รายงานโครงการวิจัย

# การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสด หลังการเก็บเกี่ยว

# Research and Development Technologies to Maintain Postharvest Quality of Fresh Produces

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์

Mr.Panumas Kotepong

ปี พ.ศ. 2563

# คำปรารภ

คุณภาพของผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่าย รวมถึงความพึงพอใจของผู้บริโภค การจัดเกรด และการกำหนดราคา ซึ่งคุณภาพของผลิตผลนั้น มีผลตั้งแต่กระบวนจัดการก่อนเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การคัดเกรด การล้างทำความสะอาด การบรรจุหีบห่อ รวมถึงการเก็บรักษา หรืออาจกล่าวได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผลนั้น มีผลมาจากการดูแลในแปลงปลูก จนถึงขั้นตอนต่าง ๆ จนกว่าจะถึงผู้บริโภคล้วนแต่ส่งผลต่อคุณภาพทั้งสิ้น อีกทั้งผลิตผลทางพืชสวนเป็นผลิตผลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก ทำให้ง่ายต่อการบอบช้ำ และการสูญเสียน้ำซึ่งนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพในการจัดการหลังเก็บเกี่ยวต่าง ๆ จึงต้องใช้ความระมัดระวัง นอกจากนี้ การรักษาคุณภาพของผลิตผลให้มีอายุการวางจำหน่ายที่ยาวนาน อาจทำได้หลายวิธี เช่น การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (MAP) ที่ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีสภาพบรรยากาศแตกต่างจากปกติ ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แก๊สเอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ชักนำให้พืชเข้าสู่กระบวนการวายลดน้อยลง การใช้สารดูดซับเอทิลีนที่มีคุณสมบัติในการดูดซับสูง ซึ่งเป็นการกำจัดเอทิลีนทำให้ผลิตผลชะลอการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ หรือการทำให้ผลิตผลมีเซลล์ที่แข็งแรง ชะลอการอ่อนนุ่มหรือการลดลงของความแน่นเนื้อ ด้วยการให้แคลเซียม เป็นต้น ทั้งนี้ ประสิทธิภาพของวิธีการต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับผลิตผล รวมถึงปัจจัยร่วมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น ก็จะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลิตผลเช่นกัน

ดังนั้น จึงได้ดำเนินโครงการวิจัย “การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว” โดยทำการทดสอบการให้ธาตุอาหารแคลเซียม การพัฒนาถ่านชีวภาพมาใช้ในการดูดซับเอทิลีน การใช้บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ รวมถึงการทดลองใช้แสงอัลตราไวโอเลตชนิดต่างกัน เพื่อหาวิธีการและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการวางจำหน่าย และรักษาคุณภาพของผลิตผล

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนตั้งแต่ภาคเอกชน เกษตรกร นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์

หัวหน้าโครงการวิจัย

มีนาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร

**สารบัญ**

**หน้า**

กิตติกรรมประกาศ....4

ผู้วิจัย....5

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ....6

บทนำ....7

บทคัดย่อ....10

ระเบียบวิธีการวิจัย....14

ผลการวิจัยและอภิปรายผล....18

บทสรุปและข้อเสอแนะ....30

บรรณานุกรม....31

กรมวิชาการเกษตร

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติ (วช) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการวิจัยของโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนนักวิจัยในโครงการและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ให้ผ่านไปได้ด้วยดี และเกษตรกรสามารถนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้

กรมวิชาการเกษตร

**ผู้วิจัย**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | นายภาณุมาศ โคตรพงศ์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวป. กรมวิชาการเกษตร | หัวหน้าโครงการ หัวหน้าการทดลอง |
| 2. | นางสาวทิวาพร ผดุง | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กปผ. กรมวิชาการเกษตร | ผู้ร่วมงาน |
| 3. | นางสาวสโรชา ถึงสุข | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศวพ. เพชรบูรณ์ | ผู้ร่วมงาน |
| 4. | นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์ | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กวป. กรมวิชาการเกษตร | ผู้ร่วมงาน |
| 5. | นางสาวกุลวดี ฐาน์กาญจน์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศวพ.ปทุมธานี | ผู้ร่วมงาน |

กรมวิชาการเกษตร

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | ภาษาอังกฤษ | คำย่อ |
|---|---|---|
| การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง | modified atmosphere packaging | MAP |
| พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ | low density polyethylene | LDPE |
| อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน | oxygen transmission rate | OTR |
| อัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | carbon dioxide transmission rate | $CO_2TR$ |
| อัตราการซึมผ่านของก๊าซไนโตรเจน | nitrogen transmission rate | NTR |
| อัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์ม | water vapor transmission rate | WVTR |
| ก๊าซออกซิเจน | oxygen gas | $O_2$ |
| ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | carbon dioxide | $CO_2$ |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ | total soluble solid | TSS |
| ปริมาณกรดที่ไทเทรต | titratable acidity | TA |

กรมวิชาการเกษตร

## บทนำ

ผักและผลไม้น้ำเป็นองค์ประกอบภายในมากกว่า 70% มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม บอบช้ำง่าย ทั้งยังมีอัตราการหายใจ และคายความร้อนสูงทำให้เกิดการสูญเสียได้ง่าย เมื่อถึงฤดูของผลิตผลนั้น ๆ ผลิตผลจะมีจำนวนมาก ซึ่งหากจำหน่ายไม่ทัน ก็จะเกิดความเสียหายแก่เกษตรกร จึงควรมีวิธีเก็บรักษาผลิตผลที่เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสีย ยืดอายุการวางจำหน่ายให้ผลิตผลยังคงคุณภาพเหมือนตอนเก็บเกี่ยวหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด นอกจากนี้ การเก็บรักษายังมีประโยชน์ในแง่ของการส่งออกผัก และผลไม้ ไปยังประเทศต่าง ๆ ที่มีระยะทางไกล หรือต้องใช้เวลาเดินทางหลายวัน โดยคุณภาพของผัก และผลไม้ถือเป็นลักษณะจำเพาะที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และยังเป็นตัวกำหนดเกรด และราคา ซึ่งการคงคุณภาพสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างวิธีการคงคุณภาพ สามารถทำได้ดังนี้

1. การใช้แคลเซียม แคลเซียมเป็นธาตุอาหารในกลุ่มธาตุที่พืชต้องการมาก (macro nutrient) พบว่ามีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ในการเชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง (structural rigidity) ในระหว่างการสร้างผนังเซลล์จะมีสารที่เรียกว่า acidic pectin residues เช่น กรดกาแลคทูโรนิค (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 รั่วไหลและสูญ เสียออกจากเซลล์ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อบริเวณนั้นสูญเสียรูปทรงและเสื่อมสลายไป (Kirby and Pilbeam, 1984; Poovaiah and Reddy, 1993) สอดคล้องกับรายงานของยงยุทธ (2543) ที่พบว่า หากมีการฉีดพ่นสารละลายเกลือแคลเซียมขณะที่ผลกำลังพัฒนาหรือฉีดพ่นด้วยสารแคลเซียมคลอไรด์หลังจากเก็บเกี่ยว จะช่วยให้ผลมีความแน่นเนื้อมากขึ้นหรือยืดเวลาการสุกออกไป ประกอบกับการทดลองของรัฐพล และพีระศักดิ์ (2555) ที่ได้ศึกษาการใช้สารละลายแคลเซียม-โบรอน (Ca-B) ในมะม่วงพันธุ์มหาชนกโดยพบว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมไนเตรตจำนวน 2 ครั้ง ในช่วง 60 และ 90 วันหลังดอกบาน สามารถยืดอายุมะม่วงได้นานถึง 24 วัน ที่ 15 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการจุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2% นาน 5 นาทีกับมะละกอ สามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อ ลดกิจกรรมของเอนไซม์ pectinmethylesterase และ polygalactulonese ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อ และมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูง (จารุวรรณ, 2545)

2. การใช้สารดูดซับเอทิลีนจากถ่านชีวภาพ ผลิตผลทางการเกษตรเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุก ภายในผลจะมีการสังเคราะห์แก๊สเอทิลีนเกิดขึ้น ซึ่งแก๊สเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง มีผลในการเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของพืช หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช รวมไปถึงกระตุ้นการสุก และการหายใจของผลไม้ การควบคุมแก๊สเอทิลีนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยสารดูดซับเอทิลีนจะมีโครงสร้างที่มีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวสูง สารดูดซับเอทิลีนที่นิยมใช้ทั่วไป เช่น ด่างทับทิม สารดูดซับเอทิลีนพร้อมใช้ Ethyl-Gone® ถ่านกัมมันต์ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวนั้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สเอทิลีนได้ดี แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดต่าง ๆ ในการใช้ เช่น การใช้ Ethyl-Gone® อาจก่อให้เกิดอันตรายได้เนื่องจากมีการปนเปื้อนสารเคมี การใช้ถ่านกัมมันต์ มีข้อจำกัดในเรื่องของต้นทุน

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ที่สูง เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยในปี 2562 ที่ผ่านมานี้ ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์จากทั่วโลกคิดเป็นมูลค่ามากถึง 2,478 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2562) ซึ่งการทดลองนำถ่านชีวภาพที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวภายใน และมีรูพรุนมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสารดูดซับเอทิลีน และยังสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เนื่องจากใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าการผลิตถ่านกัมมันต์ และยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย แต่เนื่องจากการศึกษาเรื่องถ่านชีวภาพ (biochar) กับการดูดซับแก๊สเอทิลีนในผลไม้ ยังมีอย่างจำกัด

3. การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายใน ให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่าง ๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ($O_2$) และเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ซึ่งวิธีการนี้ ไม่สามารถควบคุมปริมาณแก๊สให้คงที่ได้ การเก็บรักษาแบบ MAP จะช่วยลดอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อ และลดการผลิตก๊าซเอทิลีน ซึ่งส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่นาน ชะลอการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และรักษาคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย (Soliva-Fortuny และ Martin-Belloso, 2003) เนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แก๊สเอทิลีน รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นมีโครงสร้างทางเคมีที่ใกล้เคียงกับเอทิลีน ซึ่งสามารถไปแย่ง active site ของเอทิลีนได้ ทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงภายในผลิตผล นอกจากนี้การใช้ MAP ร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ ยังส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาให้เกิดขึ้นในอัตราช้าลงได้อีกด้วย (จริงแท้, 2538) ดังเช่นการทดลองของ Fagundes *et al*. (2015) ที่ใช้ MAP ที่ความเข้มข้นของ $O_2$ และ $CO_2$ 5% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การรักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการลดลงของปริมาณน้ำตาล และกรดภายในผล อีกทั้งสามารถใช้ร่วมกับสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครลิตรต่อลิตร ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศเชอร์รี่ และรักษาระดับของกิจกรรมของเอนไซม์ super oxidase dismutase, peroxidase และ catalase ได้ถึง 210 วัน ในผลแพร์ (Li *et al*., 2013) และมีรายงานการเก็บรักษากล้วยด้วยวิธี MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.7% สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 สัปดาห์เท่านั้น (Kudachikar *et al*., 2011)

4. การให้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) การใช้แสงยูวีเป็นวิธีการหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่เป็นอันตรายต่อผลผลิต ต้นทุนต่ำ และรักษาสภาพแวดล้อม (Manzocco *et al*., 2009) แสงยูวีเป็นแสงที่มีพลังงานมากที่สุดในช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นแสงที่มองเห็น (visible light) อยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) แสงยูวีเอ (UV-A) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นยาว มีช่วงความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร แสงยูวีบี (UV-B) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นกลาง มีช่วงความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร และ 3) แสงยูวีซี (UV-C) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แสงคลื่นสั้น มีช่วงความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การให้แสงยูวีเอสามารถรักษาสีของผลมะเขือเทศได้ (Maneerat *et al*., 2003) นอกจากนี้แสงยูวีบีสามารถรักษาความแน่นเนื้อ ชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซี และการเปลี่ยนแปลงสีของมะเขือเทศ (Liu *et al*., 2011) ในขณะที่ Cote *et al*. (2013) รายงานว่า มะเขือเทศที่ผ่านการให้แสงยูวีซีมี TAลดลงน้อยกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้รับแสง

กรมวิชาการเกษตร

จากข้างต้น จะพบว่า การคงคุณภาพสามารถทำได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับเหมาะสมของวิธีการ ผลิตผลที่ใช้อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา และปัจจัยอื่น ๆ โดยการให้แคลเซียมแก่พืชทั้งก่อน และหลังการเก็บเกี่ยว การดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ การใช้สารดูดซับเอทิลีน รวมถึงการใช้แสงอัลตราไวโอเลต ล้วนแต่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผัก และผลไม้ จึงเป็นที่มาในการนำวิธีการที่กล่าวดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อยืดอายุผลิตผลต่าง ๆ ให้มีอายุการวางจำหน่ายที่ยาวนานกว่าปกติ โยที่ยังสามารถคงคุณภาพของผลิตผลให้ได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับวันเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

## บทคัดย่อ

โครงการการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยว ประกอบไปด้วย 6 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว โดยการให้แคลเซียมโบรอน (CaB) แก่มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ ประกอบไปด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีควบคุม และ กรรมวิธีที่ได้รับ CaB 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่ 13 °C นาน 28 วัน พบว่า มะม่วงที่ได้รับ CaB 0.5% มีน้ำหนักผลมาก ทั้งยังมีความแน่นเนื้อ และปริมาณเพคตินทั้งในเปลือกและเนื้อมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนการสูญเสียน้ำหนักผล การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณวิตามินซีของผลมะม่วงที่ได้รับ CaB ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนชมพู่ที่ได้รับ CaB 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ทั้งยังมี TA และค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่น การทดลองที่ 2 การพัฒนาสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว โดยนำถ่านชีวภาพที่ผลิตจากไม้ไผ่ กิ่งลำไย และซังข้าวโพดมาทดสอบการดูดซับเอทิลีนพบว่า ถ่านที่ผลิตจากซังข้าวโพดสามารถดูดซับเอทิลีนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ถึง 94.18% ภายใน 24 ชั่วโมง จึงนำมาทดลองดูดซับเอทิลีนในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ปริมาณถ่าน 50 และ 100 กรัม พบว่า ถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดสามารถ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม การทดลองที่ 3 การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MAP) โดยการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของแก๊สแตกต่างกัน พบว่ากล้วยหอมทองในสภาพ MAP ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) 10% และก๊าซออกซิเจน ($O_2$) 5% สามารถเก็บรักษาได้นาน 28 วัน ที่ 13 °C และยังมีคุณภาพด้านกายภาพ และเคมีของที่ดีเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น หรือในทางปฏิบัติอาจบรรจุแก๊ส $CO_2$ และ$O_2$ นาน 15 วินาที ก็จะให้ผลที่ดีเช่นกัน การทดลองที่ 4 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยทดลองฉีดพ่นสาร CaB 0.5% จำนวน 3 ครั้ง แก่มะม่วงที่ระยะผล 30, 45 และ 60 วันหลังดอกบาน นำมะม่วงมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C นาน 28 วัน พบว่า มะม่วงที่ได้รับ CaB 0.5% มีน้ำหนักผล การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และTSS มากกว่ากรรมวิธีควบคุม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงสี TA และวิตามินซี มีค่าไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีควบคุม การทดลองที่ 5 การยืดอายุการเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (MAP) โดยบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์เอสจี 20 ซุปเปอร์ บนถาดPVC จำนวน 100 กรัม/ถาด แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC และใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติก LDPE จากนั้นทำการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มี $O_2$ 5% $CO_2$ 5% และ $O_2$ 5% $CO_2$ 10% เก็บรักษาที่ 5 °C นาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่มี $O_2$ 5% $CO_2$ 5% มีประสิทธิภาพในการยืดอายุข้าวโพดฝักอ่อน มีค่าความแน่นเนื้อ ค่า L* b* ปริมาณวิตามินซี และ TSS สูงกว่ากรรมวิธีอื่น และการทดลองที่ 6 ผลของแสงยูวีต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายผัก โดยบรรจุมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ลงถาด PVC จำนวน 250 กรัม/ถาด แล้วใส่ในถุงพลาสติกชนิด LDPE จำลองการวางจำหน่ายสินค้าที่อุณหภูมิ 5 °C โดยให้แสงฟลูออเรสเซนต์นาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ภายใต้แสงยูวีแตกต่างกันที่ความเข้มแสง 2 $kJ/m^2$ นาน 5 นาทีต่อวัน ได้แก่ ยูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี พบว่า มะเขือเทศที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีมีคุณภาพผลทางด้าน

กรมวิชาการเกษตร

ความแน่นเนื้อผล a* TSS TA ปริมาณวิตามินซี และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยมะเขือเทศที่ได้รับยูวีบีและยูวีซีมีคุณภาพผลดีกว่าแสงยูวีเอ

กรมวิชาการเกษตร

## Abstract

This research project consists of 6 experiments. The first experiment was management to maintain the quality of fruit after transportation. Calcium boron (CaB) was sprayed both before and after harvest to mango cv. Nam Dok Mai Sri-Thong and Java apple. There are 2 treatments: control and treatment with CaB 0.5% before harvest 30, 45, and 60 days after flowering. Stored at 13 °C for 28 days. The highest fresh weight, firmness, Pectin content were observed in mango with CaB 0.5%. While no differences in weight loss, peel color, TSS, TA, and vitamin C were observed among all treatments. Java apple treated with CaB 0.5% had the lowest weight loss. While TA and firmness are more than other treatments. The second experiment was development of packaged ethylene absorbent to preserve fruit quality after harvest. Bio-charcoal produced from bamboo, longan twigs, and corn cobs were tested for ethylene absorption. The highest ethylene absorption was observed in corn cobs 94.18% in 24 hours. Therefore, ethylene adsorption in mangos was used at 50 and 100 grams of biochar. Bio-charcoal produced from corn cobs can delay weight loss, peel color, and firmness of mango to be better control. The 3rd experiment was extending shelf life of fruits in modified atmosphere (MAP). The use of LDPE packaging had the effect of prolonging the shelf life of Bananas at different gas concentrations. Bananas in MAP condition containing 10% carbon dioxide ($CO_2$) and 5% oxygen ($O_2$) can be stored for 28 days at 13 °C and good physical and chemical qualities compared with other treatments. In practice, it may contain gas, $CO_2$, and $O_2$ for 15 seconds, it will be good as well. The 4th experiment was to test the technology of using calcium to maintain the quality of mango after harvest. Spray CaB 0.5% before harvesting 30, 45, and 60 days after flowering. Stored at 13 °C for 28 days. The highest fresh weight, weight loss, firmness, TSS were observed in mango with CaB 0.5%. While no differences in peel color, TA, and vitamin C were observed among all treatments. The 5th experiment was extending shelf life of vegetables in modified atmosphere (MAP). Packed 100 g/tray of baby corn on a PVC tray and wrap with PVC plastic film and put in a plastic LDPE bag. Then adjust the atmosphere inside the bag to contain 5% $O_2$ 5% $CO_2$ and 10% $O_2$ 5% $CO_2$ 10% storage at 5 °C for 21 days. The highest firmness, L*, b*, vitamin C and TSS were observed in mango with $O_2$ 5% $CO_2$ 5%. The 6th experiments were effects of UV light on extending vegetable shelf life. Packed cherry tomatoes cv.CH 154 in PVC tray 250 g/tray and then put in plastic bags with LDPE type. Simulate product at 5 °C with fluorescent lighting for 12 hours/day. Under UV-A, UV-B and UV-C light was different at 2 kJ / $m^2$ for 5 minutes/day. The highest firmness, a *, TSS, TA, vitamin C, and consumer acceptance scores were observed in UV-A, UV-B, and UV-C. The tomatoes that received UV-B and UV-C were of better quality than UV-A light.


กรมวิทยาศาสตร์

**คำสำคัญ**: แคลเซียมโบรอน, สภาพบรรยากาศดัดแปลง, การเก็บรักษา, แสงอัลตราไวโอเลต, ถ่านชีวภาพ

**Keyword**: Calcium-Boron, modified atmosphere packaging, storage, UV, Biochar

กรมวิชาการเกษตร

## ระเบียบวิธีการวิจัย

**กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่ 1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่ 1.1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว**

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP ที่ปลูกเพื่อการส่งออก จำนวน 150 ต้น ในพื้นที่ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกมาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธีๆ 10 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน

นำผลิตผลในแต่ละกรรมวิธีไปจำลองสภาพการส่งออกโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน วิเคราะห์คุณภาพผลิตผลทางกายภาพ และทางเคมีทุก 7 วัน

**การทดลองที่ 1.2 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพชมพู่หลังการเก็บเกี่ยว**

คัดเลือกต้นชมพู่พันธุ์ทับทิมจันทร์ อายุ 3 ปี จากแปลงเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP ที่การปลูกเพื่อการส่งออก จำนวน 150 ต้น ในพื้นที่ปลูกชมพู่มะม่วงเพื่อการส่งออกมาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธีๆ 10 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชมพู่ที่ไม่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน

นำผลิตผลในแต่ละกรรมวิธีไปจำลองสภาพการส่งออกโดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน วิเคราะห์คุณภาพผลิตผลทางกายภาพ และทางเคมีทุก 3 วัน

**การทดลองที่ 2 การพัฒนาสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

นำผลมะม่วงน้ำดอกไม้จากแปลงเกษตรกร ในระยะสุกแก่ 90% มาล้างทำความสะอาด จากนั้นคัดเลือกผลที่มีขนาด และสี ใกล้เคียงกัน มาบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกขนาดกล่องบรรจุ 2 กิโลกรัม โดยบรรจุมะม่วงจำนวน 6 ผลต่อกล่อง แล้วใส่สารดูดซับเอทิลีนในกล่องตามแต่ละกรรมวิธี ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่สารดูดซับเอทิลีน (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่สารดูดซับเอทิลีน ปริมาณ 50 กรัมต่อกล่อง

กรรมวิธีที่ 3 ใส่สารดูดซับเอทิลีน ปริมาณ 100 กรัมต่อกล่อง

นำมะม่วงทั้ง 3 กรรมวิธี มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน เพื่อจำลองการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางกายภาพ และทางเคมีทุก 7 วัน

กรมวิชาการเกษตร

**การทดลองที่ 3 การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง**

นำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้ามาทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; $O_2$TR) อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; $CO_2$TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน (nitrogen transmission rate; NTR) จากนั้น ทำการบรรจุกล้วยหอมทองให้อยู่ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCB โดยมีกรรมวิธีในการดัดแปลงสภาพบรรยากาศเป็น main plot และอายุการเก็บรักษา เป็น sub plot มี 6 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก (control)

กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ

กรรมวิธีที่ 3 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5%

กรรมวิธีที่ 4 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% และก๊าซออกซิเจน 5%

กรรมวิธีที่ 5 สภาพบรรยากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 15% และก๊าซออกซิเจน 5%

ทำการบันทึกคุณภาพผลเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน โดยวัดปริมาณก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทิลีนภายในบรรจุภัณฑ์ คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี

**การทดลองที่ 4 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว**

คัดเลือกต้นมะม่วงบนแปลงปลูกของเกษตรกรที่ผลิตมะม่วงในการส่งออกที่ผ่านการรับรอง GAP โดยคัดเลือกต้นเพื่อใช้ในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5 % โดยฉีดพ่นในอัตรา 5 ลิตรต่อต้น จำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30, 45 และ60 วันหลังดอกบาน

เก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่อายุผล 105 วัน หรือที่ระยะสุกแก่ 80% โดยคัดเลือกผลที่มีขนาด และสีผิวใกล้เคียงกัน จากนั้น นำมะม่วงไปบรรจุลงในกล่องกระดาษลังลูกฟูก จำนวน 12 ผลต่อกล่อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน เพื่อจำลองการขนส่ง โดยวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางกายภาพ และทางเคมีทุก 7 วัน

**กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผักหลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่1 การยืดอายุการเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลง**

นำถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้ามาทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาของฟิล์ม (thickness) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate; $O_2$TR) อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide transmission rate; $CO_2$TR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน (nitrogen transmission rate; NTR) จากนั้น ทำการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในสภาพบรรยากาศดัดแปลง โดย

กรมวิชาการเกษตร

บรรจุข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์เอสจี 20 ซุปเปอร์ บนถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 100 กรัม/ถาด แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC ในกรรมวิธีควบคุม (control) และใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) ในกรรมวิธีที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 ดัดแปลงสภาพบรรยากาศปกติ

กรรมวิธีที่ 2 ก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 5%

กรรมวิธีที่ 3 ก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% + ก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 10%

นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลานาน 21 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีทุก 3 วัน

**การทดลองที่ 2 ผลของแสงยูวีต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายผัก**

เก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ในระยะผลสุกเต็มที่ (ผลสีแดง) จากแปลงเกษตรกร อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม มาล้างทำความสะอาด แล้วบรรจุผลลงในถาด polyvinyl chloride (PVC) จำนวน 250 กรัม/ถาด ก่อนนำไปใส่ในถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) จากนั้น จำลองสภาพการวางจำหน่ายสินค้าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ (florescence) เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยให้แสงยูวีที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเข้มแสง 2 $kJ/m^2$ เป็นเวลา 5 นาทีต่อวัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ถาด ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้รับแสงยูวี (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ได้รับแสงยูวีเอ (UV-A)

กรรมวิธีที่ 3 ได้รับแสงยูวีบี (UV-B)

กรรมวิธีที่ 4 ได้รับแสงยูวีซี (UV-C)

จำลองสภาพการวางจำหน่ายเป็นเวลา 21 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี พร้อมทั้งประเมินการยอมรับของผู้บริโภค ทุก 7 วัน

**การวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางกายภาพ**

**การสูญเสียน้ำหนักผลสด** ทำการชั่งน้ำหนักผลมะม่วงสดในทุกๆ วันที่ทำการตรวจวัดคุณภาพ และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ (1) รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักผลสด

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักผลสด} = \frac{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น - น้ำหนักผลสดวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักผลสดเริ่มต้น}} \times 100$$

**การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือก** ของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOTA.,รุ่น CR-10, Japan) ด้วยระบบ L a b (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

กรมวิชาการเกษตร

ระยะทางในการวัด 10 มิลลิเมตร กดลงกลางผลมะม่วง โดยวัดผ่านเปลือกใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร และวัดความแน่นเนื้อของเนื้อมะม่วงใช้หัววัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร รายงานผลเป็นหน่วย นิวตัน (N)

**การวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตทางเคมี**

**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

$$\% \text{ TA} = \frac{\text{vol. NaOH} \times \text{con.NaOH} \times \text{meq. Acid}}{\text{Vol. sample}}$$

กำหนดให้ค่า Meq. Wt of citric acid = 0.064, Vol NaOH = ปริมาตรสาร NaOH ที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (มิลลิลิตร), Con. NaOH = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH และVol. Sample = ปริมาตรน้ำคั้นที่ใช้ (มิลลิลิตร)

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

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

กำหนดให้ค่า A = ปริมาณของสาร dye solution ที่ใช้กับน้ำคั้น และ B = ปริมาตรของสาร dye solution ที่ใช้กับสารละลายมาตรฐาน (ascorbic acid)

**ปริมาณเพคติน** นำตัวอย่าง 35 g พร้อมใส่สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 % ปริมาตร 150 ml ปั่นเป็นเวลา 2 นาที กรองด้วย Whatman No.1 ชะล้างด้วยเอทานอล 70 % ปริมาตร 75 ml จากนั้นล้าง acetone 100 ml นำของแข็งส่วนที่กรองไปอบในตู้ Temp 40 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนัก AIS นำไปวิเคราะห์ปริมาณเพคตินดัดแปลงตามวิธีของ Blomerikrantz and Asboe-tlansen (1973) Ahmed and Labavitch (1977) จากนั้น นำตัวอย่าง AIS 0.01 g ผสมกรดซัลฟิวริก 4 ml (ระหว่างผสมต้องหล่อเย็นหลอดทดลอง) ค่อยๆ ผสมกวน 5 นาที ค่อยๆเติมน้ำกลั่น 1 ml กวนผสม 5 นาที กรองด้วย Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml (จะได้สารละลายที่นำไปวิเคราะห์เพกติน) โดยเก็บสารละลายใสในตู้เย็น 5 ℃ ใช้สารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ 0.8 ml (หรือ 800 µl) ผสมสารละลายโซเดียมเตตระบอเรต 0.0125 M ปริมาตร 4.8 ml (โดยการหล่อเย็น) จากนั้นนำไป Vortex และบ่มที่ 95 ℃ เป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นแล้วเติมสารละลายเมตะไฮดรอกซิไดฟินิลเข้มข้น 0.15 % ปริมาตร 80 µl และ Vortex ทิ้งไว้ 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm

**การยอมรับของผู้บริโภค** โดยประเมินการยอมรับได้ของผู้บริโภค จำนวน 10 คน จากการสังเกตุความสด สี ผล กลิ่น โดยให้คะแนนเป็น 1-5 (คะแนน 1 = ไม่ชอบ 2 = ชอบเล็กน้อย 3 = ชอบปานกลาง 4 = ชอบมาก และ 5 = ชอบมากที่สุด)

ศรีวิชัยการเกษตร

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

**กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่ 1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่ 1.1 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว**

**น้ำหนักผลสด** มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5 มีน้ำหนักผลสดสูงกว่าชุดคบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 384.18 และ402.99 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีน้ำหนักผลสดเพียง 347.61 กรัม

**การสูญเสียน้ำหนักผลสด** หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.9% และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึง 6.9% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดย มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนัก 4.4% ในขณะที่ กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 4.0%

**การเปลี่ยนแปลงสีผิว** ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในช่วง 0-7 วันหลังเก็บรักษา มะม่วงมีค่า L* เท่ากับ 76 และมีค่าลดงอย่างต่อเนื่องจนวันที่ 28 ของการเก็บรักษา โดยมะม่วงมีค่า L* เท่ากับ 71 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ซึ่งอ่านค่าสีแดง พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวันแรกของการเก็บรักษามีค่า a* เท่ากับ 4.5 จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 7.3 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนการเปลี่ยนแปลง b* (สีเหลือง) พบว่า มะม่วงทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกัน ชุดควบคุมมีค่า ประมาณ 32 เมื่อเทียบกับมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่า b* เท่ากับ 33.3 จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 40.9 ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)** พบว่า มะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า TSS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในวันแรกที่ทำการเก็บรักษามะม่วงมีค่า TSS เท่ากับ 8.9% จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 15.9% ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน มีค่าเท่ากับ 15.5% เนื่องจากมะม่วงเริ่มมีการพัฒนากระบวนการสุกมีการเปลี่ยนอาหารสะสมที่อยู่ในรูปแป้งให้อยู่ในรูปของน้ำตาล จึงทำให้มีค่า TSS ที่เพิ่มขึ้น

**ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)** พบว่า มะม่วงทุกกรรมวิธีมีค่า TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในวันแรกของการเก็บรักษามีค่า TA เท่ากับ 2.4% จากนั้น มีค่าลดลงอย่างเนื่องจนมีค่าเพียง 0.25% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

**ปริมาณวิตามินซี** พบว่า มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% และกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 29.8 และ30.2 mg ascorbic/100 ml ตามลำดับ ในขณะที่ มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีวิตามินซีเพียง 28.05 mg ascorbic/100 ml โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีมากถึง 34.5 mg ascorbic/100 ml แต่หลังเก็บรักษานาน 21 วัน มะม่วงมีปริมาณวิตามินซีเพียง 24.7 mg ascorbic/100 ml และเพิ่มขึ้นเป็น 27.8 mg ascorbic/100 ml ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

จากผลการทดลองการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน 0.5% ก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีอย่างชัดเจน และเนื่องจากมะม่วงเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จึงเพิ่มขึ้น โดยเปลี่ยนจากแป้งที่สะสมไว้กลายเป็นน้ำตาล ทำให้มะม่วงมีค่า TSS เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี จึงมีค่าลดลง เนื่องจาก กระบวนการเสื่อมสภาพภายในผลมะม่วงที่มีผลมาจากเอทิลีนที่เพิ่มมากขึ้นในผลไม้สุก

กรมวิชาการเกษตร

**ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อผล** พบว่า ความแน่นเนื้อของเปลือก ในวันแรกชุดควบคุมใช้แรงในการกดเท่ากับ 25.33 นิวตัน และพบว่าชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน เท่ากับ 28.60 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงในทุกกรรมวิธีลดลงจนเท่ากับ 4.28 และ 6.23 นิวตัน ในชุดควบคุม ชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอน ตามลำดับ ส่วนความแน่นเนื้อของมะม่วงชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 60.14 55.65 10.53 3.16 และ1.78 นิวตัน ในวันแรก วันที่ 7 14 21 และ 28 วันการเก็บรักษา และชุดที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนมีค่าความแน่นเนื้อในวันแรก เท่ากับ 65.53 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและค่อยลดลงประมาณ 7 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงนานขึ้น

**ปริมาณเพคตินในเปลือกและเนื้อผล** พบว่า ปริมาณแพคตินที่ตรวจวัดได้ในเปลือก มะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณเพคตินเท่ากับ 4355 µg/mg และลดลงเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นเหลือเพียง 1479 µg/mg (28 วัน) และมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนด์ มีปริมาณเพคตินประมาณ 5000 µg/mg และค่อยๆลดลงเหลือประมาณ 1900 µg/mg และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าชุดที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนมีปริมาณเพคตินในเปลือกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ปริมาณเพคตินในเนื้อมะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารแคลเซียมโบรอนมีปริมาณเพคตินเท่ากับ 3762 µg/mg สูงกว่าชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3018 µg/mg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณเพคตินในเนื้อมะม่วงลดลงอย่างต่อเนื่อง

**การทดลองที่ 1.2 การจัดการแคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพชมพู่หลังการเก็บเกี่ยว**

**น้ำหนักผลสด** พบว่า ชมพู่ที่ไม่ได้รับแคลเซียม (ชุดควบคุม) มีน้ำหนักผลเฉลี่ยที่ 128.1 กรัม เมื่อเทียบมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% (136.2 กรัม) สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะเห็นได้ว่า การฉีดพ่นแคลเซียมในระหว่างการพัฒนาการของผลสามารถช่วยเพิ่มขนาดของผลชมพู่ได้

**การสูญเสียน้ำหนักผลสด** หลังเก็บรักษา 3 วันชมพู่ในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 5.23 % และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เท่ากับ 10.21 % ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาชมพู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับกรรรมวิธีของชมพู่ที่ผ่านการฉีดพ่นธาตุอาหารแคลเซียมโบรอน 0.5% ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียง 6.75%

**การเปลี่ยนแปลงสีผิว** ทุกกรรมวิธีมีค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกัน โดยตลอดการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีค่า L* อยู่ในช่วง 29.8-34.4 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยวัดค่า a* ซึ่งอ่านค่าสีแดง พบว่า ชมพู่ในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนให้ค่า a* สูงกว่าชมพู่ในกรรมวิธีอื่น โดยมีค่า a* เฉลี่ยตลอดการเก็บรักษา 20.8 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยทำการวัดค่า b* (สีเหลือง) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดการเก็บรักษา

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)** หลังเก็บรักษาชมพู่ 9 วัน ชุดควบคุมมี TSS 10.1-10.8% และลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 12-15 วัน มีค่าเท่ากับ 9.4% และเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน พบว่า มี TSS ใกล้เคียงกับชุดควบคุม

**ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้** ชมพู่ที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าชมพู่ในกรรมวิธีควบคุม โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งสองกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน ชมพู่ที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงสุด คือ 0.19 %

กรมวิชาการเกษตร

**ความแน่นเนื้อผล** พบว่า ในวันแรกชุดควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 3.04 นิวตัน และชุดที่ได้รับแคลเซียมโบรอนเท่ากับ 3.38 นิวตัน สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความแน่นเนื้อของผลชมพู่ในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมตลอดอายุการเก็บรักษา

**การทดลองที่ 2 การพัฒนาสารดูดซับเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว**

**ประสิทธิภาพการดูดซับแก๊สเอทิลีน** พบว่า ถ่านซังข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับแก๊สเอทิลีนได้ดี ซึ่งประสิทธิภาพในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถดูดซับแก๊สเอทิลีนได้มากถึง 94% ในขณะที่ถ่านไม้ไผ่ และถ่านกิ่งลำไยมีประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สเอทิลีนได้ 82-85%

**การสูญเสียน้ำหนัก** พบว่า ในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.2-2.5% และมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 7% ในกรรมวิธีควบคุม และ6.3% ในกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 100 กรัม ทั้งนี้ มีแนวโน้มว่าการใช้สารดูดซับเอทิลีนมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก

**การเปลี่ยนแปลงสีผล** พบว่า ตลอดการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีค่าความสว่างหรือค่า L* น้อยกว่าทุกกรรมวิธี โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีค่า L* เพียง 65.2 ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีนสามารถชะลอการลดลงของค่า L* ได้ โดยกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 50 และ100กรัม มีค่า L* 68.8 และ68.1 ตามลำดับ ค่าสีแดง หรือค่า a* ของมะม่วงทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่า a* ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.2-1.8 ในวันที่ 7 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 7.4-8.3 ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา จากนั้นมีค่าคงที่จนกระทั่งเก็บรักษาครบ 28 วัน ส่วนค่าสีเหลือง หรือค่า b* ของมะม่วง พบว่า ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีค่า b* 36.7 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมากถึง 42.2 จากนั้น มีค่าคงที่จนเก็บรักษาครบ 28 วัน ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า b* ได้ โดยทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 35.5-35.8 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึง 41.0 ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

**ความแน่นเนื้อ** หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 19.9 นิวตัน และมีค่าลดลงต่อเนื่องจนมีค่าเพียง 4.1 นิวตัน ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ ซึ่งทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 21.7-22.5 นิวตัน จากนั้น มีค่าลดน้อยลงจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.0-5.8 นิวตัน

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้** การประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 13.2-14.4% จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึง 17.5% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

**ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้** การประเมินปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 1.8% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าเพียง 0.4% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 50 กรัม มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.6% และมีค่าลดลงจนเหลือเพียง 0.3% ใน

กรมวิชาการเกษตร

วันที่ 28 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 100 กรัม มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 1.9% และมีค่าลดน้อยลงจนเหลือเพียง 0.4% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา

**ปริมาณวิตามินซี** ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่า หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 28.1 mg/100 g ml และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียง 23.7 mg/100 g ml ในวันที่ 28 กรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 50 กรัม มีปริมาณวิตามินซี 25.6 mg/100 g ml ในวันที่ 7 และลดน้อยลงจนถึงวันที่ 14 มีค่ากับ 23.9 mg/100 g ml จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นวันที่ 21 มีค่าเท่ากับ 26.2 mg/100 g ml และลดน้อยลงจนเหลือเพียง 24.1 mg/100 g ml ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารดูดซับเอทิลีน 100 กรัม หลังเก็บรักษา มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 26.8 mg/100 g ml และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 23.2 mg/100 g ml

**การทดลองที่ 3 การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง**

**3.1 ข้อมูลระบบการจัดการผลิตกล้วยหอมทองของแปลงที่ใช้ในการทดลอง**

**แปลงปลูก** พื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองมีจำนวนทั้งสิ้น 200 ไร่ ทำการแบ่งพื้นที่ปลูกออกเป็นแปลง (บล็อก) จำนวน 4 แปลง แต่ละแปลงจะปลูกต้นกล้วยระยะเวลาห่างกันนาน 3 เดือน จำนวน 300-400 ต้นต่อไร่ แปลงปลูกมีลักษณะยกร่องสูง คูน้ำล้อมรอบ ระยะปลูก 1.5-2 เมตร จำนวน 3 แถวต่อร่อง ผลผลิตที่ได้จำนวนต่อต้น 1 ต้นมี 1 เครือ ใน 1 เครือมีจำนวน 5-7 หวี ซึ่งมีผลผลิต 300-400 เครือต่อไร่

**ภาพที่ 1** แปลงปลูกกล้วยหอมทองเพื่อการส่งออกที่ใช้ในการทดลอง

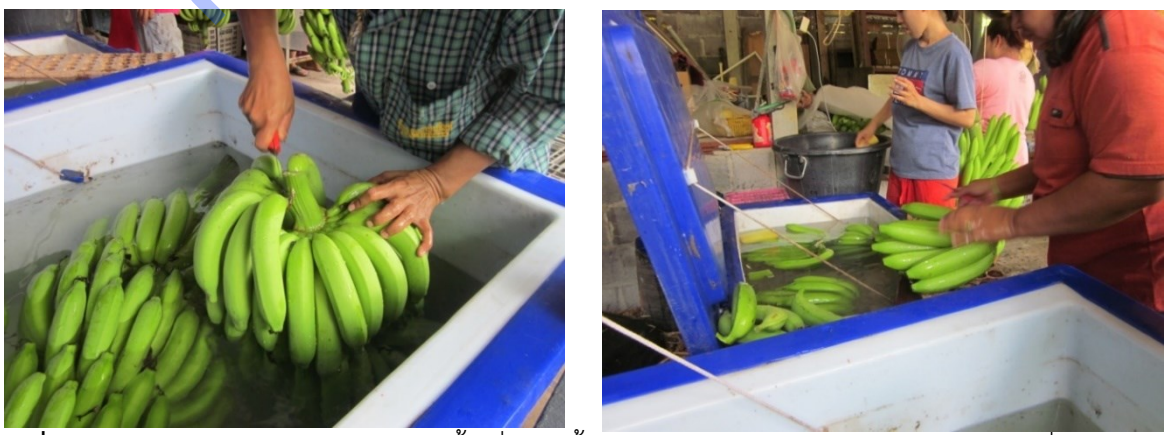
**การให้ปุ๋ย** ทำการให้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยก่อนปลูกรองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยคอก ส่วนหลังปลูกจะทำการให้ปุ๋ยเคมีจำนวน 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่อกล้วยมีอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ครั้งที่ 2 เมื่อกล้วยอายุ 60 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 25-7-7 ครั้งที่ 3 เมื่อกล้วยอายุ 90 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 และครั้งที่ 4 เมื่อต้นกล้วยมีอายุประมาณ 5 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ช่วงระยะเวลาในการให้ปุ๋ย คือ ช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ช่วงเย็น หรือช่วงเช้า

กรมวิชาการเกษตร

**การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว** การเก็บเกี่ยวกล้วยหอมทองสามารถเลือกเก็บเกี่ยวได้ 2 ระยะ คือ ระยะเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ จะนิยมเก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา หรือระยะที่กล้วยมีอายุหลังปลูกประมาณ 8 เดือน 15 วัน และระยะเก็บเกี่ยวสำหรับการส่งออก หรือระยะที่กล้วยมีอายุหลัง 7 เดือน 15 วัน จากนั้นนำกล้วยมาตัดแบ่งเป็นหวี โดยตัดแบ่งในน้ำเพื่อล้างยางกล้วย และป้องกันยางกล้วยติดผิวผล จากนั้นเลือกกล้วยหวีที่มีคุณภาพดี ผิวไม่มีตำหนิ และสีผิวสม่ำเสมอ มาล้างด้วยน้ำสะอาด หลังจากนั้นนำน้ำส้มสายชูมาทาบริเวณรอยตัดเพื่อป้องกันเนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นแผลเปลี่ยนสีเป็นสีดำ จากนั้น นำหวีกล้วยมาบรรจุลงกล่องกระดาษกล่องละ 5-6 หวี แต่ละกล่องมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 12 - 13.5 กิโลกรัม โดยราคาผลผลิตอยู่ที่เครือละ 170 บาท สำหรับฤดูกาลปลูกสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ราคาผลผลิตจะสูง ในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน

**ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วยหอมทอง** หลังจากเก็บเกี่ยวผลที่ความแก่ 80% นำผลผลิตมายังโรงคัดบรรจุเพื่อทำการตัดแต่ง ด้วยการแบ่งเป็นหวีออกจากเครือ และตัดแต่งผลที่มีตำหนิ ไม่สมบูรณ์ออก การตัดหวี และตัดแต่งผลจะทำในน้ำ เพื่อล้างน้ำยางของกล้วย และเพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดโดยใช้ฟองน้ำถูที่ผิวผล จากนั้นนำผลผลิตผึ่งให้แห้งสนิท นำผลผลิตบรรจุใส่ลงกล่อง (ภาชนะบรรจุ) ที่เตรียมไว้ และใส่พลาสติกกันกระแทก เพื่อป้องกันการกระแทกของหวีกล้วย เมื่อทำการบรรจุผลผลิตลงกล่องเรียบร้อยแล้ว นำผลผลิตขึ้นรถห้องเย็นที่มีระบบควบคุมอุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียส เพื่อทำการขนส่งไปยังปลายทาง

**ภาพที่ 2** ขนส่งผลผลิตมายังโรงคัดบรรจุ



**ภาพที่ 3** ตัดหวีออกจากก้านเครือกล้วย ในน้ำเพื่อล้างน้ำยาง พร้อมกับตัดแต่งหวีกล้วยและตัดลูกที่ไม่สมบูรณ์ออก

กรมวิชาการเกษตร

**ภาพที่ 4** ทำความสะอาดและ นำหวีกล้วยมาผึ่งให้แห้ง(ซ้าย) จากนั้น บรรจุกล้วยในกล่องที่มีถุงพลาสติก และพลาสติกกันกันกระแทก (ขวา)

**ภาพที่ 5** นำกล่องกล้วยหอมขึ้นรถห้องเย็นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เพื่อขนส่งไปยังที่หมายต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร

### 3.2 การทดสอบสมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้า พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์มีความหนา 36.3 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 11.4 g/$m^2$/day อัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน 5,950 $cm^3/m^2$/day อัตราการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 22,000 $cm^3/m^2$/day และมีอัตราการซึมผ่านก๊าซไนโตรเจน 1,700 $cm^3/m^2$/day

**3.3 ทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง**

**ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์** จากการทดลองบรรจุกล้วยหอมทอง ในถุง LDPE แบบ MAP โดยดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ $O_2$ 5% และมีปริมาณ $CO_2$ 5, 10 และ 15% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีผลต่อปริมาณก๊าซ $O_2$ , $CO_2$ และเอทิลีน ดังนี้

การเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพ MAP ที่มีปริมาณ $O_2$ 5% และมี $CO_2$ 5% มีปริมาณ $O_2$ ในถุงเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.81% แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มี $O_2$ 5 % และมีปริมาณ $CO_2$ 10 และ 15 % มีปริมาณ $O_2$ เท่ากับ 1.05 และ 1.12 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มีปริมาณ $O_2$ ในถุงเพียง 0.1 %

ปริมาณก๊าซ $CO_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์ พบว่า ปริมาณ $CO_2$ ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามกรรมวิธีที่กำหนดให้มี $CO_2$ เพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ กรรมวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในถุงให้มีปริมาณ $O_2$ 5 % และมีปริมาณ $CO_2$ 5, 10 และ 15 % มีปริมาณก๊าซ $CO_2$ เท่ากับ 17.18, 19.07 และ 20.91 % ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีมีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศมีปริมาณก๊าซ $CO_2$ เพียง 10.02 %

สอดคล้องกับการทดลองของ เสาวภา และธีรพงษ์ (2551) พี่พบว่า การเก็บรักษาผลส้มโอที่มีการบรรจุแบบ liner (‘bag-in-box’ type) ในถุงแอคทีฟ มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าผลส้มโอในสภาพบรรยากาศปกติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Koukounaras *et al.* (2019) ที่พบว่า การเก็บรักษาผักกาดหอมในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ

การเก็บรักษากล้วยหอมทอง ในถุง LDPE ทำให้มีปริมาณก๊าซเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่มีปริมาณ $O_2$ 5 % และ $CO_2$ 15 % มีปริมาณก๊าซเอทิลีนมากถึง 107.13 ppm เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการที่มีปริมาณ $O_2$ 5 % และมีปริมาณ $CO_2$ 5 และ 10 % ที่มีปริมาณก๊าซเอทิลีนเท่ากับ 74.36 และ 82.37 ppm ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณเอทิลีนเพียง 46.67 ppm

จากผลการทดลองในข้างต้น จะพบว่า กรรมวิธี MAP จะมีปริมาณก๊าซเอทิลีนมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Koukounaras *et al.* (2019) ที่พบว่า การเก็บรักษาในสภาพ MAP มีความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนมากกว่าผักกาดหอมในสภาพปกติ เนื่องจาก การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติมีอิสระในการผ่านเข้า – ออกของแก๊ส ทำให้แก๊สเอทิลีนสามารถระบายออกสู่บรรยากาศได้ ในขณะที่ ในบรรจุภัณฑ์มีข้อจำกัดในเรื่องการผ่านเข้า – ออกของของแก๊ส จึงทำให้มีความเข้มข้นของแก๊สเอทิลีนมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพปกติ

**คุณภาพของกล้วยหอมทอง** พบว่า กรรมวิธีที่มี $O_2$ 5% และ$CO_2$ 10% เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 0.61 % และมีปริมาณวิตามินซีสูงถึง 3.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เช่นเดียวกับ TSS และ TA มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 14.18 °Brix และ 0.18% ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่มี $O_2$ 5% และมีปริมาณ $CO_2$ 5% ที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก TSS และTA ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่มีปริมาณ $O_2$ 5% และ $CO_2$ 10% โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.92% TSS มีค่าเท่ากับ 14.01 °Brix และTA เท่ากับ 0.17% ในขณะที่มีปริมาณวิตามินซีเพียง 2.98 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนกรรมวิธีที่มี $O_2$ 5 % และ $CO_2$ 15%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.70% TSS มีค่าเท่ากับ 13.58 °Brix TA มีค่าเท่ากับ 0.14% และมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 2.82 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมโดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก 0.79% TSS มีค่าเท่ากับ 13.23 °Brix และมี TA เท่ากับ 0.16% สอดคล้องกับการทดลองของ Kudachikar *et al*. (2011) รายงานว่า เมื่อนำกล้วยดิบ (ผิวสีเขียว) เก็บรักษาใน MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.7% ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนัก 5.0% และพบว่าในกล้วยสุก (ผิวสีเหลือง) ที่เก็บรักษาใน MAP ที่อุณหภูมิ 12 ± 1 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.1% โดยกรรมวิธีควบคุมเก็บรักษาได้ 3 สัปดาห์ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 12.0% เช่นเดียวกันการสูญเสียน้ำหนักที่ลดลง อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติการซึมผ่านของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิด LDPE ซึ่งสอดคล้องกับ Isaak *et al*. (2006) รายงานว่าการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตผล ด้วยบรรจุภัณฑ์ MAP ที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส สามารถลดการเปลี่ยน แปลงทางกายภาพ รวมถึงลักษณะทางสัมผัส และทางสรีรวิทยาของกล้วย เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และการใช้ฟิล์ม LDPE สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักทางสรีรวิทยา และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

### 3.4 ทดสอบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทองในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ปี 2562

ในปีงบประมาณ 2562 มีการปรับเปลี่ยนกรรมวิธีเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่เกษตรกรได้จริงโดยจากเดิมที่มีการบรรจุก๊าซกำหนดให้มีความเข้มข้นเป็นเปอร์เซ็นต์ได้มีการปรับเปลี่ยนให้เป็นวินาที โดยเปลี่ยนจากการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่มี $O_2$ 5% $CO_2$ 5%, $O_2$ 5% $CO_2$ 10%, และ $O_2$ 5% $CO_2$ 15% ให้เป็นบรรจุ $O_2$ และ $CO_2$ นาน 15 และ30 วินาที เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

จากความสัมพันธ์ของเวลาในการบรรจุก๊าซกับปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ในถุงบรรจุภัณฑ์ได้ปรับลดกรรมวิธีเหลือ 3 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่บรรจุ $O_2$ และ $CO_2$ 15 วินาที มีปริมาณ $O_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์ 5.78% และ$CO_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์ 10.15% ในขณะที่กรรมวิธีที่บรรจุ $O_2$ และ $CO_2$ 30 วินาที มีปริมาณ $O_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์ 6.56 % และ $CO_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์ 12.34 % ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออกที่มีปริมาณ $O_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์เพียง 1.53 % และปริมาณ $CO_2$ ในถุงบรรจุภัณฑ์มีเพียง 2.75 %

Isaak *et al*. (2006) รายงานการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ MAP ที่อุณหภูมิ 13 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณ $CO_2$ และ $O_2$ เท่ากับ 5.1 และ 5.3 % ตามลำดับ และ Kudachikar *et.al*. (2007) พบว่า บรรจุภัณฑ์ MAP สามารถรักษาระดับ $CO_2$ และ $O_2$ ได้นานถึง 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นระดับ $CO_2$ ใน MAP จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษา 6 สัปดาห์ และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่สัปดาห์ที่ 7 ปริมาณ $O_2$ จะลดลงอย่างมาก ปริมาณ $CO_2$ และ $O_2$ ที่คงที่ในบรรจุภัณฑ์ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในกิจกรรมของเอนไซม์โดยเฉพาะการเผาผลาญ การหายใจ และอาจมีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชัน (Kader, 2002)

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนต่อการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ใน MAP ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า กรรมวิธีตามวิธีการปฏิบัติของผู้ส่งออก กล้วยหอมทองมีการสูญเสียน้ำหนัก 0.80% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีอื่น TSS มีค่าเพียง 13.46 °Brix ส่วน TA มีค่ามากถึง 0.21% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น และมีปริมาณวิตามินซีเพียง 2.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนกล้วย

กรมวิชาการเกษตร

หอมทองที่บรรจุในถุง LDPE พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนัก และ TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.92-0.95 % และTA เท่ากับ 0.18-0.19 % โดยกล้วยที่บรรจุในถุง LDPE ในสภาพ MAP บรรจุก๊าซ $O_2$ และ $CO_2$ 15 วินาที เป็นกล้วยมีคุณภาพที่ดีที่สุด มี TSS และปริมาณวิตามินซีมากถึง 15.35 $^{o}$Brix และ 3.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่มี $O_2$ และก๊าซ $CO_2$ 30 วินาที มี TSS 14.56 $^{o}$Brix ปริมาณวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 3.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบเดิม (2561) ผลการทดลองที่ได้คล้ายกับกรรมวิธี MAP ที่มีก๊าซ $O_2$ 5 % และ$CO_2$ 5 % ซึ่งกรรมวิธีแบบใหม่นี้ (ปี 2562) เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง

**การทดลองที่ 4 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว**

**น้ำหนักผล** มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีน้ำหนักผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 356.58 กรัม ในขณะที่ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอน มีน้ำหนัก ผลเพียง 338.86 กรัม

**การสูญเสียน้ำหนัก** พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 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% ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วุฒิรัตน (2561) ที่ทดลองให้แคลเซียมคลอไรด์แก่ผักคะน้าไฮโดรพอนิกส์ พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีควบคุม แต่ทั้งนี้ การสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่ากรรมวิธีควบคุมไม่ได้ส่งผลต่อลักษณะภายนอก ความแน่นเนื้อ และคุณภาพของผล

**การเปลี่ยนแปลงสี** ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าความสว่าง หรือค่า L* ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L* เท่ากับ 74.71-75.11 จากนั้น มีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 67.48-67.53 ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทุกกรรมวิธี มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยในวันที่ 7 มีค่า a* เท่ากับ 7.26-7.29 จากนั้นกรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 9.89 ในวันที่ 28 ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่า a* 9.38 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน ส่วนค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยในวันที่ 7 กรรมวิธีควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 32.49 จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึง 38.36 วันที่ 28 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่า b* หลังเก็บรักษา 7 วัน 33.49 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง วันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า b* เท่ากับ 39.80

**ความแน่นเนื้อ** พบว่า ผลมะม่วงที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับแคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 29.37 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเพียง 5.05 นิวตัน ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม หลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่าเท่ากับ 31.01 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือเพียง 8.32 นิวตัน ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gorny *et al*., (1996); King and Bolin (1989) ที่พบว่า การให้แคลเซียม สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ แคลเซียมจะทำปฏิกิริยากับกรดเพกติคในผนังเซลล์เพื่อสร้างแคลเซียมเพกเตต ซึ่งเป็นการเสริมสร้างพันธะ

กรมวิชาการเกษตร

โมเลกุลระหว่างองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้สามารถชะลอการสลายตัวของเพคติน และทำให้มีองค์ประกอบของผนังเซลล์มาก เมื่อนำมาเก็บรักษาจึงยังคงรักษาความแน่นเนื้ออยู่ได้ (Ortiz, 2011)

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)** กรรมวิธีควบคุมมี TSS หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 14.27% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษา 14 วัน มีค่า 16.63% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 16.90% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมี TSS หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 13.95% จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 17.10% และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อรักษานาน 21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.89% และมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 17.14%

**ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)** มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มี TA ลดน้อยลง หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมี TA เท่ากับ 2.39% จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลืองเพียง 0.30% ในวันที่ 28 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอนมี TA เท่ากับ 2.10% เมื่อเก็บรักษา 7 วัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 มี TA เพียง 0.24% ทั้งนี้ กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซ๊ยมมี TA น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gayed *et al*. (2017) ที่ทดลองให้แคลเซียมคลอไรด์ ในระยะ pea stage ความเข้มข้น 1% 2% ในช่วง 10 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว และการทดลองของ Karemera *et al*. (2013) ที่ทดลองให้แคลเซียมคลอไรด์แก่มะม่วงพันธุ์ Mallika ที่ความเข้มข้น 0.5% 1% 1.5% พบว่า ทั้ง 2 การทดลองมี TA น้อยกว่าชุดควบคุม ซึ่งการที่TA ลดน้อยลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก ผัก และผลไม้ใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ ซึ่งกรดอินทรีย์เป็นสารตัวกลางที่สำคัญในวัฏจักร Krebs (จริงแท้, 2549) ทั้งนี้ ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าการให้แคลเซียมโบรอนมีผลต่อการหายใจของผลิตผลหรือไม่ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

**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

**กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาคุณภาพผักหลังการเก็บเกี่ยว**

**การทดลองที่ 1 การยืดอายุการเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลง**

**5.1 สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์** จากการวิเคราะห์สมบัติของถุงบรรจุภัณฑ์ low density polyethylene (LDPE) ที่จำหน่ายเป็นการค้าในการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า ถุงบรรจุภัณฑ์มีความหนา 40 ไมครอน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ 49.6 g/$m^2$/day อัตราการซึมผ่าน $O_2$ 15,800 $cm^3/m^2$/day อัตราการซึมผ่าน $CO_2$ >30,000 $cm^3/m^2$/day และ อัตราการซึมผ่าน N 4,835 $cm^3/m^2$/day

**5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์** ในช่วง 9 วันแรกของการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในถุงบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซ $O_2$ และ $C_2H_4$ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะปริมาณก๊าซ $CO_2$ ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า ในบรรจุภัณฑ์ของกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณ $O_2$ สูงที่สุด คือ 13.23% ปริมาณ $CO_2$ ต่ำที่สุด คือ 1.67 % และปริมาณ $C_2H_4$ ต่ำที่สุด คือ 0.77 ppm ส่วนปริมาณก๊าซภายในถุงบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 กรรมวิธีมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณก๊าซ $O_2$ 4.97-6.00%, $CO_2$ 3.96-4.56 % และ $C_2H_4$ 1.17-1.40 ppm

กรมวิชาการเกษตร

**5.3 คุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา**

**การสูญเสียน้ำหนัก** ข้าวโพดฝักอ่อนมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นนาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุตามกรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 7.43 % ในขณะที่ข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงทั้ง 3 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.47-1.54 %

**ความแน่นเนื้อฝัก** จากการวัดความแน่นเนื้อฝักจากแรงตัดสูงสุดบริเวณตำแหน่งกลางฝัก พบว่า ความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากมีความเหนียวและแข็งของเนื้อฝักเพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ค่าความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศตามกรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 มีความแน่นเนื้อฝักสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC โดยค่าความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ระหว่าง 17.44 - 18.78 นิวตัน

**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้** ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 5% ในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด คือ 8.15 %บริกซ์

**ปริมาณวิตามินซี** ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 5% ในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด คือ 2.10 mg/ 100g FW ในขณะที่ข้าวโพดฝักอ่อนในกรรมวิธีควบคุมที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืด PVC มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด คือ 1.60 mg/ 100g FW

**การเปลี่ยนแปลงสีฝัก** การเปลี่ยนแปลงสีฝักของข้าวโพดฝักอ่อนในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนในถุง LDPE ในกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% และ ก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 5% มีค่าสีฝักสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่า L* เท่ากับ 67.18 ค่า a* เท่ากับ 6.15 และ ค่า b* เท่ากับ 27.23

**การทดลองที่ 2 ผลของแสงยูวีต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายผัก**

**การสูญเสียน้ำหนัก** มะเขือเทศเชอรี่ในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการวางจำหน่าย โดยมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุมในระหว่างการวางหน่ายเป็นเวลา 21 วัน โดยมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีซีมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุดเพียง 0.28 %

**ความแน่นเนื้อผล** มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อของผลสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุม โดยมีความแน่นเนื้อผลระหว่าง 5.31-5.38 N

**การยอมรับของผู้บริโภค** เมื่อนำผลมะเขือเทศเชอรี่ไปให้ผู้บริโภคทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในช่วง 7 วันแรกของการวางจำหน่ายให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อวางจำหน่ายเป็นเวลา 21 วัน คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านความสด สี และกลิ่นของมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ในกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ยูวีซีระดับต่ำในช่วงระหว่าง 0.25-8 $kJ/m^2$ ไปส่งเสริมการสังเคราะห์ของ photoalexins

กรมวิชาการเกษตร

ทำให้ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการอ่อนนุ่มของผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Barka *et. al.*, 2000, Erkan *et. al.*, 2008) ในขณะที่การให้แสงยูวีบีระดับสูงระหว่าง 15-30 kJ/$m^2$ สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่บนผลผลิตได้ สอดคล้องกับการทดลองให้แสงยูวีที่ 6 kJ/$m^2$ เป็นเวลา 28 วัน สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและการสุกของผลบลูเบอร์รี่ได้ (Nguyen *et.al.*, 2014) ส่วนการใช้แสงยูวีซีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร สามารถชะลอการอ่อนนุ่ม ลดการผลิตเอทิลีน และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคโตลูเนสและเพกตินเมทิลเอสเทอเรสของผลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอ่อนนุ่มของผลมะเขือเทศได้ (Bu *et al*., 2013)

**การเปลี่ยนแปลงสีของผล** มะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่ได้รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุมมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีในทุกกรรมวิธีเมื่อวางจำหน่ายนาน 21 วัน ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ในมะเขือเทศที่ได้รับแสงยูวีจะสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุม ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในมะเขือเทศเชอรี่ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองของ Scattino *et al*. (2014) ที่ใช้แสงยูวีบีในการกระตุ้นสามารถกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของยีนในวิถีการสังเคราะห์ ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid biosynthesis genes) ในพืชพันธุ์ Suncrest และท้อพันธุ์ Big top ส่วนการใช้แสงยูวี-ซี (UV-C) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร กับมะเขือเทศสามารถจะเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ไลโคปีน และปริมาณฟีนอลิกได้ (Pataro *et al*., 2015)

**การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผล** เมื่อวางจำหน่ายนาน 21 วัน มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ไม่ได้รับแสงยูวีในกรรมวิธีควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีในแต่ละชนิด พบว่า มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีบีและยูวีซีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีเอ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.00 - 7.05 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดที่ ไตเตรทได้ 0.65-0.68 % และปริมาณวิตามินซี 55.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

กรมวิชาการเกษตร

# บทสรุปและข้อเสอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

1.การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5% จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถรักษาคุณภาพมะม่วงนาน 28 วัน และชมพู่ได้นาน 15 วัน

2. ถ่านซังข้าวโพดมีประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สเอทิลีนมากที่สุด ถึง 94% และเมื่อนำมาทดสอบโดยใส่ถ่านซังข้าวโพด 50 และ100 กรัม ในกล่องมะม่วง เพื่อจำลองการขนส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่า การใช้ถ่านซังข้าวโพด50 และ 100 กรัม สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของผลไม้ได้ โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี และค่าความแน่นเนื้อได้ ในขณะที่ ยังสามารถคงคุณภาพทางเคมีของผลไม้ได้เช่นกัน

3. การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ด้วยวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า กล้วยหอมทองที่ได้รับสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซ $O_2$ 5% และ$CO_2$ 10% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 28 วัน ในสภาพควบคุมอุณหภูมิต่ำที่ 13 องศาเซลเซียส โดยกล้วยหอมทองยังคุณภาพทั้งด้านกายภาพ และเคมีได้ แต่เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรจึงเปลี่ยนจากการใช้ความเข้มข้นของก๊าซเป็นระยะเวลาการปล่อยก๊าซ พบว่า การบรรจุก๊าซ $CO_2$ และ $O_2$ นาน 15 วินาที ให้ผลทำนองเดียวกันกับการให้ก๊าซ $CO_2$ 5% และ ก๊าซ $O_2$ 5% เพื่อยืนยันผลของการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง ด้วยวิธีการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ ด้วยถุง LDPE อาจทำการวัดคุณภาพด้านชีวเคมี ด้วยการหาปริมาณสารพฤษเคมีต่าง ๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เป็นต้น

4. การทดสอบการให้แคลเซียมโบรอนแก่แปลงของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงส่งออก พบว่า การให้แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% โดยฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง ที่อายุผล 30, 45 และ60 วันดอกบาน สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้แก่ผลมะม่วงได้ โดยมีผลต่อคุณภาพทางเคมีเพียงเล็กน้อย

5. การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ พบว่า การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนในถุงบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิด LDPE โดยปรับให้มีก๊าซ $O_2$ ความเข้มข้น 5% และก๊าซ $CO_2$ ความเข้มข้น 5% มีคุณภาพดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้นาน 21 วัน

6. ผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีทุกกรรมวิธีในระหว่างการวางจำหน่ายมีคุณภาพผลทางด้านความแน่นเนื้อผล ค่าสีแดง (a) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับแสงยูวี โดยผลมะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับแสงยูวีบีและแสงยูวีซีมีคุณภาพผลดีที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

# บรรณานุกรม


จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. **สรีระเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.

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

จารุวรรณ อ้นบุตร. 2545. **ผลของวัย สภาพบรรยากาศควบคุม และแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของมะละกอสุกพร้อมบริโภค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

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

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

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

เสาวภา ไชยวงศ และ ธีรพงษ เทพกรณ์. 2551. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงตอคุณภาพของสมโอพันธุทองดีในระหวางการเก็บรักษา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 39 (3) (พิเศษ) : 289-290.

Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J., Arul, J. 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48: 667-671.

Bu, J., Yu, Y., Aisikaer, G. and T. Ying. 2013. Postharvest UV-C irradiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon escullentum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 86: 337-345.

Cote, S., Rodoni, L., Miceli, E., Concellón, A., Civello, P.M., and A.R.Vicente. 2013. Effect of radiation intensity on the outcome of postharvest UV-C treatments. Postharvest Biology and Technology. 83: 83-89.

Erkan, M., Wang, S. Y., and Wang, C. Y. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology. 48, 163-171.

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.


กรมวิชาการเกษตร

Isaak P.G., V.B. Kudachikar, S.G. Kulkarni, M.S. Vasantha, M.N. Keshava Prakash and K.V.R. Ramana. 2006. Shelf life and quality of modified atmosphere packed plantains during low temperature storage. **Food Sci Technol** 43:671–676.

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., 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.

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.

Kirby, E.A. and D.J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. **Plant Cell Environ.** 7:397- 405.

Koukounaras, A, Siomos, A.S., Gerasopoulos, D. and Papachristodoulou, M. 2019. Active modified atmosphere package induced a new physiological disorder of minimally processed romaine lettuce leaves. **Food Packaging and Shelf Life** 22.

Kudachikar V.B., S.G. Kulkarni and M.N.K. Prakash 2011. Effect of modified atmosphere packaging on quality and shelf life of 'Robusta' banana (Musa sp.) stored at low temperature. **Food Sci Technol** 48, 319–324. https://doi-org.portal.lib.ku.ac.th/10.1007/s13197-011-0238-y

Liu, C., Han, X., Cai, L., Lu, X., Ying, T., and Z.Jiang. 2011. Postharvest UV-B irradiation maintains sensory qualities and enhances antioxidant capacity in tomato fruit during storage, Postharvest Biology and Technology. 59(3): 232-237.

Maneerat, C., Hayata, Y., Muto, N., and M.Kuroyanagi. 2003. Investigation of UV-A light irradiation on tomato fruit injury. Journal of Food Protection. 66(11): 2168-2170.

Manzocco, L., Dri A. and Quarta, B. 2009. Inactivation of pectic lyase by light exposure in model systems and fresh-cut apple. Innovative Food Science and EmergingTechnologies. 10: 500-505.

Nguyen, C.T., Kim, J., Yoo, K.S., Lim, S. and Lee, J. L. 2014. Effect of prestorage UV-A, -B, and -C radiation on fruit quality and anthocyanin of 'Duke' blueberries during cold storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 62: 12144-12151.

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.

Pataro, G., M. Sinikc, M.M. Capitolic, G. Donsib and G. Ferraria. 2015. The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2015.06.003.

กรมวิทยาศาสตร์

Poovaiah, B.W. and A.S.N. Reddy. 1993. Calcium and signal transduction in plants. **Critical Reviews in Plant Science**. 12: 185-211.

Scattino C., A. Castagnaa, S. Neugartb, H.M. Chanc, M. Schreinerb, C.H. Crisostoc, P. Tonuttid and A. Ranieria. 2014. Post-harvest UV-B irradiation induces changes of phenol contents and corresponding biosynthetic gene expression in peaches and nectarines. Food Chemistry 163: 51-60.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: A review. Trends Food Sci. Technol. 14(9): 341-353.

กรมวิชาการเกษตร