622 ^a	19.828 ^a	21.445 ^a		
F-test				CV				
Treatments (A)	**			Treatments (A)				4.96
Storage life (B)	**			Storage life (B)				7.47
(A)X(B)	**			(A)X(B)				7.47

Table 17 Yellowness of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life							
	0	3	6	9	12	15	Mean	
no calcium application (control)	6.716	7.717	6.683	8.333	10.100	7.583	7.855	
Pre harvest 0.5% CaB	8.00	8.100	6.983	8.317	8.683	8.667	8.125	
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	9.133	8.167	7.233	8.067	7.250	9.883	8.289	
Mean	7.950	7.995	6.966	8.239	8.678	8.711		
F-test				CV				
Treatments (A)	ns			Treatments (A)				16.96
Storage life (B)	ns			Storage life (B)				17.17

(A)X(B)	ns	(A)X(B)	17.17
---------	----	---------	-------

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาชมพูในชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำประมาณ 9.5% และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เท่ากับ 9.43% (15 วัน) และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนและชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนร่วมกับกลุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมทางสถิติ (Table 18)

5. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ชมพูที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชมพูในกรรมวิธีควบคุม โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งสามกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ชมพูที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงสุด คือ 0.19 % (Table 19)

6. ความแน่นเนื้อผล

ความแน่นเนื้อของชมพูที่ตรวจวัดโดยวัดผ่านผลชมพู พบว่า ในวันแรกชุดควบคุมใช้แรงในการกดเท่ากับ 3.04 นิวตัน และพบว่าชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน เท่ากับ 3.38 นิวตัน และชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอนร่วมกับการกลุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 3.25 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อของผลชมพูในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมตลอดอายุการเก็บรักษา (Table 20)

Table 18 Total soluble solid content of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life						Mean
	0	3	6	9	12	15	
no calcium application (control)	10.500	10.783	10.533	10.050	9.433	9.433	10.122 ^a
Pre harvest 0.5% CaB	10.133	9.317	9.550	9.233	9.300	9.000	9.422 ^b
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2%	9.767	9.200	10.150	9.467	9.400	10.233	9.703 ^b

CaCl ₂						
Mean	10.133 ^a	9.767 ^{ab}	10.078 ^{ab}	9.583 ^{ab}	9.378 ^b	9.555 ^{ab}
F-test	CV					
Treatments (A)	*		Treatments (A)		4.75	
Storage life (B)	**		Storage life (B)		4.26	
(A)X(B)	**		(A)X(B)		4.26	

Table 19 Titratable acidity content of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life						Mean
	0	3	6	9	12	15	
no calcium application (control)	0.125	0.171	0.173	0.175	0.175	0.108	0.155 ^b
Pre harvest 0.5% CaB	0.184	0.171	0.164	0.201	0.188	0.207	0.186 ^a
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	0.184	0.175	0.143	0.226	0.186	0.175	0.182 ^a
Mean	0.164 ^b	0.172 ^{ab}	0.160 ^b	0.201 ^a	0.183 ^{ab}	0.163 ^b	
F-test	CV						
Treatments (A)	**		Treatments (A)		11.99		
Storage life (B)	**		Storage life (B)		10.04		
(A)X(B)	**		(A)X(B)		10.04		

Table 20 Fruit firmness of Java apple stored at 13 °C for 15 days.

Treatment	Storage life						Mean
	0	3	6	9	12	15	
no calcium	3.547	3.221	3.593	3.843	3.828	4.002	3.672

application (control)							
Pre harvest 0.5% CaB	3.530	3.452	3.852	3.325	3.701	4.063	3.653
Pre harvest 0.5% CaB and Post harvest 2% CaCl ₂	3.332	3.889	3.625	3.809	3.524	3.873	3.675
Mean	3.470 ^b	3.521 ^b	3.690 ^{ab}	3.659 ^{ab}	3.684 ^{ab}	3.979 ^a	
F-test				CV			
Treatments (A)	ns			Treatments (A)		10.48	
Storage life (B)	**			Storage life (B)		7.46	
(A)X(B)	ns			(A)X(B)		7.46	

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% ร่วมกับจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 2% หลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถรักษาคุณภาพมะม่วงนาน 28 วัน และชมพูได้นาน 15 วัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:

นำเทคโนโลยีที่ได้ไปขยายผลในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกและผู้ประกอบการส่งออกมะม่วง ชมพูต่อไป

11. คำขอขอบคุณ (ถ้ามี) : ไม่มี

12. เอกสารอ้างอิง:

กรมส่งเสริมการส่งออก. 2555. การส่งออกมะม่วงไทยไปจีน. แหล่งที่มา: <https://www.ryt9.com/s/expd/1573909>, 2 กุมภาพันธ์ 2563 .

จารุวรรณ อ้นบุตร. 2545. ผลของวัย สภาพบรรยากาศควบคุม และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของมะละกอสุกพร้อมบริโภครวม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

นกน้อย ชูคงคา. 2545. ผลของการใช้ความร้อนและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่ออายุการเก็บรักษาผล Netted Melon. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสดสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. กองพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2555. ผลของสารละลายแคลเซียมโบรอน (Ca-B) ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงมหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 43(3 พิเศษ): 444-447.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุโขทัย. 2561. **ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายสินค้ากรมส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่**. แหล่งที่มา: <https://www.opsmoac.go.th/sukhothai-dwl-files-401391791953>, 2 กุมภาพันธ์ 2563.

Bender, R. J. 1998. Elevated CO₂ in controlled atmosphere storage and regulation of mango ripening. **Annual Review Phytopathology**. 7: 97-112.

Brummell, D.A., Dal Cin, V., Crisosto, C.H. and J.M. Labavitch. 2004. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. **Journal of Experimental Botany**. 55: 2029–2039.

Chardonnet, C.O., C.S. Charron, C.E Sams and W.S. Conway. 2003. Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. **Postharvest Biology and Technology**. 28: 97–111.

Conway, W.S., C.E. Sams and A. Kelman, 1994. Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium applications. **HortScience**. 29: 751–754.

Deytieux-Belleau, C., A. Vallet, B. Doneche and L. Geny. 2008. Pectin methylesterase and polygalacturonase in the developing grape skin. **Plant Physiology Biochemistry**. 46: 638-646.

Elmer, P.A.G., T.M. Spiers and P.N. Wood. 2007. Effects of pre-harvest foliar calcium on fruit calcium levels and brown rot of peaches. **Crop Protection**. 26: 11-18.

Fallahi, E., B. Fallahi, G.H. Neilsen, D. Neilsen and F.J. Peryea. 2010. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. **Acta Horticulturae** 868: 49-59.

Faust, M. 1989. **Physiology of temperature zone fruit trees**. John Wiley and Sons, New York.

- Ghani, M.A.A., Y. Awang and K. Sijam. 2011. Disease occurrence and fruit quality of pre-harvest calcium treated red flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **African Journal of Biotechnology**. 10: 1550-1558.
- Gofure, A., M.Z. Shafique, M. Helali, M. Ibrahim, M.M. RahmanA and M. S. Alam. 1997. Studies on extension of post-harvest storage life of mango (*Mangifera indica* L.). Bangladesh. **Journal of Scientific and Industrial Research** 32: 148-155.
- Hadfield, K.A. and A.B. Bennett. 1998. Polygalacturonases: many genes in search of a function. **Plant Physiology**. 117: 343–373.
- Kader, A.A., 2002. **Post-harvest Technology of Horticultural Crops**, 3rd ed. University of California, Oakland, California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication.
- Karemera, N.J.U. and S. Habimana. 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.
- Kirby, E.A. and D.J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. **Plant Cell Environ**. 7:397- 405.
- Lester, G.E. and Grusak, M.A., 2004. Field application of chelated calcium: postharvest effects on cantaloupe and honeydew fruit quality. **Hort-Technology** 14, 29–38.
- Madani, B., Mohamed, M.T.M., Biggs, A.R., Kadir, J., Awang, Y., Tayebimeigooni, A. and T. R. Shojaei. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. **Crop Protection** 55: 55-60.
- Manganaris, G.A., M. Vasilakakis, I. Mignani b, G. Diamantidis, and K. Tzavella-Klonari. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). **Scientia Horticulturae** 107: 43-50.

- Micheli, F., 2001. Pectin methylesterases: cell wall enzymes with important roles in plant physiology. **Trends Plant Science** 6: 414–419.
- Nigro, F., L. Schena, A. Ligorio, I. Pentimone, A. Ippolito and M.G. Salerno. 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. **Postharvest Biology and technology** 42: 142-149.
- Poovaiah, B.W. and A.S.N. Reddy. 1993. Calcium and signal transduction in plants. **Critical Reviews in Plant Science**. 12: 185-211.
- Wahdan, M.T., S.E. Habib, M.A. Bassal and E.M. Qaoud. 2011. Effect of some chemicals on growth, fruiting, yield and fruit quality of "Succary Abiad" mango. **Hort Science** 7(2): 651-658.
- Wang, Y., X. Xie and L.E. Long. 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. **Food Chemistry** 160: 22-30.
- Wang, Y. and L.E. Long. 2015. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. **Food Chemistry** 181: 241-247.
- Wojcik, P. and M. Lewandowski. 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of "Elsanta" strawberry. **Journal of Plant Nutrition** 26: 671-682.

13. ภาคผนวก : ไม่มี