กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

การจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

Postharvest Management of Mango Export by Sea Transportation

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายอนุวัฒน์ รัตนชัย

Anuwat Rattanachai

ปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปผู้บริหาร

การจัดการมะม่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมีผลต่อคุณภาพของมะม่วง มะม่วงมีระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น ไม่เหมาะกับการขนส่งทางเรือเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน และต้นทุนการขนส่งมะม่วงส่งออกสูงเมื่อขนส่งทางอากาศ การขนส่งมะม่วงทางเครื่องบินนั้นมีต้นทุนสูง ในการส่งออกมะม่วงส่วนใหญ่ใช้การขนส่งทางเครื่องบินซึ่งมีต้นทุนสูงกว่าการขนส่งทางเรือ 3-4 เท่า การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลให้ยาวนานขึ้น หากพัฒนาการเก็บรักษาให้ได้นานและมีคุณภาพจะสามารถขนส่งทางเรือจะช่วยลดต้นทุนลง การจัดการที่เหมาะสมสามารถช่วยแก้ไขปัญหาและช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของมะม่วงไทย โครงการการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ เพื่อให้ได้เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน มาประยุกต์ใช้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารเคมีในการทำความสะอาดมะม่วงเพื่อการส่งออกได้ชนิดและความเข้มข้นของซิลิกอนในการรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว นำเทคนิคซุปเปอร์คูลลิ่งมาใช้ในการยืดอายุมะม่วงเพื่อการส่งออกทางเรือ และจัดการคุณภาพมะม่วงหลังเก็บเกี่ยวส่งออกทางเรือ ลดต้นทุนการขนส่ง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการขนส่งทางเรือ เพื่อลดต้นทุนและสามารถแข่งขันกับประเทศคู่แข่งได้มากยิ่งขึ้น

ลงชื่อ

(นายอนุวัฒน์ รัตนชัย)
หัวหน้าโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นผลผลิตเน่าเสีย และโรคเข้าทำลายได้ง่าย โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน มาประยุกต์ใช้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารเคมีในการทำความสะอาดมะม่วงเพื่อการส่งออก ได้ชนิดและความเข้มข้นของซิลิกอนในการรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว นำเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงเพื่อการส่งออกทางเรือ และจัดการคุณภาพมะม่วงส่งออกทางเรือ ศึกษาประสิทธิภาพของการทำความสะอาดด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำผสมด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm ชุดควบคุม กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน กรรมวิธีที่ 3-6 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 100 150 และ 200 ppm ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 °C นาน 28 วัน พบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm เกิดโรคช้าที่สุด ซึ่งพบในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมพบในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา นำซิลิกอนที่มีบทบาทในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์ และลดการเกิดโรคมาประยุกต์ใช้ในการรักษาคุณภาพของมะม่วง พ่นซิลิกอนทางใบที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 % ระยะผล 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C นาน 28 วัน พบว่าซิลิกอนมีแนวโน้มของการเกิดโรคหลังเก็บเกี่ยวน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% เกิดโรคน้อยที่สุด เกิดโรคน้อยกว่า 30% การทดลองเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C ชุดควบคุม กรรมวิธีที่ 2-4 ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 1000 2000 และ 3000 โวลต์ต่อเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองเบื้องต้น นำมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13±2 °C นาน 1 เดือน พบว่ามีการเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองทองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เกิดการเหี่ยวหรือการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น การเกิดโรคพบอาการของโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา การดำเนินการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือจากประเทศญี่ปุ่น การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการขนส่งทางเรือ กรรมวิธีใช้ (SiO_2 0.5% + (MNBs + NaOCl 200 ppm) พ่นมะม่วงด้วยซิลิกอนความเข้มข้น 0.5% ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการล้างมะม่วงด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที สามารถลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ โดยเก็บรักษามะม่วงได้นาน 28 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมเก็บรักษามะม่วงได้นาน 21 วัน กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลออัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีนได้ นอกจากนี้พบว่ามีแนวโน้มในรักษาคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการได้

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Nam Dok Mai Si-Thong' is a climacteric and highly perishable fruit that requires specialized postharvest handling to extend its storage. This research aims to study the efficacy of air micro- and nano- bubbles technology in combination with sodium hypochlorite on reduced disease and maintained the quality of 'Nam Dok Mai Si-Thong' mango, studied about silicon concentration for using in mango, super-cooling technique for storing mango, and quality management of mango export by sea transportation. The experimental design was RCBD, 4 replications, treatments; treatment 1 is sodium hypochlorite 200 ppm in water for 10 minutes (control), treatment 2 is tap water by using air micro- and nano- bubbles technology for 10 minutes, treatment 3-6 used air micro- and nano- bubbles in combination with 50 100 150 and 200 ppm sodium hypochlorite for 10 minutes, respectively. Fruits were stored at 13±2 °C for 28 days. It was found that using air micro- and nano- bubbles in combination with 200 ppm sodium hypochlorite resulted in the slowest disease. It was found on day 21st of storage whereas the disease of control fruit appeared on day 9th of storage. The objective of this study was silicon; plays a role in strengthening cells and apply for reducing postharvest disease of mango. Mango trees were spayed (silicon concentration 0.5 and 1.0%) 30 45 and 60 days after anthesis. Mango harvested at harvesting index of mango. Fruits were stored at 13 °C for 28 days. The results show that postharvest disease of 0.5% silicon treatment was 2.17 lower than 0.1% silicon and control treatments about 30%. The objective of the method of storage by supercooling technique was obtained for 'Nam Dok Mai Si-Thong' mango. The experimental design was RCBD, 5 replications, 4 treatments; treatment 1 stored at 13 °C, treatment 2-4 stored at 13 °C and use supercooling sheet (electromagnetic waves) at 1000 2000 and 3000 volt/m, respectively. Pre-test research shows that mango stored at 13±2 °C, Relative Humidity (RH) 85-95 % for 1 month. The record appearance of mango (color, wilt and disease) showed that developed color lite yellow to golden yellow, wilt and wight loss when stored. Postharvest disease showed at stored 6 days. The experimental about super-cooling cannot do it because COVID-19 pandemic. Quality management of mango export by sea transportation used the method (spy SiO_2 0.5% at 30 45 and 60 days after anthesis + MNBs bubble + NaOCl 200 ppm 10 minutes) for cleaning mango. The resulted shows the slowest disease. It was found on day 28th of storage whereas the disease of control fruit appeared on day 21st of storage. In addition, it was found that tendency to maintain consumption quality and nutrition of mango.

กรมวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณนักวิจัยในโครงการทุกท่านที่ร่วมทำงานวิจัย ถึงแม้งานวิจัยในโครงการนี้จะอยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 ขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ให้การสนับสนุนเครื่องมือ รวมถึงสถานที่ดำเนินการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทสรุปผู้บริหาร	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	3
กิตติกรรมประกาศ	4
สารบัญ	5
สารบัญภาพ	6
สารบัญตาราง	7
บทที่ 1 บทนำ	11
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	16
บทที่ 3 ผลการศึกษา	21
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	52
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	61

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงแผงและเครื่องควบคุมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และระบบ Super Cooling การเก็บรักษามะม่วง 13

ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (percent of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 22

ภาพที่ 3 ความรุนแรงของการเกิดโรค (degree of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 22

ภาพที่ 4 ลักษณะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 25

ภาพที่ 5 อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 28

ภาพที่ 6 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส 29

ภาพที่ 7 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน 38

ภาพที่ 8 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน 38

ภาพที่ 9 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน 39

ภาพที่ 10 ลักษณะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 40

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน 21

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสีค่าความสว่าง L* value (Lightness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13+2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 23

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 23

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 24

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสีค่า hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 26

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 27

ตารางที่ 7 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษานาน นาน 28 วัน 27

ตารางที่ 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษานาน นาน 28 วัน 29

ตารางที่ 9 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษา นาน 28 วัน 30

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 31

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสีค่าความสว่าง L* value (Lightness) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 32

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 33

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 33

ตารางที่ 14 ความแน่นเนื้อผล (firmness) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 34

ตารางที่ 15 ความแน่นเนื้อบริเวณเนื้อผล (firmness in pulp) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 35

ตารางที่ 16 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 35

ตารางที่ 17 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 36

ตารางที่ 18 ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 37

ตารางที่ 19 การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว (คะแนน) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 37

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 40

ตารางที่ 21 ค่าความสว่าง (L* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 41

ตารางที่ 22 ค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 41

ตารางที่ 23 ค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 42

ตารางที่ 24 ค่า Hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 42

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์การการสูญเสียน้ำหนักสด (% weight loss) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 43

ตารางที่ 26 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 43

ตารางที่ 27 อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 44

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 28 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 44

ตารางที่ 29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 45

ตารางที่ 30 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 45

ตารางที่ 31 ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 46

ตารางที่ 32 ความชื้นของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 46

ตารางที่ 33 ปริมาณโปรตีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 47

ตารางที่ 34 ปริมาณไขมันของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 47

ตารางที่ 35 ปริมาณกากใยของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 48

ตารางที่ 36 ปริมาณเถ้าของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 48

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 28 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 52

ตารางที่ 29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 52

ตารางที่ 30 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 53

ตารางที่ 31 ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 54

ตารางที่ 32 ความชื้นของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 54

ตารางที่ 33 ปริมาณโปรตีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 55

ตารางที่ 34 ปริมาณไขมันของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 55

ตารางที่ 35 ปริมาณกากใยของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 56

ตารางที่ 36 ปริมาณเถ้าของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 56

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

<u>วิสัยทัศน์</u>

เป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>พันธกิจ</u>

๑. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร สู่กลุ่มเป้าหมาย

๒. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

๓. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์

๔. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	งบประมาณ (บาท)
โครงการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ	803,680

กรมวิชาการเกษตร

4. รายละเอียดโครงการ

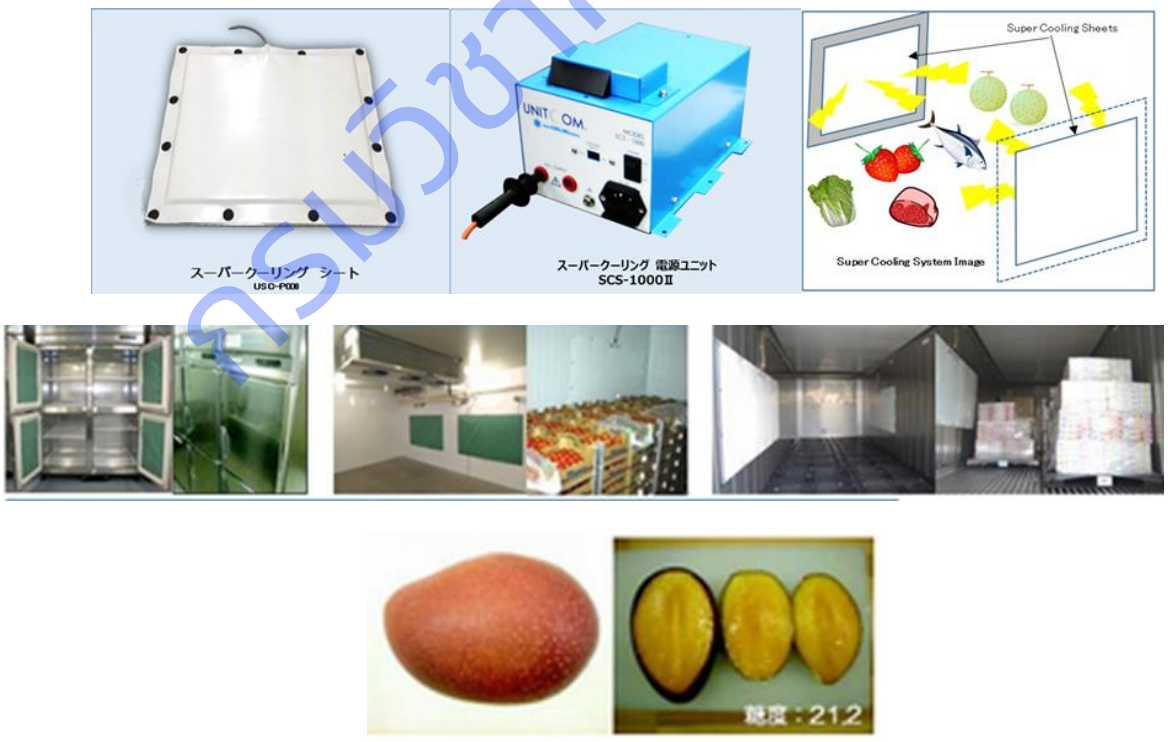
ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ปี 2560 ประเทศไทยส่งออกมะม่วง 59,045 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 3,323 ล้านบาท ส่งออกมะม่วงสดหรือแช่แข็ง 33,381 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 1,674 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ปัญหาที่พบในโซ่อุปทานมะม่วงเพื่อการส่งออกของทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรทั่วไป ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกได้น้อยกว่าร้อยละ 20 และกลุ่มเกษตรกรที่ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกคุณภาพสูงร่วมกับการจัดการคุณภาพผลผลิต สามารถสรุปรูปแบบการจัดการคุณภาพของโซ่อุปทานของมะม่วงเพื่อการส่งออก คือ ด้านการผลิต เกษตรกรควรเข้าระบบ GAP และปฏิบัติตามคำแนะนำที่ถูกต้องและเหมาะสม การจัดการเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก พบว่าการห่อผลมะม่วงด้วยถุงกระดาษสองชั้น ชั้นในสีดำ มีประสิทธิภาพดีที่สุด และถ้ามีการพ่นหรือจุ่มสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงก่อนห่อผล และห่อผลในระยะที่เหมาะสมคือ 40-60 วันหลังดอกบาน ลดการเกิดตำหนิต่างๆ ที่ผิวผล และช่วยให้ผลมะม่วงมีสีเหลืองสวยงามเมื่อสุก การให้น้ำในช่วงที่กระทบความแห้ง แล้ง ช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตในด้านขนาดผลให้ใหญ่ขึ้น การเก็บเกี่ยวที่อายุ 105-112 วันหลังดอกบาน ทำให้ผลมีคุณภาพดีการใช้โฟมตาข่ายห่อกันกระแทกระหว่างการขนส่ง จากฟาร์มไปยังโรงคัด ช่วยลดความเสียหายในระหว่างการขนย้าย (ชูชาติ, 2556) มะม่วง (Mangifera indica L.) เป็นหนึ่งในผลิตผลจากประเทศไทยที่มีศักยภาพในการส่งออกไปจำหน่ายในหลายประเทศทั่วโลกในปริมาณที่มาก เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เป็นต้น จากรายงานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO (2019) พบว่าในปี 2017 – 2019 ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีปริมาณการส่งออกผลิตผลในกลุ่มมะม่วง มังคุด และฝรั่งมากถึง 229,768 – 260,081 ตัน ซึ่งมากเป็นอันดับที่ 2 ของโลก คิดเป็นมูลค่ามากถึง 275,509 – 624,724 (1000 US$) ในปี 2563 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงทั้งหมดมากถึง 117,656 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,602 ล้านบาท แบ่งออกเป็น มะม่วงสดหรือแช่เย็นจนแข็ง 90,244 ตัน มูลค่า 2,367 ล้านบาท มะม่วงบรรจุภาชนะที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ 22,452 ตัน มูลค่า 1,243 ล้านบาท และมะม่วงอบแห้ง 4,959 ตัน มูลค่า 992 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก และเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคในหลายประเทศ ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ทั่วประเทศในปี 2563 มากถึง 347,327 ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 188,824 ตัน โดยภาคเหนือเป็นภูมิภาคที่มีพื้นที่ปลูกมะม่วงมากที่สุดถึง 159,310.97 ไร่ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 83,945 ตัน ปลูกมากแถบจังหวัด พิษณุโลก รองลงมาคือ เชียงใหม่ เพชรบูรณ์ พิจิตร และสุโขทัย ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563)

มะม่วงเป็นผลผลิตที่เกิดการสูญเสียได้ง่าย เนื่องจาก เป็นผลไม้ประเภท Climacteric เมื่อผลสุกจะมีการผลิตแก๊สเอทิลีนและมีการหายใจสูง ซึ่งชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในต่าง ๆ ที่นำไปสู่การสูญเสีย รวมทั้งมะม่วงเป็นผลผลิตทางพืชสวนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก เนื้อสัมผัสนิ่ม และง่ายต่อการบอบช้ำ (จริงแท้, 2538) มะม่วงเพื่อการบริโภคผลสุก ควรเก็บเกี่ยวเมื่อแก่ได้ที่ โดยพิจารณาจากจำนวนวันหลังดอกบาน สำหรับช่วงอายุที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวมะม่วงเพื่อการส่งออก คือ อายุ 90-100 วัน หลังจากดอกบานเต็มที่ ส่วนตลาดในประเทศควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุ 110-120 วัน หลังจากดอกบานเต็มที่ อย่างไรก็ตามอายุเก็บเกี่ยวของมะม่วงอาจจะแตกต่างกันไปบ้างขึ้นกับฤดูกาลและพื้นที่ปลูก ส่วนการคัดคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวจะใช้ความถ่วงจำเพาะ โดยการนำมะม่วงมาลอยน้ำ ผลที่อ่อนจะลอยน้ำส่วนผลที่แก่จัดจะจมน้ำ อุณหภูมิที่ 13 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษามะม่วงได้ 20 วัน (เบญจมาส และคณะ, 2554) โรคแอนแทรคโนสของมะม่วง (Mangifera indica L.) มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้คุณภาพของผลมะม่วงลดลง อายุการเก็บรักษาสั้น มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคนี้เป็นอย่างมาก (นิพนธ์, 2525) แต่ได้รับความนิยมมากที่สุดจากผู้จำหน่ายและส่งขายในประเทศญี่ปุ่น ผู้ประกอบการผู้ส่งออกมะม่วง ทำความสะอาดมะม่วงโดยใช้ผสมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm กับน้ำทำความสะอาดมะม่วงหลังจากเก็บเกี่ยวมาจากแปลงของเกษตรกร (มาลิณี และไอลดา, 2557) ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano- bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ หรือแม้แต่ในกระบวนการผลิต

กรมวิชาการเกษตร

อาหารและเครื่องดื่มที่ต้องการทำให้เกิดโฟม หรือเครื่องดื่มน้ำอัดลม เป็นต้น MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร คุณสมบัติเด่นของ MNBs คือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson and Ljunggren, 1999) การนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารป้องกันโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงอาจทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรคเพิ่มขึ้น ซิลิกอนมิใช่มีบทบาทเพียงแต่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์และทำให้ผนังเซลล์มีเสถียรภาพสูงขึ้นเท่านั้น ยังช่วยลดการสังเคราะห์ลิกนินอีกด้วย การมีซิลิกอนเข้าเสริมในผนังเซลล์ทำให้ผนังแข็งแรงโดยใช้พลังงานต่ำกว่าการสังเคราะห์ลิกนิน หากต้องการลิกนิน 1 กรัม ต้องอาศัยพลังงานจากกลูโคสถึง 2 กรัม และเมื่อเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานสำหรับสร้างลิกนินกับการใช้ซิลิกอนเพื่อการนี้คิดเป็นสัดส่วนได้ 20 : 1 ซึ่งแสดงว่าซิลิกอนช่วยเสริมความแข็งแรงให้เซลล์พืชด้วยกระบวนการที่ประหยัดพลังงานอย่างมาก (Raven, 1983) Super-cooling ความเย็นยิ่งยวด เป็นสภาวะที่อุณหภูมิของของเหลวลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point) แต่ยังไม่มีผลึกน้ำแข็ง (ice crystal) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2561) Super-cooling เป็นเทคนิคการแปรรูปอาหารที่มีศักยภาพในการเพิ่มอายุการเก็บรักษาอาหารอย่างมีนัยสำคัญและเพื่อลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์อาหารจากภาคการผลิตและการค้าปลีกของห่วงโซ่ความเย็น กระบวนการนี้ใช้อุณหภูมิในการจัดเก็บที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเริ่มแรกของอาหารโดยไม่มีการแช่แข็งของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะรักษาคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับอาหารสด ไม่ใช้กระบวนการแช่แข็งทำให้ระยะเวลาการผลิตลดลงจากการเก็บเกี่ยวถึงการส่งมอบจนถึงการค้าปลีกรวมทั้งการใช้พลังงานที่ลดลง (ไม่มีการกำจัดความร้อนที่แฝงจากแปลง) และเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการผลิตเมื่อเทียบกับการผลิตอาหารแช่แข็งตามมาตรฐาน (Stonehouse and Evans, 2015) ข้อดีของ Super Cooling System (SCS) การติดตั้งแผ่นระบายความร้อนแบบซุปเปอร์บนผนังด้านในของห้องสามารถทำงานพื้นที่ภายในตู้ได้ ซึ่งชุดควบคุมและแผ่น SCS (แผงควบคุม) สามารถติดตั้งได้ในระยะเวลาอันสั้น และสามารถติดตั้งได้ในตู้เย็น ตู้แช่เย็น หลังจากติดตั้งแล้ว ต้นทุนลดลง ซึ่งการนำเทคนิค Super Cooling มาใช้ในการเก็บรักษามะม่วงลูกสีแดงไทโยโนะทามาโงะของญี่ปุ่น สามารถเก็บได้นาน 33 วัน (Super cooling Labo, 2018)



ภาพที่ 1 แสดงแผงและเครื่องควบคุมสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และระบบ Super Cooling การเก็บรักษามะม่วง
ที่มา: http://www.scs-labo.co.jp/scs.php

กรมวิชาการเกษตร

จากการประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของ พีระศักดิ์ และคณะ (2561) พบว่า ในระยะเก็บเกี่ยว มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีการสูญเสียจากโรคแอนแทรคโนสมากที่สุด รองลงมา คือ การแตก และการเน่าเละ ตามลำดับ ส่วนการขนส่ง พบว่า เกิดการสูญเสียเนื่องจาก โรคแอนแทรคโนส และการเน่าเละ มากที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ อุราภรณ์ และคณะ (2548) ด้วยเหตุนี้ การลดการเกิดโรค และการเสริมสร้างเซลล์ให้แข็งแรง จึงเป็นเรื่องสำคัญในการลดการสูญเสียมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ที่ต้องระยะเวลาในการขนส่งนานหลายวัน ซึ่งการลดการสูญเสียมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การให้ธาตุอาหารเสริมประโยชน์อย่าง ซิลิกอน (Si) เป็นต้น

ซิลิกอน (Si) เป็นธาตุชนิดหนึ่งที่พบได้ตามธรรมชาติ และพบมากในชั้นผิวโลกในรูปของซิลิกา (SiO_2) เช่น แก้ว ทราย หิน แร่ควอตซ์ คริสโตบาไลต์ เป็นต้น และในรูปของซิลิเกต (SiO_4) เช่น กรดซิลิซิลิก และสารประกอบซิลิเกต (ปิยะ, 2556) โดยทั่วไปซิลิกอนจะอยู่ในรูปของซิลิกามากถึงร้อยละ 60 ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ทำให้ในสารละลายดินส่วนมากจึงพบซิลิกอนในรูปของกรดโมโนซิลิซิลิก (H_4SiO_4 หรือ $Si(OH)_4$) ความเข้มข้นในสารละลายดินโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14-20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ปิยะ, 2556; Savant *et al.,* 1997) ในด้านการเจริญเติบโตของพืช ซิลิกอนถือเป็นธาตุอาหารชนิดหนึ่งที่ไม่จัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช แต่จัดเป็นธาตุอาหารเสริมประโยชน์ (beneficent element) โดยซิลิกอนจะถูกลำเลียงผ่านทางท่อลำเลียงน้ำ (xylem) พร้อมกับการคายน้ำ จากนั้น ซิลิกอนจะไปสะสมอยู่ที่ส่วนต่าง ๆ ของพืชในรูปของซิลิกาเจล ที่มีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ เรียกว่า ชั้นซิลิกา (silica layer) ตามช่องของเซลล์(lumen) ผนังเซลล์ (cell wall) และช่องว่างระหว่างเซลล์หรือพื้นผิวภายนอกเซลล์ (ยงยุทธ, 2558)

ซิลิกอนเป็นธาตุที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้น (stimulate) การเจริญเติบโตของพืช ในการพัฒนาระบบราก การเจริญของผล และยังส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตอีกด้วย ซิลิกอนยังมีบทบาทสำคัญต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ทนต่อการเข้าทำลายของโรค และแมลง เป็นต้น ทำให้เซลล์มีเสถียรภาพที่สูงขึ้น (ยงยุทธ, 2558; Mawschner, 1995; Synder *et al.,* 2007) และยังพบว่า ซิลิกอนมีความสามารถในการกระตุ้นการดูดธาตุอาหารของพืชไปใช้ได้มาก และเร็วขึ้นจากปกติ (Clark and Burge, 2000) โดยมีรายงานการศึกษาในฝรั่ง ที่พบว่า ซิลิกอนมีผลในการกระตุ้นการดูดธาตุไนโตรเจน และแมกนีเซียม (Raven, 1983) เช่นเดียวกับ Eltez *et al.* (1999) ที่พบว่า ซิลิกอนมีความสามารถในการกระตุ้นการดูดธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของรากพืชได้ดี

จากข้างต้น จะพบว่าซิลิกอนเป็นธาตุอาหารเสริมประโยชน์ที่มีบทบาท และมีส่วนช่วยในด้านของการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความสูงของต้น การสะสมคลอโรฟิลล์ เป็นต้น และด้านคุณภาพของผลิตผล เช่น น้ำหนักผล ขนาดผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลิตผลที่ไม่ได้รับซิลิกอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่ความเข้มข้น และปริมาณของซิลิกอนที่ได้รับ และยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล หรือพืชที่ใช้ในการทดลองอีกด้วย ส่วนในด้านของคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ซิลิกอนมีผลในการช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แต่ทั้งนี้ ข้อมูลทางด้านคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว หรือระหว่างการเก็บรักษา ยังมีการศึกษาไม่มากนัก การศึกษาผลของการใช้ซิลิกอนจึงเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ประกอบกับคุณสมบัติของซิลิกอนในข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการทดลองนี้ จึงสนใจศึกษาผลของการใช้ซิลิกอนในการรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อคงคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในระหว่างการเก็บรักษา

ในการส่งออกมะม่วงส่วนใหญ่ใช้การขนส่งทางเครื่องบินซึ่งมีต้นทุนสูงกว่าการขนส่งทางเรือ 3-4 เท่า ดังนั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาเพื่อการขนส่งทางเรือ เพื่อลดต้นทุนและสามารถแข่งขันกับประเทศคู่แข่งได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano- bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารเคมีในการทำความสะอาดมะม่วงเพื่อการส่งออก
2. เพื่อให้ได้ชนิดและความเข้มข้นของซิลิกอนในการรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว
3. เพื่อนำเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (Super-cooling) มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงเพื่อการส่งออกทางเรือ
4. เพื่อจัดการคุณภาพมะม่วงส่งออกทางเรือ

กรมวิชาการเกษตร

ขอบเขตการศึกษา

การใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano- bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้ด้านการเกษตร ทั้งด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารเคมีในการทำความสะอาดมะม่วง ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของซิลิกอนในการรักษาคุณภาพมะม่วง และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวโดยการนำเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (Super-cooling) มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วง และทดสอบการจัดการคุณภาพมะม่วงเพื่อการส่งออกทางเรือ

นิยามศัพท์

-

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1.วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 : การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. คัดเลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระยะแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (หลังดอกบาน 110-115 วัน) ทำการตัดขั้วเหลือประมาณ 0.5 เซนติเมตร และตั้งทิ้งให้ยางไหลออกจนหมด

2. ดำเนินการทดลองขั้นต้นก่อนดำเนินการตามกรรมวิธี เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือและเปรียบเทียบกรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับดำเนินการทดลองตามกรรมวิธีต่อไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ มะม่วง 12 ผล/หน่วยทดลอง มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำผสมด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำผสมด้วยสาร azoxystrobin 150 ppm เป็นเวลา 5 นาที

กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำผสมด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน ร่วมกับสาร azoxystrobin 150 ppm อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และจุ่มในน้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำผสมด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที และล้างด้วยน้ำผสมด้วยสาร azoxystrobin 150 ppm อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และจุ่มในน้ำเย็น 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

นำมาผึ่งให้แห้ง ใส่โฟมตาข่าย (foam net) บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาในห้องเย็นที่ 13 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ทุก 3 วัน นาน 21 วัน

3. หลังจากทดลองขั้นต้นแล้ว ทำการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ตามกรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ มะม่วง 12 ผล/หน่วยทดลอง มี 6 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำผสมด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 10 นาที (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 10 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm เป็นเวลา 10 นาที

กรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ppm เป็นเวลา 10 นาที

กรรมวิธีที่ 5 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 ppm เป็นเวลา 10 นาที

กรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 10 นาที

4. นำตัวอย่างมะม่วงล้างทำความสะอาดตามกรรมวิธี จากนั้นนำไปทำตามกรรมวิธีส่งออก อบไอน้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน ตรวจสอบคุณภาพ ทุก 5 วัน จากนั้นนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน

5. นำข้อมูลวิเคราะห์สถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

กรมวิชาการเกษตร

1. การเกิดโรค
2. ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น
3. การผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ
4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี

<u>สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล</u>

1. แปลงเกษตรกรผู้ปลูก มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จังหวัดเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน
3. ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. ห้องปฏิบัติการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
5. บริษัทส่งออกมะม่วง

<u>ระยะเวลาดำเนินการ</u> ตุลาคม 2562 – กันยายน 2564

การทดลองที่ 2 : การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

<u>วิธีปฏิบัติการทดลอง</u>

1. การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

เก็บเกี่ยวมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จากต้นมะม่วงอายุ 10 ปี ที่ระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ จากแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงเพื่อการส่งออกที่ผ่านการรับรอง GAP ในพื้นที่ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมามาทำการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 3 กรรมวิธีๆ 4 ซ้ำๆ ละ 3 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 มะม่วงที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (ชุดควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ฉีดพ่นธาตุอาหารซิลิกอนความเข้มข้น 0.5% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน
กรรมวิธีที่ 3 ฉีดพ่นธาตุอาหารซิลิกอนความเข้มข้น 1% ในช่วง 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน
ขนส่งโดยรถห้องเย็นมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร

2. การทดลองจำลองการเก็บรักษาในระหว่างการขนส่งมะม่วง

นำผลมะม่วงมาล้างทำความสะอาด คัดเลือกผลที่ไม่มีตำหนิ โดยมีขนาด และสีผิวใกล้เคียงกัน จากนั้น นำผลมะม่วงไปบรรจุลงในกล่องกระดาษลังลูกฟูก จำนวน 12 ผลต่อกล่อง และจำลองการขนส่ง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณภาพผล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ทุก 7 วัน

3.1 การสูญเสียน้ำหนัก

นำผลมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการทดลอง และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักวันที่บันทึกผล}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีผล

นำมะม่วงมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader โดยวัดบริเวณกลางผล ทั้ง 2 ด้านที่ตรงข้ามกัน

3.3 ความแน่นเนื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

นำมะม่วงมาวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer ตัววัดแรง (load cell) 1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 5 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

3.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำคั้นที่ได้จากผลมะม่วงมาวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Refractometer อ่านค่าที่ได้ในหน่วย เปอร์เซ็นต์

3.5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

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

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

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 N)

ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.6 ปริมาณวิตามินซี

เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน (SIGMA-Aldrich, Chemie, Steinheim, Germany) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม /100 มิลลิลิตร จากนั้น นำกรดแอสคอร์บิคปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6-dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึงจุดยุติหรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที

การหาปริมาณวิตามินซีจากมะม่วง นำน้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิกปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตด้วย สารละลาย 2,6 dichlorophenolinophenol จนกระทั่งถึง จุดยุตติ หรือจุดที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 5 วินาที นำค่าของปริมาณสารละลาย 2, 6 dichloroindophenols ที่ใช้ไป มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค/100 มิลลิลิตรน้ำคั้น (mg Ascorbic acid/100mL juice)

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

3.7 การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ประเมินการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่บริเวณผิวผลด้วยสายตา และให้คะแนนการเกิดโรคตามอาการที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 0 – 20%

2 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 21 – 40%

3 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 41 – 60%

4 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 61 – 80%

5 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 81 – 100%

กรมวิชาการเกษตร

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. แปลงปลูกมะม่วงของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโป่งตาลอง จังหวัดนครราชสีมา
2. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
3. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2562 – กันยายน 2564

การทดลองที่ 3 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของมะม่วง

วิธีปฏิบัติการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD)จำนวน 5 ซ้ำ มะม่วง 12 ผล/หน่วยทดลอง จำนวน 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ±1 องศาเซลเซียส (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ±1 องศาเซลเซียส ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 1,000 โวลต์ต่อเมตร

กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ±1 องศาเซลเซียส ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 2,000 โวลต์ต่อเมตร

กรรมวิธีที่ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ±1 องศาเซลเซียส ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 3,000 โวลต์ต่อเมตร

(2) วิธีปฏิบัติการทดลอง

- นำตัวอย่างมะม่วงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ±1 องศาเซลเซียส ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 1,000 2,000 และ 3,000 โวลต์ต่อเมตร นาน 2 เดือน
- สุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 7 วัน
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

(3) การบันทึกข้อมูล

- ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น
- การผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี
- องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย เถ้า ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. แปลงเกษตรกรผู้ปลูก มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
2. ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน
3. ห้องปฏิบัติการโภชนาการ กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
4. ห้องปฏิบัติการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2562 – กันยายน 2564

การทดลองที่ 4 การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

แผนการทดลอง

เปรียบเทียบวิธีการตามกรรมวิธีดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 1 วิธีการขนส่งในปัจจุบัน (control)

กรรมวิธีที่ 2 วิธีการที่ดีจากการทดลองที่ 1-2

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. นำตัวอย่างมะม่วงปฏิบัติตามวิธีการขนส่งปัจจุบัน และวิธีที่ดีจากการทดลองที่ 1-2 ร่วมกัน บรรจุในกล่องตามการส่งออก กรรมวิธีละ 30 กล่อง
2. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน จำลองการขนส่งทางเรือ
3. ตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน
4. บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบคุณภาพ

การบันทึกข้อมูล

1. ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น
2. การผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ
3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ
4. องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย เถ้า ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1. แปลงเกษตรกรผู้ปลูก มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน
3. ห้องปฏิบัติการโภชนาการ กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
4. ห้องปฏิบัติการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
5. บริษัทส่งออกมะม่วง

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2562 – กันยายน 2564

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

☑ ไม่มี ☐ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

☐ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

☐ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

การทดลองที่ 1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

จากการทดลองขั้นต้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีการทดลองเริ่มเกิดโรคในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยมะม่วงกรรมวิธีที่ 3 พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ 4 2 และ 1 โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 13.33 20 26.67 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา 21 วัน มะม่วงกรรมวิธีที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงสุด 100% ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 93.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

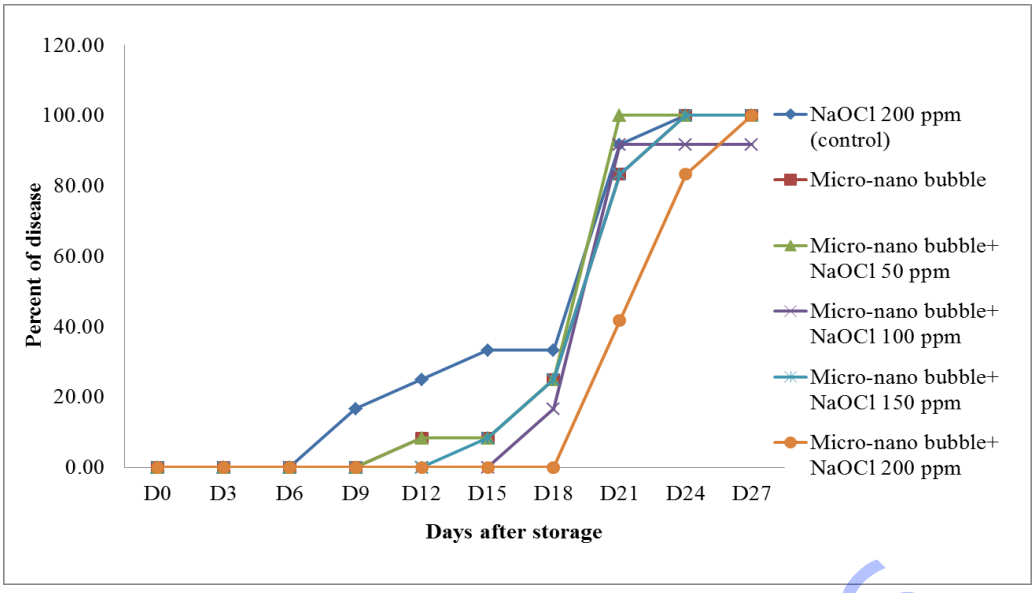
วันที่เก็บรักษา กรรมวิธี	การเกิดโรค (เปอร์เซ็นต์)								
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21
กรรมวิธีที่ 1	0	0	0	0	40.00	80.00	80.00	93.33	93.33
กรรมวิธีที่ 2	0	0	0	0	26.67	73.33	93.33	93.33	93.33
กรรมวิธีที่ 3	0	0	0	0	13.33	100.00	100.00	100.00	100.00
กรรมวิธีที่ 4	0	0	0	0	20.00	93.33	93.33	93.33	93.33

จากนั้นดำเนินการตามกรรมวิธีทดลองทั้ง 6 กรรมวิธี

1. การเกิดโรค

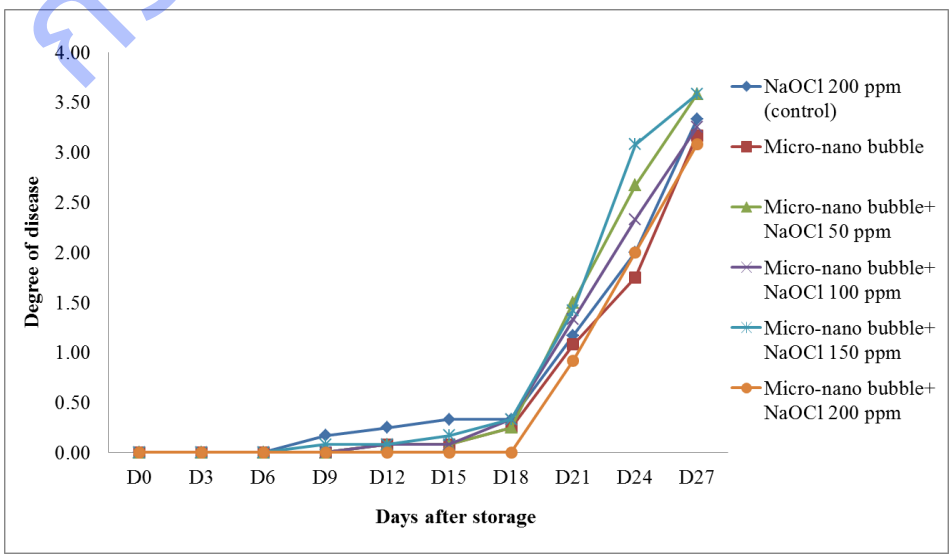
เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (percentage of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ชุดควบคุม (ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm) มีการเกิดโรคเร็วที่สุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (16.67 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 2) มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm มีการเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (8.33 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ในขณะที่มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 ppm เกิดโรคในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา (8.33 เปอร์เซ็นต์) มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ppm เกิดโรคในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา (16.67 เปอร์เซ็นต์) และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เกิดโรคช้าที่สุด โดยเริ่มเกิดโรคในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (46.67 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นพบว่ามะม่วงชุดควบคุม มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 100 และ 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา 88.33-100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (100 เปอร์เซ็นต์)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (percent of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

ระดับความรุนแรงของการเกิดโรค (degree of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยการให้คะแนนดังนี้ 0 = no visible disease area, 1 = 1-25 percent of disease area, 2 = 26-50 percent of disease area, 3 = 51-75 percent of disease area และ 4 = 76-100 percent of disease area จากการทดลองพบว่าวันที่เริ่มเกิดโรค (วันที่ 9 ของการเก็บรักษา) มะม่วงชุดควบคุมมีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคที่ระดับต่ำกว่า 1 (ประมาณ 0.08-0.17) (ภาพที่ 3) โดยหลังจากนั้นมะม่วงในชุดควบคุม กรรมวิธีล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 100 และ 150 ppm ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่า 1 (ประมาณ 0.25-0.33) ในขณะที่มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm ที่เริ่มเกิดโรคในวันที่ 21 ของการเก็บรักษามีระดับความรุนแรงต่ำกว่า 1 (0.92) หลังจากนั้นระดับความรุนแรงของการเกิดโรคเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีการทดลอง โดยในวันสุดท้ายของการการเก็บรักษา ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคอยู่ในช่วง 3.08-3.58 (พื้นที่เกิดโรค ประมาณ 75-100 เปอร์เซ็นต์)



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3 ความรุนแรงของการเกิดโรค (degree of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

2. การเปลี่ยนแปลงสี (L*, a*, b* และ hue angle)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีทดลองหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงสีทุก 7+3 วัน โดยนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน จากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีทดลองมีค่าความสว่าง L* ลดลง (มะม่วงมีสีเข้มขึ้น) (ภาพที่ 4) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า L* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษาค่า L* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 74.56-75.69 และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา มีค่า L* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 63.21-66.44 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสีค่าความสว่าง L* value (Lightness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13+2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatment	L* value				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	75.69	69.95	68.55	67.08	63.80
Micro-nano bubble	76.24	69.09	67.66	66.94	66.44
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	76.59	67.88	67.06	66.93	65.55
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	74.46	69.59	66.75	66.18	65.29
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	75.51	68.83	65.31	64.98	63.21
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	74.56	70.53	67.04	65.83	64.78
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.1	1.7	3.3	2.3	3.9

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ค่า a* (ความเป็นสีแดง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มะม่วงมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่า a* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษาค่า a* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.48-7.61 และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาค่า a* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.24-12.19 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatment	a* value				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	7.28	12.26	11.28	11.41	12.08
Micro-nano bubble	7.52	11.36	11.84	11.83	12.19
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	6.48	10.86	10.93	11.26	11.46
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	7.61	11.89	10.73	10.56	11.24
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	6.90	12.36	11.89	11.98	12.03

กรมวิชาการเกษตร

Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	7.05	11.66	11.09	11.56	12.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.2	8.4	7.7	5.5	5.1

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

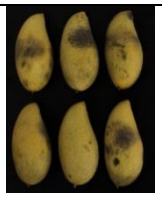
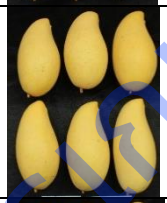
การเปลี่ยนแปลง ค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มะม่วงมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษา (วันที่ 0) พบว่ามะม่วงชุดควบคุม, มะม่วงล้างด้วยน้ำฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50, 100 และ 150 ppm มีค่า b* สูงสูด รองลงมาคือ ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน และการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีค่า b* ต่ำสุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ในวันที่ 7+3 ของการเก็บรักษา พบว่ามะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 ppm มีค่า b* สูงสูด รองลงมาคือมะม่วงชุดควบคุม ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 และ 200 ppm และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน, ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm มีค่า b* ต่ำสุด หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า b* ไม่มีความแตกต่างจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศา เซลเซียส นาน 28 วัน

Treatment	b* value				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	36.70a	44.48ab	41.06	43.08	43.94
Micro-nano bubble	34.63ab	41.06c	42.25	42.53	42.95
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	36.83a	41.30c	40.53	41.59	41.90
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	37.09a	43.00bc	40.23	40.65	41.73
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	36.49a	45.53a	40.72	41.74	41.29
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	32.46b	42.69bc	39.18	40.49	41.81
F-test	*	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.9	3.6	7.7	3.7	4.6

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

กรมวิชาการเกษตร

Treatment	Days after storage				
	Day 0	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28
NaOCl 200 ppm (control)					
Micro-nano bubble					
Micro-nano bubble+NaOCl 50 ppm					
Micro-nano bubble+NaOCl 100 ppm					
Micro-nano bubble+NaOCl 150 ppm					
Micro-nano bubble+NaOCl 200 ppm					

ภาพที่ 4 ลักษณะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มลดลง และไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธีทดลองตลอดอายุการเก็บรักษา โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษาค่า hue angle เฉลี่ยอยู่ในช่วง 77.71-80.10 และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาค่า hue angle เฉลี่ยอยู่ในช่วง 73.15-73.69 (ตารางที่ 5)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสีค่า hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาด ไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatment	Hue angle				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	78.81	74.60	74.65	73.26	73.46
Micro-nano bubble	77.71	74.57	74.65	73.96	73.63
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	80.10	75.30	74.80	74.54	73.48
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	78.44	74.51	75.11	74.91	73.69
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	79.33	74.81	73.72	73.89	73.15
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	77.75	74.76	74.15	73.90	73.51
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.4	1.6	1.8	1.5	1.4

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

3. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างทางสถิติจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด 2.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน และล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ppm (2.36 และ 2.50เปอร์เซ็นต์) และมะม่วงชุดควบคุม (ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm) กรรมวิธีที่นำมะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 150 และ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (2.14, 2.13 และ 2.16 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 6) ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน กรรมวิธีล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 และ 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด และมะม่วงชุดควบคุมและล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด หลังจากนั้นในวันที่ 21 ของการเก็บรักษามะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด และมะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา มะม่วงทุกกรรมวิธีทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.84-9.92 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatment	Weight loss (%)				
	Days after storage				
	0	7	14	21	28
NaOCl 200 ppm (control)	-	2.14b	4.53b	6.67cd	9.00
Micro-nano bubble	-	2.36ab	5.17a	7.43ab	9.90
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	-	2.67a	5.33a	7.90a	9.92
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	-	2.50ab	5.23a	7.42ab	9.61
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	-	2.13b	4.88ab	7.17bc	9.41
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	-	2.16b	4.44b	6.31d	8.84
F-test	-	*	**	**	ns
C.V. (%)	-	11.3	6.7	5.7	6.1

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4. ความแน่นเนื้อ (firmness)

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นอยู่ในช่วง 3.87-7.71 กิโลกรัม (ตารางที่ 7) หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เนื่องจากมะม่วงเริ่มสุก โดยมะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด (0.57 กิโลกรัม) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่ามะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด (0.27 กิโลกรัม) และมะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุด (0.12 กิโลกรัม)

ตารางที่ 7 ความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษานาน นาน 28 วัน

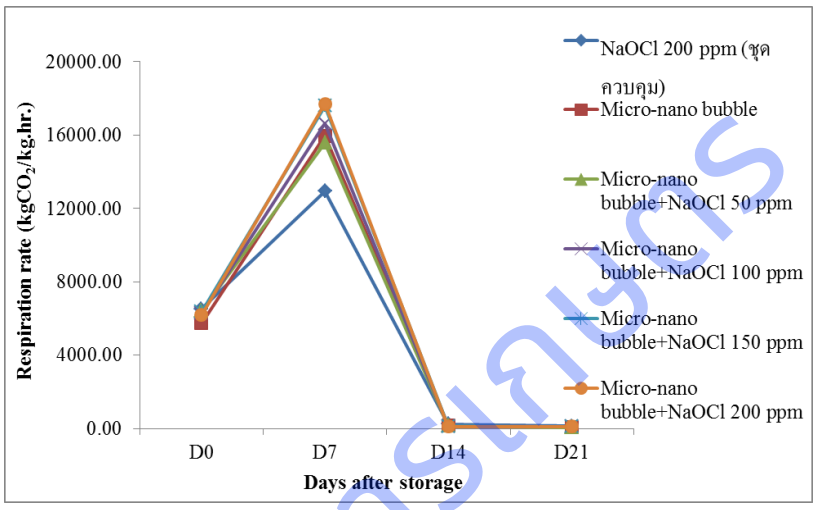
Treatment	Pulp firmness (Kg)				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	7.02	0.42b	0.40	0.15	0.19ab
Micro-nano bubble	6.58	0.47ab	0.34	0.28	0.27a
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	3.87	0.36bc	0.34	0.25	0.15b
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	8.53	0.37bc	0.37	0.25	0.19ab
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	5.09	0.26c	0.24	0.22	0.18ab
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	7.71	0.57a	0.29	0.20	0.12b
F-test	ns	**	ns	ns	*
C.V. (%)	37.7	22	31	32.6	30.9

กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

5. อัตราการหายใจ (Respiration rate)

อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากมะม่วงเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก โดยมะม่วงชุดควบคุมมีอัตราการหายใจต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ภาพที่ 5) ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มะม่วงน้ำดอกไม้ทุกกรรมวิธีทดลองมีอัตราการหายใจของลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นอัตราการหายใจมีแนวโน้มคงที่จนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา โดยมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 66.26-124.95 $kgCO_2/kg.hr$.

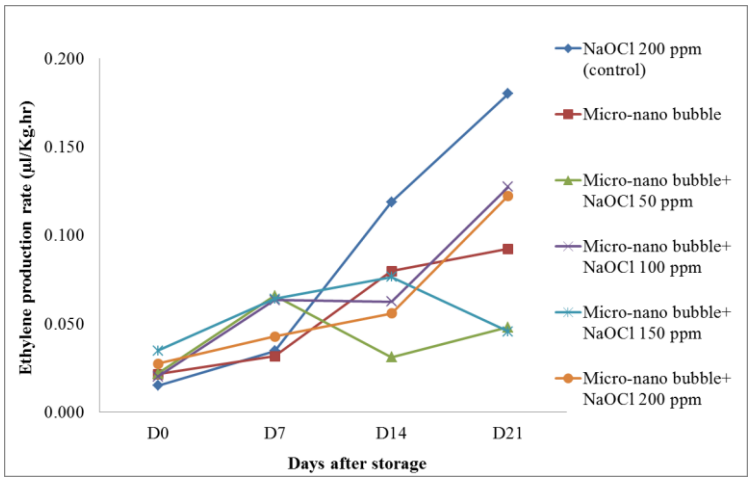


ภาพที่ 5 อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

6. อัตราการผลิตเอทิลีน

ในวันแรกของการเก็บรักษาอัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ อยู่ในช่วง 0.015-0.035 C_2H_4 µl/kg.hr. อัตราการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีทดลองในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นพบว่ามะม่วงชุดควบคุม (ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm) มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน, ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 และ 200 ppm มีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่มะม่วงล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 50 และ 150 ppm (ภาพที่ 6) อัตราการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมะม่วงเริ่มเสื่อมสภาพ

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 6 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในวันเริ่มต้นเก็บรักษาอยู่ในช่วง 14.00-15.94 องศาบริกซ์ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธีการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 16.90-18.78 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษานาน นาน 28 วัน

Treatment	Total soluble solid content (°Brix)				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	14.00	17.72	18.75	18.65	18.50
Micro-nano bubble	14.38	18.88	18.55	17.96	18.78
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	15.94	17.76	17.20	17.56	16.90
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	14.31	17.15	18.56	18.73	18.00
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	15.46	18.23	18.91	17.90	18.03
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	15.60	16.73	18.97	17.89	17.46
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.6	6.8	7	6.6	5.6

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในวันเริ่มต้นเก็บรักษาอยู่ในช่วง 1.00-1.36 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9) โดยปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 7+3 ของการเก็บรักษา โดยมะม่วงที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 150 ppm มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงที่สุด (0.53 เปอร์เซ็นต์) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ต่ำสุด (0.27 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่

กรมวิชาการเกษตร

มะม่วงที่ล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นอื่นๆ และชุดควบคุม มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่แตกต่างกัน หลังจากนั้นปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทุกกรรมวิธีการทดลองมีแนวโน้มลดลงและค่อนข้างคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.14-0.18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 9 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ (25±2 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน เก็บรักษานาน นาน 28 วัน

Treatment	Titratable acidity (%)				
	Days after storage				
	0	7+3	14+3	21+3	28
NaOCl 200 ppm (control)	1.01	0.36bc	0.11	0.13	0.14
Micro-nano bubble	1.54	0.44ab	0.30	0.18	0.16
Micro-nano bubble+ NaOCl 50 ppm	1.20	0.42abc	0.26	0.11	0.15
Micro-nano bubble+ NaOCl 100 ppm	1.53	0.27c	0.19	0.17	0.17
Micro-nano bubble+ NaOCl 150 ppm	1.15	0.53a	0.25	0.16	0.18
Micro-nano bubble+ NaOCl 200 ppm	1.35	0.33bc	0.20	0.18	0.16
F-test	ns	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	23.4	19.8	30.1	20.8	19.8

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

1. **การสูญเสียน้ำหนัก**

มะม่วงทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยกรรมวิธีกับระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน ซึ่งตลอดการเก็บรักษากรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 2.54% – 2.76% หลังเก็บรักษา 14 วัน กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 5.64% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าเท่ากับ 4.87% และกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 4.44% เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน กรรมวิธีควบคุมยังคงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่น มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.87% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนัก 6.96% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 6.66% และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 8.95% รองลงมาคือ กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 8.76% ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% ยังคงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 7.54% (ตารางที่ 10)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)				Average
	7	14	21	28	
Control	2.76g	5.64e	7.87bc	8.76ab	6.26
Si 0.5%	2.54g	4.87ef	6.96cd	8.95a	5.83
Si 1%	2.62g	4.44f	6.66d	7.54cd	5.32
Average	2.64	4.99	7.16	8.42	
		F-test		C.V.(%)	
treatments (A)		**		9.35	
Day after storage (B)		**		6.88	
AxB		**		9.35	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

2. การเปลี่ยนแปลงสีผิว

ค่าความสว่าง (L*) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีมีค่าลดน้อยลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยกรรมวิธีกับระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน ก่อนเก็บรักษา มะม่วงที่ได้รับธาตุอาหารเสริมซิลิกอน 0.5% มีค่า L* มากกว่ากรรมวิธีอื่น มีค่าเท่ากับ 73.45 รองลงมาคือ กรรมวิธีควบคุมมีค่าเท่ากับ 72.38 และกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารเสริมซิลิกอน 1% มีค่า L* น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 71.8 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และซิลิกอน 0.5% มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 72.79 และ72.88 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าเท่ากับ 72.2 หลังเก็บรักษานาน 14 วัน กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าเท่ากับ 72.66 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าเท่ากับ 71.51 และกรรมวิธีควบคุมมีค่า L* เพียง 70.72 หลังเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 69.81 และ69.9 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าใกล้เคียงกับกรรมวิธีอื่น มีค่าเท่ากับ 69.5 และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่า L* มากถึง 70.05 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าเท่ากับ 67.33 และกรรมวิธีควบคุมมีค่า L* เพียง 66.4 (ตารางที่ 11)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสีค่าความสว่าง L* value (Lightness) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	72.38abcd	72.79ab	70.72bcde	69.81def	66.46g	70.43
Si 0.5%	73.45a	72.88ab	71.51abcde	69.9def	70.05cde	71.56
Si 1%	71.8abcde	72.2abcd	72.66abc	69.5ef	67.33fg	70.70
Average	72.54	72.62	71.63	69.74	67.94	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		*			1.18	
Day after storage (B)		**			1.54	
AxB		*			1.18	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

การเปลี่ยนแปลงค่า a* ซึ่งอ่านค่าสีแดง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่า a* เพิ่มมากขึ้น โดยกรรมวิธีกับระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน โดยก่อนเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีค่า a* มากกว่ากรรมวิธีอื่น มีค่าเท่ากับ 7.20 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าเท่ากับ 6.81 และซิลิกอน 0.5% มีค่า a* เท่ากับ 5.98 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่า a* มากกว่ากรรมวิธีอื่น มีค่าเท่ากับ 7.98 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% และ1% มีค่าเท่ากับ 7.53 และ7.24 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังเก็บรักษานาน 14 วัน กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่า a* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 8.37 และ8.10 และกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่า a* เพียง 6.73 เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ทุกกรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 8.50 – 8.67 และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่า a* ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 9.38 และ9.52 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าเพียง 8.40 (ตารางที่ 12)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	7.20bcd	7.98abc	8.37abc	8.67ab	9.38a	8.32
Si 0.5%	5.98d	7.53bcd	8.10abc	8.63ab	8.40abc	7.73
Si 1%	6.81cd	7.24bcd	6.73cd	8.50ab	9.52a	7.76
Average	6.66	7.58	7.73	8.60	9.10	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		ns			9.21	
Day after storage (B)		**			8.33	
AxB		*			9.21	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การเปลี่ยนแปลง b* ซึ่งอ่านค่าสีเหลือง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีควบคุม มีค่า b* เท่ากับ 37.89 41.45 40.70 41.60 และ39.56 เมื่อเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* เท่ากับ 39.00 38.43 40.78 42.04 และ39.88 เมื่อเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* เท่ากับ 40.64 38.47 36.93 41.85 และ39.65 หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ 28 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	37.89	41.45	40.70	41.60	39.56	40.24
Si 0.5%	39.00	38.43	40.78	42.04	39.88	40.03
Si 1%	40.64	38.47	36.93	41.85	39.65	39.51
Average	39.18	39.45	39.47	41.83	39.70	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		ns			7.50	
Day after storage (B)		ns			6.14	
AxB		ns			7.50	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ

กรมวิชาการเกษตร

3. ความแน่นเนื้อผล

ความแน่นเนื้อผลบริเวณเปลือกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีมีค่าลดน้อยลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งกรรมวิธีกับระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน โดยในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ค่าเท่ากับ 24.91 – 27.04 เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่นและมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติจากก่อนเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 23.42 นิวตัน ส่วนกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 25.81 และ24.91 นิวตัน จากนั้นทุกกรรมวิธีมีค่าความแน่นเนื้อลดน้อยลง และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีค่าเท่ากับ 6.77 – 7.51 นิวตัน และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 21 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 4.95 – 5.94 นิวตัน เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอนมีแนวโน้มที่จะสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อบริเวณเปลือกได้โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีแนวโน้มที่จะชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ดีกว่าซิลิกอน 0.5% (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ความแน่นเนื้อผล (firmness) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	27.04a	25.81a	15.46b	6.77c	4.95c	16.01
Si 0.5%	26.18a	24.91a	16.80b	7.07c	5.42c	16.08
Si 1%	26.92a	25.99a	23.42a	7.51c	5.94c	17.96
Average	26.71	25.57	18.56	7.12	5.44	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		**			6.02	
Day after storage (B)		**			9.30	
AxB		**			9.30	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อบริเวณเนื้อผล พบว่า ในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษา มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างจากก่อนเก็บรักษา จากนั้น ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ความแน่นเนื้อมีค่าลดน้อยลงเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวันที่ 21 โดยกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีค่าความแน่นเนื้อมากเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น มีค่าเท่ากับ 29.63 นิวตัน รองลงมา คือ กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 26.45 และ 23.50 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

สำนักวิชาการเกษตร

ตารางที่ 15 ความแน่นเนื้อบริเวณเนื้อผล (firmness in pulp) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	57.60	58.53	10.19	3.43	2.50	26.45ab
Si 0.5%	52.65	47.66	11.46	3.17	2.55	23.50b
Si 1%	56.54	57.29	26.52	4.93	2.85	29.63a
Average	55.60a	54.49a	16.06b	3.85c	2.64c	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		*			19.97	
Day after storage (B)		**			24.08	
AxB		ns			24.08	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ * = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8.93% 12.47% 15.25% 14.22% และ16.20% หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าเท่ากับ 7.70% 12.18% 14.93% 14.84% และ15.16% หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8.29% 11.08% 14.48% 15.40% และ 16.02% หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	8.93	12.47	15.25	14.22	16.20	13.41
Si 0.5%	7.70	12.18	14.93	14.84	15.16	12.96
Si 1%	8.29	11.07	14.48	15.40	16.02	13.05
Average	8.31d	11.91c	14.89b	14.82b	15.79a	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		ns			6.02	
Day after storage (B)		**			6.37	
AxB		ns			6.37	

กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

5. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)

ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยกรรมวิธีกับระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน ก่อนเก็บรักษา พบว่า มะม่วงที่ได้รับซิลิกอน 0.5% และ1% มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 2.46% และ2.65% ตามลำดับ และมีค่ามากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีค่าเพียง 1.65% หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 1.35 – 1.50 จากนั้นทุกกรรมวิธีมีค่าลดน้อยลงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน โดยกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 1.17% ส่วนกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีทีได้รับซิลิกอน 0.5% มีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.85 – 0.92% หลังเก็บรักษา 21 วัน กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีปริมาณกรดที่ไทเรตได้ 0.57% ในขณะที่อีก 2 กรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.43 – 0.44% เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 0.26 – 0.31% ทั้งนี้ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Teatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.65b	1.45bc	0.92de	0.44f	0.26f	0.94
Si 0.5%	2.46a	1.35bc	0.85de	0.43f	0.27f	1.07
Si 1%	2.65a	1.50bc	1.17cd	0.57ef	0.31f	1.24
Average	2.25	1.43	0.98	0.48	0.28	
		F-test			C.V.(%)	
treatments (A)		**			13.24	
Day after storage (B)		**			12.80	
AxB		**			13.24	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

6. ปริมาณวิตามินซี

ในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างจากช่วงก่อนเก็บรักษา และมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา จากนั้น ลดน้อยลงในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และลดน้อยลงจนสิ้นสุดการทดลอง โดยทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 28.69 30.60 37.98 14.46 และ14.43 mg ascorbic/100 ml หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 28 วัน ตามลำดับ กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 28.85 25.18 35.33 14.37 และ12.51 mg ascorbic/100 ml หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 28 วัน ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 1% มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 29.54 25.73 33.83 16.06 และ14.97 mg ascorbic/100 ml หลังเก็บรักษานาน 0 7 14 21 และ28 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 18 ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	28.69	30.60	37.98	14.49	14.43	25.24
Si 0.5%	28.85	25.18	35.33	14.37	12.51	23.25
Si 1%	29.54	25.73	33.83	16.06	14.97	24.03
Average	29.03b	27.17b	35.71a	14.97c	13.97c	
	F-test				C.V.(%)	
treatments (A)	ns				8.84	
Day after storage (B)	**				16.37	
AxB	ns				16.37	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

7. การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา มะม่วงทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคเพียง 1 คะแนน หรือ 0 – 20% โดยในช่วง 7 วันแรก ยังไม่พบการเกิดโรค แต่เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่า ที่ผิวมะม่วงเริ่มมีการเกิดโรคเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า มีการเกิดโรคเพิ่มมากขึ้น โดยมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ย 1.25 คะแนน หรือมีการเกิดโรค 21 – 25% เมื่อสิ้นสุดการทดลองหรือหลังเก็บรักษาครบ 28 วัน ทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคเพิ่มขึ้น โดยมีการเกิดโรค 2.42 คะแนน หรือ มีการเกิดโรค 40 – 50% นอกจากนี้ ยังพบอาการของโรคขั้วผลเน่า ซึ่งพบเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการเกิดโรคแอนแทรคโนส ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจะพบว่าการให้ธาตุอาหารซิลิกอนมีแนวโน้มที่จะชะลอการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ (ตารางที่ 19) เนื่องจาก ซิลิกอนมีบทบาทสำคัญต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ทนต่อการเข้าทำลายของโรค และแมลง (Mawschner, 1995; Synder *et al*., 2007)

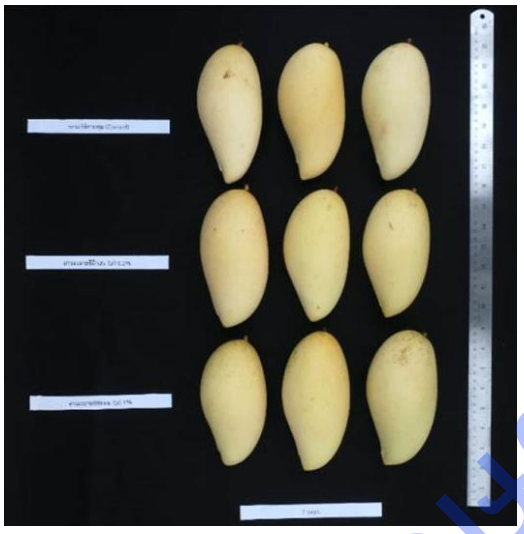
ตารางที่ 19 การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว (คะแนน) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในผลผลิตที่ได้รับซิลิกอน 0.5 และ 1% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Day after storage (Day)					Average
	0	7	14	21	28	
Control	1.00	1.00	1.00	1.59	2.58	1.43
Si 0.5%	1.00	1.00	1.00	1.17	2.17	1.27
Si 1%	1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	1.30
Average	1.00c	1.00c	1.00c	1.25b	2.42a	
	F-test				C.V.(%)	
treatments (A)	ns				22.78	

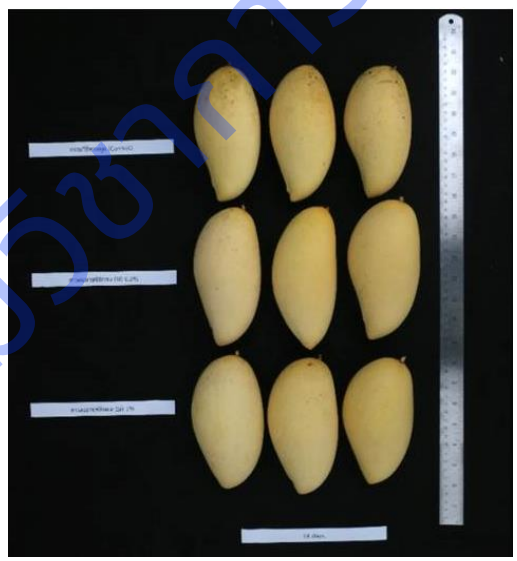
กรมวิชาการเกษตร

Day after storage (B)	**	20.17
AxB	ns	22.78

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range (DMRT) ns = ไม่มีความต่างกันทางสถิติ, ** = มีความต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 7 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน



ภาพที่ 8 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 9 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้รับธาตุอาหารซิลิกอน (กรรมวิธีควบคุม) และได้รับธาตุอาหารซิลิกอน 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

การทดลองที่ 3 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของมะม่วง

(1) จัดเตรียมผลผลิตสำหรับการทดลอง

- ได้ดำเนินการติดต่อเกษตรกร สำรวจแปลงปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา และจัดหาผลผลิตมาดำเนินการทดลองเบื้องต้น โดยคัดเลือกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (หลังดอกบาน 110-115 วัน) ทำการตัดขั้วเหลือประมาณ 0.5 เซนติเมตร และตั้งทิ้งให้ยางไหลออกจนหมด จากนั้นนำมาห่อด้วยโฟมตาข่ายกันกระแทก (foam net) บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13 $\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% เป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสี การเหี่ยว และการเกิดโรค จากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีเข้มขึ้น โดยเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองทองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เกิดการเหี่ยวหรือการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่วนการเกิดโรคพบอาการของโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้จากการทดลองเก็บรักษามะม่วงและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อไป

(2) การดำเนินการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling)

- ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากการทดลองการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ยังไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือได้ จึงยุติการทดลองดังกล่าว เนื่องจากมีความเสี่ยงที่การทดลองดังกล่าวจะไม่ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ ได้แจ้งยุติการทดลองให้คณะที่ปรึกษาด้านวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตร และได้ทำหนังสือแจ้งกองแผนงาน กรมวิชาการเกษตร เรียบร้อยแล้ว

การทดลองที่ 4 การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

1. การเกิดโรค

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (percentage of disease) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% มะม่วงน้ำดอกไม้เริ่มมีอาการของโรคในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยมะม่วงชุดควบคุมพบ

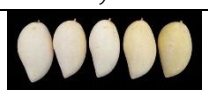
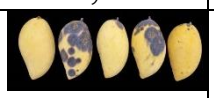
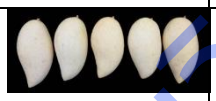
กรมวิชาการเกษตร

การเกิดโรค 14.00% ในขณะที่กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวพบอาการของโรค 6.67% วันที่ 14 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบคุมพบการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 86.00% ในขณะที่กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวพบการเกิดโรค 52.33% ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบคุมพบการเกิดโรค 98.00% มะม่วงกรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวพบการเกิดโรค 63.33% โดยมะม่วงชุดควบคุมสามารถเก็บรักษาได้เพียง 21 วัน เนื่องจากเสื่อมสภาพและเน่าเสีย และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีการเกิดโรค เท่ากับ 87.67% (ตารางที่ 20 และ ภาพที่ 10)

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Percent of disease Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0	14.00	86.00	98.00	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0	6.67	52.33	63.33	87.67
t-test	-	**	**	**	

หมายเหตุ: ** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

Treatment	Day 0	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28
NaOCl 200 ppm (control)					
Micro-nano bubble+NaOCl 200 ppm					

ภาพที่ 10 ลักษณะมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

2. การเปลี่ยนแปลงสี (L*, a*, b* และ hue angle)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีทดลอง หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงสีทุก 7 วัน จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) สามารถเก็บรักษามะม่วงได้ นาน 28 วัน ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมเก็บรักษาได้เพียง 21 วัน โดยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีทดลองมีค่าความสว่าง L* ลดลง (มะม่วงมีสีเข้มขึ้น) (ภาพที่ 10) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษาพบว่ามะม่วงชุดควบคุมมีค่าความสว่างมากกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า L* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (28 วัน) กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว มีค่าความสว่าง L* เท่ากับ 75.97 (ตารางที่ 21)

ค่า a* (ความเป็นสีแดง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มะม่วงมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่า a* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษาค่า a* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.46 - 3.69 และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

รักษา กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีค่าความสว่าง L* เท่ากับ 75.97 (ตารางที่ 22)

การเปลี่ยนแปลง ค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มะม่วงมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวันเริ่มต้นเก็บรักษา ค่า b* เฉลี่ยอยู่ในช่วง 35.39 – 37.35 และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (28 วัน) กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังกา รเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีค่าความสว่าง b* เท่ากับ 43.23 (ตารางที่ 23)

การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มลดลง โดยในวันเริ่มต้นจนถึง 7 วันแรกของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบคุมมีค่า hue angle มากกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นค่า hue angle ไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีค่า hue angle เท่ากับ 81.21 (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 21 ค่าความสว่าง (L* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	L* value				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	83.35	80.73	75.29	73.37	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	81.62	78.03	76.59	76.66	75.97
t-test	*	**	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, - = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 22 ค่าความเป็นสีแดง (a* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	a* value				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	2.46	4.38	6.82	6.70	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	3.69	5.72	6.58	6.40	6.74
t-test	ns	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 23 ค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	b* value				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	35.39	39.67	40.51	40.89	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	37.35	39.71	41.58	43.15	43.23
t-test	ns	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

-

ตารางที่ 24 ค่า Hue angle ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Hue angle				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	86.13	83.87	80.52	80.72	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	84.17	82.01	81.06	81.68	81.21
t-test	**	*	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, * = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

* * = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05, - = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

3. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา โดย 7 วันแรกของการเก็บรักษา มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 2.32 – 2.48% และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 6.87 – 7.19% โดยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา นาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 9.79% (ตารางที่ 25)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์การการสูญเสียน้ำหนักสด (% weight loss) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Weight loss (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0	2.32	4.54	6.87	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0	2.48	4.92	7.19	9.79
t-test	-	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

4. ความแน่นเนื้อ (Firmness)

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าความแน่นเนื้อเริ่มต้นอยู่ในช่วง 6.45-7.97 กิโลกรัม หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา เนื่องจากมะม่วงเริ่มสุก โดยกรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.41 กิโลกรัม (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Firmness (Kg)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	6.45	0.77	0.59	0.50	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	7.97	1.54	0.60	0.57	0.41
t-test	ns	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ns

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

-

5. อัตราการหายใจ (Respiration rate)

อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ในวันแรกของการเก็บรักษามะม่วงมีอัตราการหายในเฉลี่ยอยู่ในช่วง 47.91 – 48.03 $kgCO_2/kg.hr.$ หลังจากนั้น กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุม โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการหายใจ เท่ากับ 28.05 $kgCO_2/kg.hr.$ ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

กรมวิชาการเกษตร

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการหายใจ เท่ากับ 28.20 kgCO_2/kg.hr. (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 อัตราการหายใจของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Respiration rate (kgCO_2/kg.hr.)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	47.91	44.59	28.59	46.55	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	48.03	37.29	26.31	28.05	28.20
t-test	ns	ns	ns	**	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

6. อัตราการผลิตเอทิลีน (Ethylene production rate)

จากการทดลองอัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้มีแนวโน้มลดลง กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุม ในระหว่างการเก็บรักษานาน 21 วัน โดยในวันแรกของการเก็บรักษาอัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้ชุดควบคุมเท่ากับ 0.07 C_2H_4 µl/kg.hr. และกรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.03 C_2H_4 µl/kg.hr. หลังจากนั้นอัตราการผลิตเอทิลีนของกรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 0.16 C_2H_4 µl/kg.hr. (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 อัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Ethylene production rate (C_2H_4 µl/kg.hr.)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0.07	0.12	0.15	0.10	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0.03	0.07	0.07	0.06	0.16
t-test	ns	*	*	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ * = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

7. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total soluble solid contents; TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่าในวันเริ่มต้นเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้ชุดควบคุมมีปริมาณปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 14.18 องศาบริกซ์ สูงกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble +

กรมวิชาการเกษตร

NaOCl 200 ppm) เท่ากับ 13.19 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธีการทดลอง (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Total soluble solid contents (°Brix)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	14.18	15.14	15.66	15.29	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	13.19	15.27	15.31	15.09	13.89
t-test	**	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

8. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA)

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในวันเริ่มต้นเก็บรักษาอยู่ในช่วง 1.9 - 2.4% โดยปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เฉลี่ย 0.2–0.4% และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.3% (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Titratable acidity (TA)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	1.9	1.2	0.3	0.2	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	2.4	1.9	1.3	0.4	0.3
t-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

9. ปริมาณวิตามินซี (Total vitamin C)

ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในวันเริ่มต้นเก็บรักษาอยู่ในช่วง 1.99 - 2.03% ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นลดลง โดย กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2

กรมวิชาการเกษตร

0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าชุดควบคุม และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 1.07% (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Vitamin C (mg ascorbic acid/ml)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	1.99	2.69	0.76	0.88	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	2.03	2.98	0.95	0.99	1.07
t-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

9. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเก็บรักษาอยู่ในช่วง 82.05 – 82.07% หลังจากนั้นปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษามะม่วงมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 82.96 – 83.58% และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 83.64% อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 32 ความชื้นของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Moisture (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	82.07	81.04	82.42	82.96	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	82.05	81.70	83.17	83.58	83.64
t-test	ns	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

-

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน จากการทดลองพบว่ามะม่วงมีปริมาณโปรตีนเริ่มต้น (วันที่ 0) เท่ากับ 0.61% หลังจากนั้นในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 – 0.72% และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.62% อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 33)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 33 ปริมาณโปรตีนของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Protein (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0.61	0.61	0.61	0.60	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0.61	0.61	0.62	0.72	0.62
t-test	ns	ns	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

-

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน มะม่วงทั้งสองกรรมวิธีการทดลองมีปริมาณไขมันในวันเริ่มต้นเก็บรักษาเท่ากับ 0.41–0.46% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ หลังจากนั้นในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบมีปริมาณไขมันสูงกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยมีปริมาณไขมันเท่ากับ 0.42% และ 0.36% ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.33% อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 ปริมาณไขมันของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Fat (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0.41	0.50	0.37	0.42	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0.46	0.50	0.38	0.36	0.33
t-test	ns	ns	ns	**	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกากใย จากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ในวันเริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณกากใยเฉลี่ย 0.50 - 0.51% ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณกากใยมากกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยมีปริมาณกากใยเท่ากับ 0.49% และ 0.43% ตามลำดับ ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ปริมาณกากใยไม่แตกต่างกัน และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษามะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณกากใยมากกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณกากใยเท่ากับ 0.52% และ 0.49% ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว มีปริมาณกากใยเท่ากับ 0.45% (ตารางที่ 35)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 35 ปริมาณกากใยของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Crude fiber (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0.51	0.49	0.50	0.52	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0.50	0.43	0.49	0.49	0.45
t-test	ns	**	ns	**	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** = มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าจากการทดลองพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ในวันเริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณเถ้าเฉลี่ย 0.41 - 0.44% ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มะม่วงชุดควบคุมมีปริมาณเถ้ามากกว่ากรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.41% และ 0.32% ตามลำดับ หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกัน และเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว มีปริมาณกากใยเท่ากับ 0.41% (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 ปริมาณเถ้าของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ ที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

Treatments	Ash (%)				
	Storage life (days)				
	0	7	14	21	28
Control	0.41	0.41	0.41	0.41	-
SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm)	0.44	0.32	0.40	0.41	0.41
t-test	ns	**	ns	ns	-

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, **= มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

- = สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	**1. องค์ความรู้**	3	เรื่อง	-เรื่องการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง -เรื่องการประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว -เรื่องการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ	- การใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm เกิดโรคช้าที่สุด ซึ่งพบในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมพบในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา - กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน 0.5% เกิดโรคน้อยที่สุด เกิดโรคน้อยกว่า 30% - กรรมวิธีใช้ (SiO2 0.5% + (MNBs + NaOCl 200 ppm) สามารถลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ โดยเก็บรักษามะม่วงได้นาน 21 วัน
2. ผลงานตีพิมพ์ ระดับชาติ (2565)	2	เรื่อง	**2. ผลงานตีพิมพ์** ระดับชาติ (2564)	2	เรื่อง	1. ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเกิดโรคและคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (ภาคผนวกหน้า 69-70) 2. 2. เรื่อง การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (อยู่ระหว่างการเขียนผลงานและคัดเลือกวารสารให้เหมาะสม และจะนำส่งผลผลิตในปี 2565)	
3. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ นำเสนอแบบโปสเตอร์	1		**3.** การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ นำเสนอแบบโปสเตอร์	1	เรื่อง	การประชุมวิชาการระดับชาติ ใน “การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17, เรื่อง “ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเกิดโรคและคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง” (ภาคผนวกหน้า 68)	นำเสนอโปสเตอร์ และตีพิมพ์ในวารสาร Proceeding การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17

กรมวิชาการเกษตร

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
เกษตรกรและผู้ประกอบการนำวิธีการจัดการมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือไปปรับใช้	2565

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ : เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น	2565
ด้านสังคม : สมาชิกครอบครัวมีความสุข	2565
ด้านสิ่งแวดล้อม : มีการใช้สารได้อย่างเหมาะสมลดปัญหาสิ่งแวดล้อม	2565

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพภาคผนวกที่ 11 13 และ 14)

ด้านนโยบาย โดยใคร เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

อย่างไร พ่นซิลิกอน 0.5% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน

ด้านสังคม โดยใคร เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

อย่างไร ลดการสูญเสียของผลผลิต ขายผลผลิตได้เพิ่มขึ้น

ด้านเศรษฐกิจ โดยใคร เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

อย่างไร มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่พ่นซิลิกอน 0.5% ที่ 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เกิดโรคน้อยที่สุด เกิดโรคน้อยกว่า 30%

ด้านวิชาการ โดยใคร เกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออกมะม่วงนำวิธีการไปปรับใช้

อย่างไร รักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เก็บรักษาได้นาน

*** คำจำกัดความการนำใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน**

1. **ด้านนโยบายและสาธารณะ** การนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนดนโยบาย อาจเป็นนโยบายระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่นการใช้ประโยชน์ด้านนโยบายจะรวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปสังเคราะห์เป็นนโยบายหรือทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy options) แล้วนำนโยบายนั้นไปสู่ผู้ใช้ประโยชน์ในวงกว้างเพื่อประโยชน์ของสังคม และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน สร้างสังคมคุณภาพ และส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กรมวิชาการเกษตร

2. **ด้านพาณิชย์/เศรษฐกิจ** เป็นผลงานวิจัยที่เน้นสร้างนวัตกรรม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์หรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือนำไปสู่การพัฒนารูปแบบธุรกิจใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและบริการ

3. **ด้านสังคมและชุมชน** การนำกระบวนการ วิธีการ องค์ความรู้ การเปลี่ยนแปลงการเสริมพลัง อันเป็นผลกระทบ ที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นพื้นที่ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์การขยายผลต่อชุมชน ท้องถิ่น หรือรวมถึงสังคมอื่น

4. **ด้านวิชาการ** เป็นผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ระดับชาติหนังสือ ตำรา บทเรียน ไปเป็นประโยชน์ด้านวิชาการ การเรียนรู้ การเรียนการสอนในวงนักวิชาการและผู้สนใจด้านวิชาการ รวมถึงการนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดสื่อสาธารณะ การเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ต่อสาธารณะ ผ่านทางหนังสือพิมพ์ / วารสาร / โทรทัศน์ / วิทยุ / คู่มือ / แผ่นพับ การฝึกอบรม และสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผล

การทดลองที่ 1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

การล้างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที สามารถลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ เกิดโรคช้าที่สุด ซึ่งพบในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมพบในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา และมีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ยังสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาและมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมาใช้ร่วมกับสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการล้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดปริมาณการใช้สารเคมี โดยควรจะมีการศึกษาถึงบทบาทและกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนคุณภาพในเชิงลึกต่อไป

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

พ่นสารละลายซิลิกอนทั่วทั้งต้นมะม่วง จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ในระยะ 30 วันหลังดอกบาน ครั้งที่ 2 ในระยะ 45 วันหลังดอกบาน และครั้งที่ 3 ในระยะ 60 วันหลังดอกบาน ความเข้มข้นของซิลิกอนที่แตกต่างกันทั่วทั้งต้น เปรียบเทียบ 3 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ Silicon dioxide (control) กรรมวิธีที่ 2 Silicon dioxide ความเข้มข้น 0.5% และกรรมวิธีที่ 3 Silicon dioxide ความเข้มข้น 1.0% พบว่า Silicon dioxide ความเข้มข้น 0.5% มะม่วงมีคุณภาพดีไม่แตกต่างจากการใช้ Silicon dioxide ความเข้มข้น 1.0% แต่ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม การฉีดพ่นสารละลายซิลิกอนทางใบ ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่า ซิลิกอนสามารถชะลอการลดลงของการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และมีแนวโน้มว่าซิลิกอนสามารถชะลอการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้

การทดลองที่ 3 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 $\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสี การเหี่ยว และการเกิดโรค พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีเข้มขึ้น โดยเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองทองและเกิดการเหี่ยวหรือการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่วนการเกิดโรคพบอาการของโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา เนื่องจากการทดลองการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ยังไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือได้ จึงยุติการทดลองดังกล่าวเนื่องจากมีความเสี่ยงที่การทดลองดังกล่าวจะไม่ประสบความสำเร็จ ดังนั้นการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศถึงแม้มีการติดต่อประสานงานและตกลงร่วมมือกันเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็ตามก็มีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างกรณีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ยังไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือได้มาทดลองได้

การทดลองที่ 4 การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm โดยการฉีดพ่นมะม่วงด้วยซิลิกอนความเข้มข้น 0.5% ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการล้างมะม่วงด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที สามารถลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ โดยเก็บรักษามะม่วงได้นาน 21 วัน กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลออัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีนได้ นอกจากนี้พบว่ามีแนวโน้มในรักษาคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการได้

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

การดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือและเปรียบเทียบกรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนั้น แสดงให้เห็นว่าการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm มีแนวโน้มในการชะลอการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน แต่จากการใช้ยากันเชื้อรา azoxystrobin ร่วมกับวิธีการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนอาจไม่เหมาะสม จึงควรแยกขั้นตอนการจุ่มยากันเชื้อราในการดำเนินการ และควรเพิ่มเวลาในการทดลองตามกรรมวิธีจาก 5 นาที เป็น 10 นาที เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

จากการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Air-MNBs+NaOCl) สามารถชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงในการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ โดยกรรมวิธีการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนพบการเกิดโรคช้ากว่ากรรมวิธีการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm (ชุดควบคุม) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการชะลอการเกิดโรคในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเป็นผลมาจากการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมากกว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ทั้งนี้โดยอาศัยกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อราของมะม่วง ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์ไอออน (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองก๊าซทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยเกิดความร้อนที่สูงขึ้นส่งผลต่อสภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบ และกระบวนการสลายตัวทางความร้อนภายในของเชื้อราทำให้เชื้อราเกิดการเสียสภาพ จากการวิจัยที่ผ่านมารายงานว่าการสลายตัวจากสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เป็นผลให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระประเภท •OH (Kimura และ Ando, 2002) นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์พบว่ามีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดโรคในมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ซึ่งมีกลไกในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องมาจากในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีโซเดียม (Na^+) และไฮโพคลอไรท์ (OCl^-) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อเกิดการรวมตัวกับน้ำจะทำให้มีการปลดปล่อย hypochlorus acid (HClO) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Beuchat, 1991) จากการทดลองพบว่าเมื่อล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงในการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพิ่มขึ้น โดยการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้วิธีอื่นๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 50 ppm (ณัฐชัย และคณะ, 2555) และงานวิจัยในกล้วยหอมทองพบว่าการใช้น้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็ก ที่ผลิตจากเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิ้ลสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง โดยช่วยลดปริมาณเชื้อราอันเป็นสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าได้ และพบว่าเมื่อใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิ้ลร่วมกับแก๊สโอโซนทำให้ประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อราที่ขั้วกล้วยสูงขึ้น (ชินานาฎ และคณะ, 2563)

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีการทดลองมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง มีสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุก อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้การล้างด้วยน้ำฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีแนวโน้มในการชะลอเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและชะลอค่าความแน่นเนื้อในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน ในขณะที่กล้วยหอมทองพบว่าการใช้น้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมีประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียน้ำหนักและชะลอค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหอมทองได้ (ชินานาฎ และคณะ, 2563) โดยทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล อัตราการหายใจมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมะม่วงเริ่ม

กรมวิชาการเกษตร

เสื่อมสภาพ นอกจากนี้พบว่ามะม่วงที่ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียงอย่างเดียวมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงกว่าล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน ภายหลังวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ดังนั้นในงานวิจัยนี้อาจเป็นไปได้ว่าการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนสามารถชะลอการผลิตเอทิลีนในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธีการทดลอง

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

การสูญเสียน้ำหนักพบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Tarabih *et al.* (2014) ที่พบว่า การจุ่มผลแอปเปิลด้วยโพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_4) ความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลังเก็บรักษานาน 60 วัน โพแทสเซียมซิลิเกตสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของแอปเปิลได้ โดยการสูญเสียน้ำหนักของกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน กับกรรมวิธีควบคุมที่แตกต่างกัน อาจเป็นผลมาจากการหายใจ ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการหายใจ คือ น้ำ พืชจะทำการคายน้ำผ่านช่องเปิดทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ปากใบ เลนติเซล เป็นต้น ดังเช่นการทดลองของ Zhang *et al.* (2017) ที่พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอนจะมีการหายใจน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำที่พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอนมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อบริเวณเนื้อผล สอดคล้องกับการทดลองของ Tarabih *et al.* (2014) ที่ทดลองจุ่มผลแอปเปิลด้วยโพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_4) ความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กรรมวิธีที่จุ่มผลด้วยโพแทสเซียมซิลิเกต ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น นอกจากนี้ ยังพบว่า ค่าความแน่นเนื้อกับการสูญเสียน้ำหนักมีค่าสอดคล้องกัน กล่าวคือ กรรมวิธีควบคุม มีการสูญเสียน้ำหนักมาก ส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่ากรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน ที่มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม ทำให้มีค่าความแน่นเนื้อที่มากกว่า ค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้งบริเวณเปลือก และบริเวณผลของกรรมวิธีที่ได้รับซิลิกอน จะมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีควบคุม เนื่องจาก ซิลิกอนมีบทบาทเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง (Mawschner, 1995; Synder *et al*., 2007) นอกจากนี้ ซิลิกอนยังมีความสามารถในการกระตุ้นการดูดธาตุอาหารของพืชไปใช้ได้มาก และเร็วขึ้นจากปกติ (Clark and Burge, 2000) ทำให้บริเวณเปลือกจะมีการสะสมของธาตุซิลิกอนมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนบริเวณเนื้อผลมีแนวโน้มว่าการให้ซิลิกอนมีการสะสมของธาตุซิลิกอนมากกว่ากรรมวิธีควบคุมเช่นกัน (Karagiannis *et al*., 2021)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กรรมวิธีควบคุม เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ในช่วงแรกผลผลิตจะเก็บสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้งภายใน plastid เมื่อผลสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาล ทำให้ผลิตผลมีรสชาติหวาน (จริงแท้, 2538) สอดคล้องกับการทดลองของ Karagiannis *et al.* (2021) และZhang *et al.* (2017) ที่พบว่า ผลิตผลที่ได้รับซิลิกอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับ จริงแท้ (2538) ที่กล่าวว่า ในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่สูง แต่เมื่อผลสุกจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ลดน้อยลง เนื่องจากกรดอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการหายใจ กรดจึงถูกใช้ไป ทำให้เมื่อเก็บรักษานานขึ้น จึงมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลง และสอดคล้องกับ ธัญญา และคณะ (2559) ที่พบว่า การให้พัมมิเชียสทัฟฟ์ที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักมาถึง 70% ทางดินร่วมกับการฉีดพ่นทางใบกับต้นสับปะรดทำให้มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากกว่าสับปะรดที่ไม่ได้รับพัมมิเชียสทัฟฟ์

ปริมาณวิตามินซี พบว่า ในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษามีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างจากช่วงก่อนเก็บรักษา และมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา จากนั้น ลดน้อยลงในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และลดน้อยลงจนสิ้นสุดการทดลอง จากผลการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณวิตามินซีที่ลดน้อยลง อาจมีผลมาจากการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, polyphenol oxidase เป็นต้น และอาจมีผลจากการออกซิเดชันซึ่งไม่ใช้เอนไซม์ แต่ใช้โลหะหนักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (จริงแท้, 2538)

การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา มะม่วงทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคเพียง 1 คะแนน หรือ 0 – 20% โดยในช่วง 7 วันแรก ยังไม่พบการเกิดโรค แต่เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน พบว่า ที่ผิวมะม่วงเริ่มมีการเกิดโรค

กรมวิชาการเกษตร

เล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน พบว่า มีการเกิดโรคเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ยังพบอาการของโรคขั้วผลเน่า ซึ่งพบเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการเกิดโรคแอนแทรคโนส ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจะพบว่า การให้ธาตุอาหารซิลิกอนมีแนวโน้มที่จะชะลอการเกิดโรคแอนแทรตโนสได้ เนื่องจาก ซิลิกอนมีบทบาทสำคัญต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ทนต่อการเข้าทำลายของโรค และแมลง (Mawschner, 1995; Synder *et al*., 2007)

การทดลองที่ 3 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของมะม่วง

จากการเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 +1 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน การเกิดมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีสีเข้มขึ้น โดยเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองทองตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น มะม่วงเป็นผลผลิตที่เกิดการสูญเสียได้ง่าย เนื่องจาก เป็นผลไม้ประเภท Climacteric เมื่อผลสุกจะมีการผลิตแก๊สเอทิลีน และมีการหายใจสูง ซึ่งชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในต่าง ๆ ที่นำไปสู่การสูญเสีย รวมทั้งมะม่วงเป็นผลผลิตทางพืชสวนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก เนื้อสัมผัสนิ่ม และง่ายต่อการบอบช้ำ (จริงแท้, 2538) เกิดการเหี่ยวหรือการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โรคพบอาการของโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา) โรคแอนแทรคโนสของมะม่วง (Mangifera indica L.) มีสาเหตุจากเชื้อรา Colletotrichum gloeosporioides เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้คุณภาพของผลมะม่วงลดลง อายุการเก็บรักษาสั้น มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคนี้เป็นอย่างมาก (นิพนธ์, 2525)

การทดลองที่ 4 การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

จากการดำเนินการทดลองการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ โดยการใช้วิธีการจัดการมะม่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว พบว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) ได้แก่การฉีดพ่นมะม่วงด้วยซิลิกอนความเข้มข้น 0.5% ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วันหลังดอกบาน ร่วมกับการล้างมะม่วงด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที เปรียบเทียบกับมะม่วงที่ปฏิบัติตามกรรมวิธีการส่งออกปัจจุบัน (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) สามารถเก็บรักษามะม่วงได้นาน 21 วัน เนื่องจากการเสื่อมสภาพและการเน่าเสียของผลิตผล มะม่วงเริ่มมีอาการของโรคในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมะม่วงชุดควบคุมมีการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว อาการของโรคค่อยๆเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งโรคที่พบมีทั้งโรคขั้วผลเน่าและโรคแอนแทรคโนสซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อรา ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจะพบว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) สามารถชะลอการเกิดโรคได้ดีกว่า อาจเป็นผลร่วมกันจากการให้ธาตุซิลิกอนซึ่งมีบทบาทสำคัญต่าง ๆ เช่น เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ทนต่อการเข้าทำลายของโรค และแมลง (Mawschner, 1995; Synder และคณะ, 2007) มีรายงานว่าซิลิกอนสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราได้โดยการเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ทำให้เชื้อราไม่สามารถเข้าไปเจาะทำลายพืชได้ (Fawe และคณะ, 2001) งานวิจัยของ Anderson และคณะ (2005) พบว่าการฉีดสารละลายซิลิกอนเข้าไปในต้นอะโวคาโดก่อนก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดการเกิดโรคและความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของอะโวคาโดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นผลมาจากการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน ทั้งนี้โดยอาศัยกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อราของมะม่วง ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์ไอออน (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองก๊าซทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยเกิดความร้อนที่สูงขึ้นส่งผลต่อสภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบ และกระบวนการสลายตัวทางความร้อนภายในของเชื้อราทำให้เชื้อราเกิดการเสียสภาพจากการวิจัยที่ผ่านมารายงานว่าการสลายตัวจากสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เป็นผลให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระประเภท •OH (Kimura และ Ando, 2002) นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ซึ่งมีกลไกในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องมาจากในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีโซเดียม (Na^+) และไฮโพคลอไรท์ (OCl^-) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อเกิดการรวมตัวกับน้ำจะทำให้มีการปลดปล่อย hypochlorus acid (HClO) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและ

กรมวิชาการเกษตร

ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Beuchat, 1991) เช่นเดียวกับงานวิจัยในกล้วยหอมทองพบว่าการใช้น้ำที่มีฟองอากาศขนาดเล็ก ที่ผลิตจากเทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิ้ลสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทอง โดยช่วยลดปริมาณเชื้อราอันเป็นสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าได้ และพบว่าเมื่อใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิ้ลร่วมกับแก๊สโอโซนทำให้ประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อราที่ขั้วกล้วยสูงขึ้น (ชินานาฎ และคณะ, 2563)

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทุกกรรมวิธีการทดลองมีค่าความสว่าง L* ลดลง มีค่าความเป็นสีแดง a* และค่าความเป็นเหลือง b* เพิ่มขึ้น เนื่องจากมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุก อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของมะม่วงไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา มะม่วงทุกกรรมวิธีการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักมากยิ่งขึ้น อาจเป็นผลมาจากการหายใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองพบว่ามะม่วงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว (SiO_2 0.5% + (MNBs bubble + NaOCl 200 ppm) มีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราการผลิตเอทิลีนพบว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 21 วัน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในวันที่ 7 และ 14 ของการเก็บรักษา ซึ่งเป็นช่วงที่มะม่วงเข้าสู่ระยะการสุก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลออัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีนในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaluwa และคณะ (2010) พบว่าโพแทสเซียมซิลิเกต (Potassium silicate; KSil) ความเข้มข้น 2490 ppm สามารถยับยั้งอัตราการหายใจและลดอัตราการผลิตเอทิลีนในอะโวคาโดพันธุ์ Hass และอาจเป็นผลมาจากการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนจากผลการทดลองก่อนหน้านี้ (การทดลองที่ 1)

กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดควบคุม เนื่องจากซิลิกอนมีบทบาทเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง (Mawschner, 1995; Synder และคณะ, 2007) นอกจากนี้ ซิลิกอนยังมีความสามารถในการกระตุ้นการดูดธาตุอาหารของพืชไปใช้ได้มาก และเร็วขึ้นจากปกติ (Clark and Burge, 2000) สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีแนวโน้มลดลง โดยกรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวสามารถชะลอการสุกหรือการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกคาร์โบไฮเดรตจะเปลี่ยนจากแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ผลิตผลมีรสชาติหวาน ในขณะที่ผลไม้ยังอ่อนจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่สูง แต่เมื่อผลสุกจะมีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ลดน้อยลง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) เนื่องจากกรดอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการหายใจ กรดจึงถูกใช้ไปทำให้เมื่อเก็บรักษานานขึ้น จึงมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดน้อยลง และสอดคล้องกับอัตราการหายใจ โดยกรรมวิธีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตเตรทไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองของ Karagiannis และคณะ (2021) และ Zhang และคณะ (2017) ที่พบว่า ผลิตผลที่ได้รับซิลิกอนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม สำหรับคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน กากใย และเถ้า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อ

หากมีโอกาสนำเครื่องมือมาทดลองเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) นำมาใช้ในการทดลองในมะม่วง และผลไม้ชนิดอื่นที่เน่าเสียได้ง่ายจะเป็นโอกาสสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการส่งออก รวมทั้งการจัดการผลผลิตภายในประเทศได้

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

จากปัญหาการแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ ซึ่งในอนาคตหากประเทศไทยนำเครื่องมือ ถอดแบบ มาปรับประยุกต์ ลดการนำเข้าเครื่องมือได้

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. *รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช พืชอายุยาว(รต.02) จำแนกตามพืช/แมลงกลุ่ม ไม้ผล ชนิด มะม่วง พันธุ์ น้ำดอกไม้ ระดับประเทศ.* สืบค้นจาก: https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index [30พ.ค. 2564].

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

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชินานาฏ วิทยาประภากร วิษณุ ทองเล็ก และ นภัสนันท์ ไชยเลิศ. 2563. การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองด้วยใช้เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิ้ล. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม* 4 (2) : 1-11.

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ นพรัตน์ ทัดมาลา และ วาริช ศรีละออง. 2555. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค. *ว. วิทย์. กษ* 43 (2) (พิเศษ) : 61–64.

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ พนิดา บุญฤทธิ์ ธงไชย และวาริช ศรีละออง. การใช้ฟองก๊าซ 1-MCP ขนาดไมโครและนาโน: เทคนิคใหม่ในการชะลอการสุกของกล้วยหอม. *ว. วิทย์. กษ* 43 (3) : 284-287.

ธรรมธวัช แสงงาม ธงชัย มาลา ศุภชัย อำคา และกนกกร สินมา. 2558. ผลของสารฮิวมิก และแคลเซียมซิลิเกตที่มีต่อการเจริญเติบโตของแตงเทศพันธุ์แอคชัน 434 และสมบัติบางประการของชุดดินกำแพงแสน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 4(1) : 12-22.

ธัญญา พนมกิจเจริญพร จุฑามาศ ร่มแก้ว ชัยสิทธิ์ ทองจู สดใส ช่างสลัก และสราวุธ รุ่งเมฆารัตน์. ผลของพัมมิเชียสทัฟฟ์ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. น. 445-453. *ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54* สาขาพืช, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2525. โรคแอนแทรคโนสของมะม่วง. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์* 27 (1) : 1–8.

บุญคง ก่าชัวเฮ่อ โสระยา ร่วมรังสี และ ตระกูล ตันสุวรรณ. 2547. ผลของพัมมิซต่อผลผลิตและคุณภาพฝรั่ง. *วารสารเกษตร* 20(3) : 243-249.

เบญจมาส รัตนชินกร คมจันทร์ สรงจันทร์ ปรางค์ทอง กวานห้อง ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์ วิชา ธิติประเสริฐและเฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2550. *ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค*. สืบค้นจาก: www.doa.go.th/doaresearch/files/498_2550.pdf [13 มิ.ย. 2561].

ปิยะ ดวงพัตรา. 2556. *สารปรับปรุงดิน.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรฉิมพงศ์ และนิธิยารัตนปนนท์. 2561. *Supercooling/ความเย็นยิ่งยวด.* สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0514 [13 มิ.ย. 2561].

พีระศักดิ์ ฉายประสาท รณฤทธิ์ ฤทธิรณ มาฆะสิริ เชาวกุล พุทธพงษ์ สร้อยเพชรเกษม และปัณณวิชญ์ ใบกุหลาบ. 2561. *โครงการการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออกตลาดประเทศญี่ปุ่นโดยการขนส่งทางเรือ (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์).* กรุงเทพฯ. 103 หน้า.

มาลิณี หลวงคลัง และไอลดา ตรีรัตน์ตระกูล. 2557. การวิเคราะห์และออกแบบการทดลองเพื่อลดการสูญเสียมะม่วงจากโรคแอนแทรคโนส กรณีศึกษาการส่งออกมะม่วงทางเรือไปประเทศญี่ปุ่น. หน้า 219–226. *ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52.* สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. *ธาตุอาหารพืช.* พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2532. ทองมณเทียรฝรั่งพันธุ์ใหม่. *เคหการเกษตร* 13(4) : 52-55.

วิจิตร วังใน. 2552. *ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล.* วี.บี.บุ๊คเซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 371 หน้า.

สุภาลัย อารีรักษ์ และ สิริวัฒน์ สาครวาสี. 2563. การวิเคราะห์ทางสรีระวิทยาและการแสดงออกของยีนในมะเขือเทศที่ได้รับสารแคลเซียมซิลิเกตภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือ. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร* 37 (2) : 12-24.

ลิขสิทธิ์การเกษตร

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. 2561. *การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพื่อการส่งออกตลาดประเทศญี่ปุ่นโดยการขนส่งทางเรือ.* สืบค้นจาก : https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:130460 [3 ส.ค. 2564].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. *สถิติการส่งออก (Export).* สืบค้นจาก : http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2563&E_YEAR=2563&PRODUCT_GROUP=5252&PRODUCT_ID=4987&wf_search=&WF_SEARCH=Y [30 พ.ค. 2564].

สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2547. *เอกสารวิชาการการผลิตมะม่วงเพื่อส่งออกญี่ปุ่น.* กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 42 หน้า.

อุราภรณ์ สะอาดสุด, วิชชา สอาดสุด และโสภณ สิงห์แก้ว. 2548. การประเมินความเสียหายในมะม่วงน้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว. *Postharvest Newslertter* 4(3): 1-4.

Anderson, J.M., Pegg, K.G., Dann, E.K., Cooke, A.W., Smith, L.A., Willingham, S.L., Giblin, F.R., Dean, J.R. and Coates, L.M., 2005. New strategies for the integrated control of avocado fruit diseases. *In: New Zealand and Australia Avocado Grower's Conference'05*, pp. 1–6.

Beaufort, A., Cardinal, M., Le-Bail, A. and Didelet-Bourdin, G. 2009. The effects of superchilled storage at -2oC on the microbial and organoleptic properties of cold-smoked salmon before retail display. *International Journal of Refrigeration*, 1850-1857.

Beuchat, L.R. 1991. Surface disinfection of raw produces. Diary Food Environmental and Sanitation 12 (1): 6–9.

Bi, Y., Tian, S.P., Guo, Y.R., Ge, Y.H. and Qin, G.Z., 2006. Sodium silicate reduces postharvest decay on Hamimelons: induced resistance and fungistatic effects. *Plant Dis*. 90: 279–283.

Boertje, G. A. 1995. Chemical and Physical Characteristics of pumice as a growing medium. Acta Horticulturae 401: 85-87.

Chen, C., and Carter, R. 1986. Temperature changes in citrus fruit at sub-freezing temperatures. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 128-131.

Clark, G. E. and G. K., Burge. 2000. Effects of growing media and nutrition on tuber russeting, storage, and production in Sandersonia aurantiaca. *Journal of Crop and Horticulture Science* 28(2): 139-146.

Diehl, H. and Wright, R. 1924. Freezing injury of apples. *Journal of Agricultural Research*, 99-127.

Eltez, R.Z., Y., Tuzel, and K., Boztok. 1999. Effect of different growing media and pruning method on greenhouse muskmelon production. *Acta Horticulturae* 491: 363-368.

Eriksson, J.C. and S. Ljunggren. 1999. On the mechanically unstable free energy minimum of a gas bubble which is submerged in water and adheres to a hydrophobic wall. *Colloid and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects* 159: 159–163.

Fawe, A., Menzies, J.G., Cherif, M. & Belanger, R.R. 2001. Silicon and disease resistance in dicotyledons. Pages 159-169 In: Datnoff, L.E., Snyder, G.H. and Korndörfer, G.H. (Eds). Silicon in agriculture. *Elsevier Science*, Amsterdam.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. *Top 20 Country, Export quantity of Mangoes, mangosteens, guavas*. Retrieved May 30, 2021, [Online]. Available: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports

กรมวิชาการเกษตร

Fukuma, Y., Yamane, A., Itoh, T., Tsukamasa, Y. and Ando, M. 2012. Application of supercooling to long-term storage of fish. *Fish Science*, 451-461.

Guo, Y., Liu, L-, Zhao, J., Bi, Y., 2007. Use of silicon oxide and sodium silicate for controlling Trichothecium roseum postharvest rot in Chinese cantaloupe (Cucumis melo L.). Int. J. Food Sci. Technol. 42: 1012–1018.

Hruschka, H., Akeley, R., Ralph, E., Sawyer, R. and Schark, A. 1961. Seed potato productivity after cooling, supercooling or freezing. *USDA Mkt. Res. Rpt.* No. 507, 14 pp.

James, C., Seignemartin, V. and James, S. 2009. The freezing and supercooling of garlic (Allium sativum L). *International Journal of Refrigeration*, 253-260.

Kaluwa, K, Bertling, I, Bower JP and Tesfay SZ, 2010, Silicon application effects on 'Hass'avocado fruit physiology, *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 33, 44-47.

Karagiannis, E., M., Michailidis, C., Skodra, A., Molassiotis, and G., Tanou. 2021. Silicon influenced ripening metabolism and improved fruit quality traits in apples. *Plant Physiology and Biochemistry*. 166: 270-277.

Kimura, T. and T. Ando. 2002. Physical control of chemical reaction by ultrasonic waves, *Ultrasonic Technology* 14: 7–8.

Kobayashi, F., H. Ikeura, M. Tamaki and Y. Hayata. 2009a. Application of CO2 Micro- and Nano-Bubbles at Lower Pressure and Room Temperature to Inactivate Microorganisms in Cut Wakegi (Allium wakegi Araki), *Acta Horiculturae* 875: 417–424.

Kobayashi, F., Y. Hayata, Y. Ikeura, M. Tamaki, N. Muto and Y. Osajima. 2009b. Inactivation of *Escherichia coli* by CO_2 microbubbles at a lower pressure and near room temperature. *American Society of Agricultural Engineers* 52: 1621–1626.

Lawrence, P., Woolfe, M. and Tsampazi, C. 2010. The effect of superchilling and rapid freezing on the HADH assay for chicken and turkey. *Journal of the Association of Public Analysts* (online), 13-23.

Li, L., X., Tang, Q., Ouyang, and N., Tao. 2019.Combination of sodium dehydroacetate and sodium silicate reduces sour rot of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 151: 19-25.

Lucas, J. 1954. Subcooling and ice nucleation 467 in lemons. Plant Physiology, 245-251.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd ed.)*. New York: Academic Press.

Moscoso-Ramírez, P. A., and L., Palou. 2014. Preventive and curative activity of postharvest potassium silicate treatments to control green and blue molds on orange fruit. *European journal of plant pathology* 138(4): 721-732.

Nikagolla, N. G. D. N., M. Y., Udugala-Ganehenege, and W. A. M., Daundasekera. 2019. Postharvest application of potassium silicate improves keeping quality of banana. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 94(6): 735-743.

Peris-Felipo, F. J., Y., Benavent-Gil, and L., Hernández-Apaolaza. 2020. Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status. *Plant Physiology and Biochemistry* 152: 23-31.

Preston, H. A. F., G. H., de Sousa Nunes, W., Preston, E. B., de Souza, R. D. L. R., Mariano, L. E., Datnoff, and C. W. A., do Nascimento. 2021. Slag-based silicon fertilizer improves the resistance to bacterial fruit blotch and fruit quality of melon grown under field conditions. *Crop Protection* 147: 105460.

Raven, J.A. 1983. The Transport and funtion of silicon in plants. *Biological Reviews*. 59 (2): 179-207.

กรมวิทยาศาสตร์

Savant, N. K., L. E., Dantnoff, and G.H., Synder., 1997. Depletion of plant available silicon in soil: a possible cause of declining rice yields. Common. *Soil Sci. Plant Anal*. 28: 1245-1252.

Shehata, S. A., M. EL-M., M. A., Saleh, and S. A., Atala. 2018. Effect of Foliar spray with Potassium Silicate on Growth, Yield, Quality and Storability of Cucumber Fruits. *Annals of Agricultural Science*, Moshtohor 56(2): 385-396.

Somapala, K., D., Weerahewa, and S., Thrikawala. 2016. Silicon rich rice hull amended soil enhances anthracnose resistance in tomato. *Procedia food science* 6: 190-193.

Stonehouse, G.G. and Evans, J.A. 2015. The use of supercooling for fresh foods: A review. *Journal of Food Engineering*. 148: 74-79.

Super Cooling Labo. 2018. *Super Cooling System*. [Online]. Available: http://www.scs-labo.co.jp/scs.php, June, 24 2018.

Synder, G. H., V. V., Matichenkov and L. E., Datnoff. 2007. Silicon. *In Handbook of Plant Nutrition.*

Tarabih, M. E., E. E., El-Eryan, and M. A., El-Metwally. 2014. Physiological and pathological impacts of potassium silicate on storability of Anna apple fruits. *American Journal of Plant Physiology* 9(2): 52-67.

Wang, Y., Y., Bi, Y., Ren, Y., Wang, C., Fan, D., Li, and Z., Yang. 2012. Control of postharvest diseases and potentiation of reactive oxygen species metabolism in muskmelon (Cucumis melo L.) fruits treated by sodium silicate. *Scientia Agricultura Sinica*, 45(11): 2242-2248.

Zhang, M., Y., Liang, and G., Chu. 2017. Applying silicate fertilizer increases both yield and quality of table grape (Vitis vinifera L.) grown on calcareous grey desert soil. *Scientia horticulturae* 225: 757-763.

กรมวิชาการเกษตร

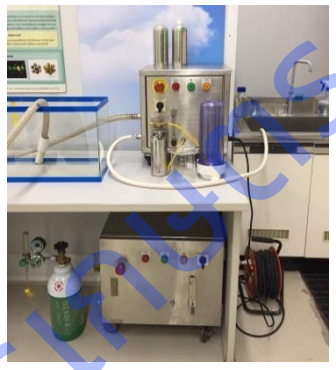
ภาคผนวก

การทดลองที่ 1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

- **จัดทำแผนการปฏิบัติงาน**

จัดประชุมผู้ที่เกี่ยวข้อง จัดซื้อ จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ ทำการสำรวจและคัดเลือกแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการทดลอง และทำการทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

(ก)

(ข)

ภาพภาคผนวกที่ 1 (ก) การประชุมผู้ที่เกี่ยวข้อง (ข) เครื่องผลิตฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน

ภาพภาคผนวกที่ 2 แปลงมะม่วงน้ำดอกไม้

กรมวิชาการเกษตร

➢ **การเตรียมผลิตผลและกรรมวิธีการทดลอง**

ภาพภาคผนวกที่ 3 การตัดขั้ว คัดขนาดและตำหนิของมะม่วง

ภาพภาคผนวกที่ 4 การล้างมะม่วงด้วยน้ำฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์

ภาพภาคผนวกที่ 5 การจุ่มมะม่วงในสารละลาย Azoxystrobin ที่อุณหภูมิ 50±2 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

ภาพภาคผนวกที่ 6 การจุ่มในน้ำเย็น 10±2 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

ภาพภาคผนวกที่ 7 การผึ่งมะม่วงให้สะเด็ดน้ำ

ภาพภาคผนวกที่ 8 การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

ภาพภาคผนวกที่ 9 ห่อมะม่วงด้วยตาข่ายกันกระแทก (foam net) จากนั้นบรรจุมะม่วงในกล่องลังกระดาษลูกฟูก

ภาพภาคผนวกที่ 10 เก็บรักษามะม่วงในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การประยุกต์ใช้ซิลิกอนเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

ภาพภาคผนวกที่ 11 การใช้ซิลิกอนในแปลงปลูกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การทดลองที่ 3 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของมะม่วง

(ก) แปลงมะม่วง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

(ข) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ระยะสุกแก่ 85%

(ค) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองบรรจุกล่องเพื่อเก็บรักษาในห้องเย็น

(ง) ลักษณะปรากฏมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เก็บ 13 $\pm$1 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 12 (ก-ง) การเก็บรักษามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิ 13 $\pm$1 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 4 การจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกทางเรือ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

- **การจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว**

ภาพภาคผนวกที่ 13 แปลงมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ฉีดพ่นซิลิกอนที่ความเข้มข้น 0.5%

ภาพภาคผนวกที่ 14 มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับการฉีดพ่นซิลิกอน 85 วันหลังดอกบาน

- **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว**

กรมวิชาการเกษตร

ภาพภาคผนวกที่ 15 ขั้นตอนการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

หลักฐานเชิงประจักษ์

1. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ แบบโปสเตอร์ เรื่อง “การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง” ในการ ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17 ระหว่างวันที่ 2-3 ธันวาคม 2563

2. ตีพิมพ์ผลงาน เรื่อง “ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเกิดโรคและคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง” ในวารสาร Proceeding การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดในการยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรคต้นเน่าของมะเขือเทศ 3682
ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชพร้อมอุปกรณ์ถังเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์แบบกึ่งอัตโนมัติ 3691
ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเกิดโรคและคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 3698
ความเป็นปฏิปักษ์ของ *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01 ต่อเชื้อราที่แยกได้จากต้นกล้าพะยูงไทย 3705
การวิเคราะห์ความรุนแรงของโรคพืชโดยใช้โปรแกรม Image J เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้การสังเกต 3716
การประเมินระดับความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 2-3 ธันวาคม 2563

ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการเกิดโรคและคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

Efficacy of Micro- and Nano- Bubbles Technology in Combination with Sodium Hypochlorite on Disease and Quality of 'Nam Dok Mai Si-Thong' Mango

อนุวัฒน์ รัตนชัย[1] ชลิดา ฉิมวารี[1] วาริช ศรีละคอง[2] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[2] ริสา รัตนชัย[3] และ ทวีศักดิ์ แสงคุดม[1]
Anuwat Rattanachai[1], Chalida Chimvaree[1], Varit Srilaong[2], Nutthachai Pongprasert[2], Risa Rattanachai[3] and Thaveesak Sangudom[1]

บทคัดย่อ

โรคแอนแทรกโนสเป็นปัญหาสำคัญของมะม่วง ทำให้คุณภาพมะม่วงลดลง และอายุการเก็บรักษาสั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการทำความสะอาดด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 °C เป็นเวลา 28 วัน โดยทุก ๆ 7 วัน ย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 °C เป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm เกิดโรคช้าที่สุด ซึ่งพบในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดควบคุมพบในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา แต่มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคไม่แตกต่างจากชุดควบคุม นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและรักษาคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน โซเดียมไฮโปคลอไรท์ โรคหลังการเก็บเกี่ยว

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาประสิทธิภาพของการล้างด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อการลดการเกิดโรคและรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่าร้อยละการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1A) โดยมะม่วงที่ล้างด้วย MNBs+NaOCl ปรากฏอาการของโรคช้ากว่าชุดควบคุม (200 ppm NaOCl) และพบว่ามะม่วงที่ล้างด้วย MNBs+200 ppm NaOCl เกิดโรคช้าที่สุดในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (8.33%) รองลงมาคือ MNBs+100 ppm NaOCl พบการเกิดโรคในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา (16.67%) และชุดควบคุมพบการเกิดโรคเร็วที่สุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา (16.67%) และระดับความรุนแรงของการเกิดโรค (degree of disease) ในมะม่วงที่ล้างด้วย MNBs+200 ppm NaOCl พบว่ามีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Figure 1B) การล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (MNBs+NaOCl) สามารถชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงในการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยกลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนในการเข้าทำลายเชื้อราของมะม่วง ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกไซด์ไอออน (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองก๊าซทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยเกิดความร้อนที่สูงขึ้นส่งผลต่อสภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบ และกระบวนการสลายตัวทางความร้อนภายในของเชื้อราทำให้เชื้อราเกิดการเสียสภาพ จากการวิจัยที่ผ่านมารายงานว่าการสลายตัวจากสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เป็นผลให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระประเภท •OH (Kimura and Ando, 2002) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ซึ่งมีกลไกในการลดการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเนื่องมาจากในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีโซเดียม (Na^+) และไฮโพคลอไรท์ (OCl^-) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อเกิดการรวมตัวกับน้ำจะทำให้มีการปลดปล่อย hypochlorous acid (HClO) ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Bouchat, 1991) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดโรคและลดความรุนแรงในการเกิดโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ดีกว่าชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 50 ppm (ณัฐชัย และคณะ, 2555)

กรมวิชาการเกษตร