

คู่มือ

การจัดการห่วงโซ่อุปทานมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง สู่วิกฤตเศรษฐกิจจากโควิด-19



จัดทำโดย



MAERSK



M H E S I

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

พ.ศ. 2564

สารบัญ

	หน้า
บทหน้า	1
บทที่ 1 องค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตมะม่วง	3
บทที่ 2 เทคนิคการยืดอายุด้วยการเก็บรักษา แบบควบคุมบรรยากาศ	9
บทที่ 3 แนวทางการปฏิบัติสำหรับการส่งออก มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	15
บทที่ 4 ขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	25
บทที่ 5 การดูแลและการเก็บรักษามะม่วงเมื่อนำออกจาก ตู้ควบคุมบรรยากาศ (เมื่อถึงปลายทาง)	33
บทที่ 6 ความคุ้มค่าของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ไปญี่ปุ่นและสาธารณรัฐเกาหลีทางเรือ	41
เอกสารอ้างอิง	46

บทนำ

ไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ระบาดมาตั้งแต่ปลายปี 2562 และเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2563 องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้เป็นโรคระบาดใหญ่ทั่วโลก มีการระบาดไปยังประเทศต่าง ๆ กว่า 209 ประเทศ จนมีจำนวนสะสมของผู้ป่วยมากกว่า 170 ล้านคน และมีเสียชีวิตแล้วมากกว่า 3.54 ล้านคน การระบาดของไวรัส COVID-19 ส่งผลให้เกิดการชะลอการผลิตในภาคอุตสาหกรรมทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปสู่การค้าและการลงทุนทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ อุตสาหกรรมการส่งออก ทั้งการยกเลิกเที่ยวบิน ข้อกำหนดปิดประเทศ การยกเลิกกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้เกิดการถดถอยทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรง ประเทศไทยเป็นอีกหนึ่งประเทศที่ได้รับผลกระทบจากไวรัสโควิด-19 เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยเฉพาะเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้รับผลกระทบ เนื่องจากมีผลผลิตเกินความต้องการบริโภคภายในประเทศ จึงไม่สามารถส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปจำหน่ายยังต่างประเทศทางเครื่องบินได้โดยสะดวก

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก เป็นหนึ่งในผลไม้หลักที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยในปัจจุบัน จากข้อมูลทางสถิติของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2562 ประเทศไทยส่งออกมะม่วงผลสดทั้งหมดจำนวน 60,329 ตัน มูลค่าการส่งออก 2,139 ล้านบาท แต่เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ในปัจจุบัน เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงไทยทั่วประเทศได้รับผลกระทบ เนื่องจากการขนส่งทางอากาศที่น้อยและราคาแพง ขณะที่ผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณมากกว่าความต้องการภายในประเทศ ทีมวิจัยจึงต้องหาวิธีการขนส่งทางเรือร่วมกับขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อนำมะม่วงไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ได้แก่ ญี่ปุ่นและสาธารณรัฐเกาหลี

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปญี่ปุ่นและสาธารณรัฐเกาหลีที่ได้รับผลกระทบจากโควิด-19 ในข้อเสนอโครงการ “การจัดการห่วงโซ่อุปทานมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองครบวงจรสู่วิกฤตเศรษฐกิจจากโควิด-19” เพื่อสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมควบคู่กับการฟื้นฟูเศรษฐกิจและเยียวยาปัญหาวิกฤตโควิด-19 ไปพร้อมกัน ด้วยการทบทวนองค์ความรู้ให้แก่บัณฑิตร่วมงาน และบุคคลทั่วไป และจ้างงานให้ปฏิบัติในภาคเอกชนเพื่อขับเคลื่อนโครงการฯ จะมีส่วนช่วยในการเยียวยาผู้ว่างงาน ทั้งนี้ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยจะมีส่วนช่วยเพิ่มศักยภาพในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง เพิ่มโอกาสและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของผู้ประกอบการส่งออก อันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศ

องค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตมะม่วง

1

ผศ. ดร. พีระศักดิ์ นายประสาธ

การผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกเป็นการรวมองค์ความรู้ทั้งเทคโนโลยีการผลิต เทคโนโลยีการหลังการเก็บเกี่ยว และเทคนิคการยืดอายุด้วยการเก็บรักษาในสภาพแบบควบคุมบรรยากาศ ที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อผลิตมะม่วงที่มีคุณภาพและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิต รวมถึงการป้องกันการเข้าทำลายของโรคและแมลง เพื่อรักษาคุณภาพของผลมะม่วงให้มีคุณภาพดีที่สุดจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ซึ่งการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงให้นานขึ้น จะสามารถส่งเสริมและกระตุ้นการส่งออกมะม่วงของไทยไปยังต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐเกาหลี เป็นต้น นอกจากนี้ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวยังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตรของไทยได้อีกด้วย ดังนั้น การส่งออกผลมะม่วงไทยให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับสากล จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้การจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อยกระดับและรักษาคุณภาพผลผลิตให้ได้มาตรฐาน และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั่วโลกได้

ความหมายของมะม่วงนอกฤดู

มะม่วงนอกฤดู (off-season mango) คือ มะม่วงที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ นอกเหนือไปจากช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม โดยผลผลิตจะออกก่อนหรือหลัง ขึ้นอยู่กับความต้องการและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิต หรือมีผลผลิตในช่วงตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนมีนาคม

ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตมะม่วงของประเทศไทยสามารถออกแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ประมาณเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม ได้แก่ อำเภอบางบาล นครราชสีมา
- กลุ่มที่ 2 ประมาณเดือนสิงหาคม – กันยายน ได้แก่ อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี
- กลุ่มที่ 3 ประมาณเดือนกันยายน – เมษายน ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี
- กลุ่มที่ 4 ประมาณเดือนพฤศจิกายน – มิถุนายน ได้แก่ ฉะเชิงเทรา สระแก้ว
- กลุ่มที่ 5 ประมาณเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ ได้แก่ พิจิตร
- กลุ่มที่ 6 ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน ได้แก่ เพชรบูรณ์ พิษณุโลก
- กลุ่มที่ 7 ประมาณเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ได้แก่ สุโขทัย เชียงใหม่ เชียงราย

ตาราง 1 ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองของประเทศไทย

เดือนเก็บเกี่ยว															
ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.				
						นครราชสีมา									
							อ่างทอง								
							สิงห์บุรี								
							ชัยนาท								
							สุพรรณบุรี								
ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี								ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี							
ฉะเชิงเทรา สระแก้ว										ฉะเชิงเทรา สระแก้ว					
พิจิตร															
	เพชรบูรณ์ พิษณุโลก														
				สุโขทัย เชียงใหม่ เชียงราย											

การเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

การเก็บเกี่ยวผลมะม่วงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยต้องคำนึงถึงอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เนื่องจากมะม่วงแต่ละพันธุ์มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันออกไป (ตาราง 2) กรณีเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่อ่อนเกินไป (110 วันหลังดอกบาน แต่ไม่ถึง 115 วัน) หากเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่แก่จนเกินไป (มากกว่า 120 วันหลังดอกบาน) จะทำให้เนื้อผลนิ่มเกินไป บอบช้ำง่าย การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่สภาพเหมาะสมจึงสำคัญ

ตาราง 2 การเปรียบเทียบดัชนีการเก็บเกี่ยวมะม่วงแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์มะม่วง	ระยะที่เหมาะสม	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
น้ำดอกไม้สีทอง	เก็บเกี่ยวในระยะ 115 วัน หลังดอกบาน (ระยะสุกแก่ 80%)	หากเก็บในระยะ 110 วันหลังดอกบาน (ระยะสุกแก่ 70%) มะม่วงจะอ่อนเกินไป และระยะ 120 วันหลังดอกบาน (ระยะสุกแก่ 90%) มะม่วงจะแก่จัด
น้ำดอกไม้เบอร์ 4	เก็บเกี่ยวในระยะ 105 วันหลังการติดผล	นำมาตรวจสอบความถ่วงจำเพาะ โดยการนำมอลอยน้ำเกลือ 2%
มหาชนก	สามารถเก็บเกี่ยวได้ระหว่าง 100 – 115 วันหลังดอกบาน	ทดสอบความถ่วงจำเพาะ โดยการลอยน้ำ หรือทำการลอยน้ำเกลือ 2%
เขียวมรกต		ตรวจสอบความถ่วงจำเพาะ โดยมะม่วงจะจมน้ำ แต่ลอยในน้ำเกลือ 6%
หนังกลางวัน	อยู่ในช่วง 91 – 98 วัน หลังจากติดผล	ใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อกรดซิตริกและปริมาณกรดซิตริกในผลดิบเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว
เขียวเสวย	ประมาณ 13 สัปดาห์ (91 วัน) หลังจากติดผล หรือ 15 สัปดาห์หลังจากดอกบาน	ใช้การสังเกตจุดกระสีน้ำตาลทั่วผล ประกอบการพิจารณา

สายพันธุ์มะม่วง	ระยะที่เหมาะสม	ดัชนีการเก็บเกี่ยว
แรด	เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 77 วันขึ้นไปหลังติดผล	สังเกตลักษณะแก่มีผลเต่งและผิวผลมีนวล และหากต้องการรับประทานแบบดิบให้ เก็บเกี่ยวไม่เกิน 91 วันหลังติดผล

การสุกของผลมะม่วง

การสุกของผลเป็นสภาวะธรรมชาติของผล หลังจากมีการเจริญเติบโตจนถึงระยะเต็มທີ່ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของกระบวนการเสื่อมตามอายุผล ในระหว่างกระบวนการนี้มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงของสีผล จะแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์ โดยเปลี่ยนแปลงสีผล และสีเนื้อ จากสีเขียวเป็นสีเหลือง เมื่อผลมะม่วงอายุมากที่สุกจะมีเบต้า-แคโรทีนมากกว่าผลมะม่วงอายุน้อยที่สุด

2. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส ผลเข้าสู่กระบวนการสุกความแน่นเนื้อจะลดลง การที่ผลมะม่วงอายุมาก ความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากสารประกอบเพกติน ซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่อยู่ในรูปของโพรโทเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปเป็นเพกติน ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กละลายน้ำได้ ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ซึ่งเคยยึดเกาะกันแน่นในขณะผลดิบนั้นหลุด แยกออกจากกันเมื่อผลสุก โดยความอ่อนนุ่มของผลมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำได้

3. การเปลี่ยนแปลงของรสชาติ การเปลี่ยนแปลงรสชาติในระหว่างการสุกที่ปรากฏเด่นชัด คือ การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด มีความสำคัญต่อการพัฒนาของรสชาติของผลไม้ แม้ว่าในผลจะมีกรดอินทรีย์หลายชนิดก็ตาม แต่โดยทั่วไปแล้วมักมีกรดเพียงหนึ่งหรือสองชนิดเท่านั้นที่มีมากและถูกสะสม

ในระหว่างการสุกปริมาณกรดในผลไม้ส่วนใหญ่จะลดลง จากการถูกใช้ไปเป็นสารประกอบของการหายใจ และการนำไปเป็นโครงสร้างคาร์บอน ของการสังเคราะห์สารชนิดใหม่ในระหว่างการสุก การลดลงของปริมาณกรด มีความเกี่ยวข้องกับการเข้าสู่ระบบการสุกและการสะสมน้ำตาล แต่การลดลงของปริมาณกรดในระหว่างการสุกไม่ได้เกิดขึ้นกับผลไม้ทุกชนิด

4. อัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น ในผลมะม่วงแก่จัดหรือเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ลักษณะการหายใจของมะม่วงมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นหลังจากการติดผล จากนั้นจะ

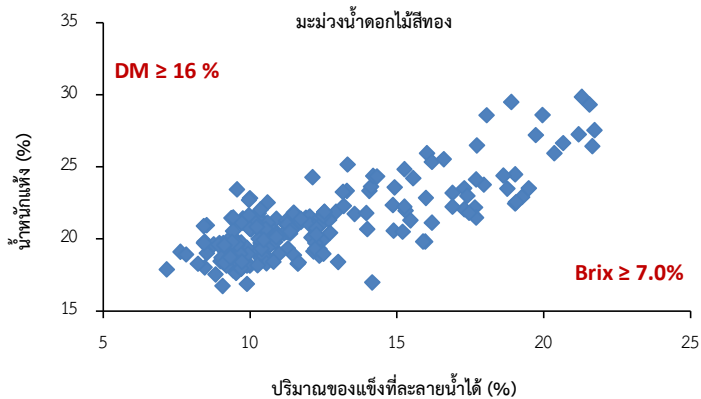
ลดลงอยู่ในระดับต่ำอย่างคงที่จนกระทั่งกระบวนการสุกเริ่มต้น ช่วงที่การหายใจแบบโคลแมคเทอร์ริกเพิ่มขึ้นสูงสุดเกิดขึ้นช้าในผลมะม่วงที่ยังไม่แก่ และเกิดเร็วมากในผลมะม่วงที่สุกงอม ผลมะม่วงที่กำลังแก่ได้ที่มีการหายใจสูงสุดในวันที่ 9 ที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (ambient temperature) 26 ± 2 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 45 – 65 เปอร์เซ็นต์ การสะสมน้ำตาลสูงสุดในช่วงเวลาเดียวกับที่การหายใจแบบโคลแมคเทอร์ริกถึงจุดสูงสุด

5. การผลิตเอทิลีน โดยทั่วไปเอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนพืช จะไปเร่งการสุกและอัตราการเสื่อมสภาพของผล เนื่องจากเอทิลีนสามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้นได้ กระตุ้นให้เกิดการสุกได้เร็วขึ้น การให้เอทิลีนทำให้ผลมะม่วงมีการสุกเร็วขึ้นและทำให้ผลสุกสม่ำเสมอ ในขณะที่ผลอ่อนมีการผลิตเอทิลีนน้อยมาก แต่เมื่อผลมีอายุมากขึ้นมีการเจริญเต็มที่มากขึ้น การผลิตเอทิลีนก็เพิ่มปริมาณมากขึ้นตาม ทำให้กระตุ้นการสุกได้เร็วขึ้น และมีความไวต่อการตอบสนองต่อเอทิลีนที่ได้รับจากภายนอกมากขึ้น มะม่วงสุกมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกผลมะม่วงมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น แต่อาจจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ มะม่วงมีการผลิตเอทิลีนอยู่ในระดับปานกลางระหว่าง 1 – 10 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

การประเมินระยะสุกแก่ของมะม่วงแบบไม่ทำลายผลผลิตผลโดยใช้เทคนิค เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Near Infrared Spectroscopy: NIRs)

เป็นการนำผลมะม่วงมาวัดระยะสุกแก่ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (NIRs) มะม่วงเกรดส่งออกจะต้องคัดเลือกจากระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยยิงลำแสงอินฟราเรดในช่วงเวลา 7 วินาที เข้าไปตกกระทบกับผลมะม่วงแล้วสะท้อนเข้าเครื่อง จากนั้นเครื่องจะแสดงผลเป็นตัวเลข หากมะม่วงมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่าง 7 - 13 %Brix แสดงว่ามะม่วงผลนั้นมีระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่อง NIR Spectrometer แบบพกพา สามารถสร้างกรรมวิธีเทียบมาตรฐานสำหรับทำนายจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%Brix) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient of correlation, R^2) เท่ากับ 0.96 และค่าการพิสูจน์ยืนยันการใช้ได้ (Validation R^2) เท่ากับ 0.95 และการสร้างกรรมวิธีเทียบมาตรฐานสำหรับทำนายจากน้ำหนักรากแห้ง (% DM) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Coefficient of correlation, R^2) เท่ากับ 0.70 และค่าการพิสูจน์ยืนยันการใช้ได้ (Validation R^2) เท่ากับ 0.66 จะเห็นได้ว่าการประเมินระยะสุกแก่ด้วยสมการจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแม่นยำมากกว่า น้ำหนักรากแห้ง จึงเลือกใช้สมการจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกาทดลองต่อไป

ภาพ 3 การกระจายตัวของค่า %Brix และค่า %DM ของมะม่วงที่ถูกเก็บเกี่ยวใน
ขณะที่มีระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์



ข้อแนะนำการใช้เครื่อง near infrared spectroscopy

1. ระวังไม่ให้เครื่องตกกระแทกอย่างรุนแรง เพราะจะส่งผลต่อหลอดไฟกำเนิดแสง
2. ก่อนใช้ต้องเช็ดเลนส์ให้สะอาด
3. ควรชาร์จแบตเตอรี่ให้พร้อมใช้งานทุกเมื่อ
4. สมการที่ใช้มีความจำเพาะแต่ละชนิดของผลไม้ เช่น สมการของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองใช้ได้เฉพาะกับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ไม่สามารถใช้กับมะม่วงสายพันธุ์อื่นได้
5. สภาวะที่ใช้ในการสร้างสมการต้องเหมือนกับสภาวะที่ใช้จริง เช่น อุณหภูมิขณะวัดต้องเหมือนกันกับอุณหภูมิขณะสร้างสมการ เป็นต้น
6. หากมีการเปลี่ยนยี่ห้อหรือรุ่นของเครื่อง จะต้องทำการสร้างสมการใหม่ทุกครั้ง

เทคนิคการยืดอายุด้วยการเก็บรักษา

2

แบบควบคุมบรรยากาศ

ผศ. ดร. พีระศักดิ์ นายประสาธ

การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ เป็นเทคนิคการควบคุมบรรยากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้สามารถลดอัตราการเกิดโรค เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ให้พร้อมสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพทางเคมี ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียได้ดีกว่าการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ซึ่งผลไม้เป็นสินค้าที่มีอายุสั้นและผลไม้แต่ละชนิดก็จะมีวิธีการดูแลเก็บรักษาแตกต่างกันไป ผู้ประกอบการจึงต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องเหล่านี้เป็นอย่างดี เพื่อให้ผลไม้มีคุณภาพดีอยู่ได้นาน และเป็นที่พอใจของผู้บริโภค นอกจากนี้ การส่งผลไม้เข้าไปจำหน่ายในแต่ละประเทศ ผู้ส่งออกก็ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือระเบียบของประเทศนั้น ๆ ในการป้องกันและลดการสูญเสียผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้สามารถส่งผลไม้สดเข้าประเทศเหล่านั้นได้

การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ (Controlled Atmosphere storage : CA)

เทคนิคการยืดอายุด้วยการเก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ สามารถลดอัตราการเกิดโรค ทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ให้สูงกว่า 0.03% ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) ให้ต่ำกว่า 21% และรักษาสภาพความเข้มข้นของก๊าซไปตลอดอายุการเก็บรักษา ก๊าซที่ใช้สำหรับการควบคุมบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจน ก๊าซเหล่านี้จะถูกผสมในสัดส่วนที่ต่างกันขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และความต้องการของกระบวนการโดยทั่วไปมักจะลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน และเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงด้วยเทคนิคแบบควบคุมบรรยากาศ ที่มีก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ หรือสภาพที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง สามารถเก็บรักษามะม่วงได้นานกว่าปกติ ซึ่งจะช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของเนื้อ ลดอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่ามะม่วงที่เก็บในสภาพบรรยากาศปกติ ในภาชนะที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงอาจมีผลทำให้เอทิลีนในพืชลดลง เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะขัดขวางการทำงานของเอทิลีน โดยการแย่งที่เอทิลีนในการจับกับตัวรับ (ethylene receptor) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงทำหน้าที่เป็น

competitive inhibitor ของเอทิลีน และเข้าไปแทนที่ active site จึงสามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ การควบคุมบรรยากาศให้แตกต่างไปจากปกติทำให้มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลง และเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น สามารถลดการหายใจ ลดอัตราการผลิตเอทิลีน ชะลอการอ่อนตัว และลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาว

การเก็บรักษาภายใต้การควบคุมบรรยากาศที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ เช่น มะม่วง เมื่อเก็บรักษาในห้องเย็น (ควบคุมเฉพาะอุณหภูมิ) จะอยู่ได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ในขณะที่การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมจะยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ บทบาทของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อกระบวนการหายใจของผลผลิต อาจจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับทั้งกระบวนการไกลโคไลซิส และเมทาบอลิซึมการหมัก โดยมีผลในด้านการกระตุ้นและการยับยั้งการหายใจ การเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาจะไปรบกวนกระบวนการหมักซึ่งไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ pyruvate dehydrogenase complex และ alcohol dehydrogenase ทำให้เกิดการสะสมของอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอลซึ่งเป็นอันตรายต่อผลผลิต

การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสุก และลดการเกิดเอทานอล การเก็บรักษาที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20% ไม่เกิดโรคแอนแทรกโนสและชะลอการสุกได้นานที่สุด หากลดความเข้มข้นของออกซิเจนจะทำให้มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลง ยกเว้นการเก็บรักษาที่มีสภาพออกซิเจน 0% ส่งผลให้เกิดการเน่าของผลจากโรคแอนแทรกโนส และเกิดการสร้างเอทานอลสูง (หมักดอง) ทั้งนี้ การนำผลมะม่วงมาเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศที่มีสัดส่วนออกซิเจนความเข้มข้นต่ำ 3% และ 5% และบรรยากาศที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง 5% และ 10% อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30 วัน

ผลของการยืดอายุด้วยการเก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศ

การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศที่เหมาะสมกับมะม่วงแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันไป เช่น มะม่วง Kensington Pride ควรเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศที่มีสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3% และก๊าซออกซิเจน 2% หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6% และก๊าซออกซิเจน 3% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 - 15 องศาเซลเซียส สามารถลดความรุนแรงจากอุณหภูมิต่ำได้ (chilling injury) สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 6 สัปดาห์ โดยมะม่วงพันธุ์ดังกล่าวมีคุณภาพดีและมีกลิ่นหอมของมะม่วงสุก และไม่พบการเกิดอาการสะท้านหนาว นอกจากนี้ยังพบว่าผลมะม่วงที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูงสามารถสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุล (EMA) ช่วยชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการใช้ภาชนะบรรจุ LDPE และการห่อหุ้มด้วยตาข่ายโพลีเอทิลีนอย่างเดียวอีกทั้งผลมะม่วงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุที่มีการซึมผ่านของก๊าซสูงสามารถชะลอการเกิดโรคและลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการห่อหุ้มด้วยตาข่ายโพลีเอทิลีนอย่างเดียว (Arjona et al., 1994) นอกจากนี้ การเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6% และก๊าซออกซิเจน 3% ทำให้สามารถยืดอายุและมีคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่ดีที่สุด (Lalel and Singh, 2004) มะม่วง Alphonso สามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5% ที่ผ่านการจุ่มในน้ำร้อน 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ถึงแม้จะเก็บที่อุณหภูมิต่ำแต่ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว เมื่อต้องการให้สุกจะต้องนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70% (Niranjana et al., 2009)

มะม่วง Banganapalli แนะนำให้เก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 13 - 15 องศาเซลเซียส ที่มีสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5% สามารถลดการหายใจและการผลิตเอทิลีนในขณะมะม่วงสุกได้ แต่ถ้าเก็บมะม่วงในสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3% และก๊าซออกซิเจน 3% จะทำให้เกิดความผิดปกติในการหายใจและการผลิตเอทิลีน ถ้าหากเก็บมะม่วงในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3% และก๊าซออกซิเจน 5% จะทำให้เก็บรักษามะม่วงได้นานถึง 5

สัปดาห์ เมื่อต้องการให้มะม่วงสุกจะต้องนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 25-32 องศาเซลเซียส ทำให้มะม่วงมีสีเหลืองสวย มีแคโรทีนอยด์ ความหวาน และความแน่นเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Rao and Rao, 2009)

มะม่วงแรด สามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 13 - 15 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4% และก๊าซออกซิเจน 6% หลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ และทำให้สุก พบว่า มีคุณภาพและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด (Noomhorm and Tiasuwan, 1988)

มะม่วง Carabao สามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ในสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 5% สามารถเก็บรักษาได้นาน 35-40 วัน (Medoza, 1978)

มะม่วงมหาชนก สามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศในสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% และก๊าซออกซิเจน 5% เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วย้ายมาเก็บในสภาพปกติเป็นเวลา 4 วัน พบว่า การเก็บในสภาพก๊าซออกซิเจนต่ำเป็นระยะสั้นสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ ลดอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนได้ดีกว่ามะม่วงที่เก็บในสภาพบรรยากาศปกติ แต่ถ้าหากในบรรยากาศขาดออกซิเจนจะทำให้การถ่ายทอดอิเล็กตรอนจาก NADH เกิดขึ้นไม่ได้ ในขณะที่เดียวกัน การสร้าง ATP ก็ไม่เกิดขึ้น ดังนั้น ผลผลิตที่อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่ขาดออกซิเจนจะเกิดกระบวนการหมักมีปริมาณเอทานอลและอะซิทาลดีไฮด์เพิ่มขึ้นเป็นพิษต่อผลผลิต รวมถึงเกิดกลิ่นที่ไม่เป็นที่พอใจของผู้บริโภคได้ (หทัยทิพย์ และคณะ, 2551)

มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง สามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ในสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3% และก๊าซออกซิเจน 3% และใช้ก๊าซไนโตรเจนในการทำให้อากาศ การเก็บรักษาที่ 13 - 15 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถชะลอการสุก ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ อีกทั้งยังสามารถลดอัตราการหายใจ เป็นระยะเวลา 15 วัน พบการแสดงออกของสีเหลืองของเปลือกน้อยกว่ามะม่วงที่สุกในสภาพบรรยากาศปกติ ไม่ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาว และไม่สามารถรักษาคุณภาพของผลมะม่วงได้ โดยพบว่า การสูญเสียน้ำหนัก

มากกว่าการเก็บรักษาที่ 13% (Ayuchareon and Kanlayanarat, 2003) นอกจากนี้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองยังสามารถเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ ในสภาพที่มีสัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และก๊าซออกซิเจน 3% ที่อุณหภูมิ 13 – 15 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเก็บรักษาผลมะม่วงได้เป็นระยะเวลา 27 วัน โดยพบว่า สามารถชะลอการสุกได้ดีที่สุด มีปริมาณกรดที่ไทเทรต (TA) และความแน่นเนื้อมากกว่าการเก็บรักษาในสภาพอื่น ๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SS) และ SS/TA น้อยที่สุด การสุกเกิดขึ้นภายหลังจากการนำผลมะม่วงมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 วัน (นุชนาฏ และ พิระศักดิ์, 2556) สอดคล้องกับการทดลองของ Kramchote et al. (2008) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคแบบควบคุมบรรยากาศ พบว่า การใช้สัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ 5% และออกซิเจน 3% ช่วยชะลอการสุกแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ดีที่สุด ทั้งด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ การพัฒนาของสี เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการอ่อนนุ่มผล ลดการผลิตเอทิลีน เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน

แนวทางการปฏิบัติสำหรับการส่งออก มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

3

ผศ. ดร. พีระศักดิ์ ฉายประสาท

การส่งออกมะม่วงไปต่างประเทศ เป็นงานที่ต้องอาศัยการประสานงานจากหลายฝ่าย แต่ละฝ่ายก็จะมีแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับกฎระเบียบหรือข้อบังคับที่กำหนดไว้โดยหน่วยงานทั้งภายในประเทศและหน่วยงานของประเทศปลายทางที่ต้องการส่งสินค้าไป ผู้เกี่ยวข้องที่จะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง ผู้ประกอบการส่งออก และโรงคัดบรรจุ

แนวทางการปฏิบัติของเกษตรกร

เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงต้องเป็นสวนผลไม้ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนและรับรองระบบวิธีปฏิบัติที่ดีทางการเกษตร (Good Agricultural Practices; GAP) จากกรมวิชาการเกษตร 90 วันก่อนเริ่มฤดูส่งออก และต้องเป็นสวนที่อยู่ในแหล่งผลิตที่กรมวิชาการเกษตรรับรอง เกษตรกรทำการบันทึกข้อมูลประจำสวนผลไม้ ได้แก่

- ◆ ชื่อและที่อยู่ของสวนผลไม้ (เพื่อประโยชน์ในการลงรหัสประจำสวนผลไม้)
- ◆ แผนผังแปลงปลูกผลไม้แต่ละชนิดในบริเวณสวนเนื้อที่เพาะปลูก
- ◆ เนื้อที่ให้ผลผลิต
- ◆ ปริมาณผลผลิต
- ◆ ช่วงฤดูเก็บผลไม้แต่ละชนิด ทั้งในฤดูกลและนอกฤดูกล
- ◆ ข้อมูลการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ แต่ละชนิดอย่างละเอียด
- ◆ บันทึกการจัดการและควบคุมแมลงวันผลไม้ (เช่น การติดตั้งกับดักแมลง การห่อผล)
- ◆ บันทึกการส่งผลไม้ให้แก่ผู้ส่งออกและโรงคัดบรรจุผลไม้
- ◆ ต้องเก็บเกี่ยวมะม่วงตามอายุที่เหมาะสม

โดยใบรับรองแหล่งผลิตพีซีพี จะมีอายุ 2 ปี

แนวทางการปฏิบัติของผู้ส่งออกหรือโรงคัดบรรจุ

โรงคัดบรรจุผลไม้จำเป็นต้องผ่านการรับรองระบบหลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิต (Good Manufacturing Practices; GMP) และขึ้นทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตรเพื่อกำหนดรหัสประจำตัวของโรงคัดบรรจุ (Packing House Code; PHC) โดยภายในโรงคัดบรรจุควรมีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

- ◆ ต้องมีการป้องกันภัยจากแมลงศัตรูพืชที่มีชีวิตตามระบบ GMP
- ◆ ต้องมีระบบการจัดการคัดแยกผลไม้ที่ไม่ต้องการส่งออกและนำออกจากโรงคัดบรรจุผลไม้ทุกวัน
- ◆ ผลไม้ต้องบรรจุอยู่ในภาชนะหรือกล่องที่สามารถป้องกันศัตรูพืชได้ เช่น กล่องกระดาษลูกฟูกที่ติดตาข่ายไนลอนขนาด 30 เมตรต่อตารางนิ้ว บริเวณรูระบายอากาศต้องปิดผนึกกล่องอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชจากภายนอกเข้าไปเจาะและวางไข่ในผลไม้ที่บรรจุอยู่ภายในกล่อง
- ◆ โรงคัดบรรจุผลไม้ ควรสุ่มตัวอย่างกล่องผลไม้เพื่อตรวจสอบศัตรูพืชและสารเคมีตกค้าง เพื่อสร้างความมั่นใจว่า ผลไม้มีความปลอดภัยและปลอดภัยศัตรูพืชทุกชนิด
- ◆ กล่องบรรจุผลไม้แต่ละกล่องต้องติดฉลากเครื่องหมายประจำล็อต (lot) ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แหล่งผลิต และโรงคัดบรรจุ เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้
- ◆ ต้องบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบ การจัดการ และการบรรจุผลไม้

หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีสำหรับการผลิต

หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร เป็นเกณฑ์หรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุมการผลิต เพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามและทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยเน้นการป้องกันและกำจัดความเสี่ยงใด ๆ ที่อาจทำให้อาหารเป็นพิษ เป็นอันตรายหรือเกิดความไม่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค โดยครอบคลุมปัจจัยทุกด้านที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่โครงสร้างอาคารขั้นพื้นฐาน กระบวนการผลิตที่ดี มีความปลอดภัย และมีคุณภาพได้มาตรฐานทุกขั้นตอน นับตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนการผลิต ระบบควบคุม บันทึกข้อมูล ตรวจสอบและติดตามผลคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ถึงมือผู้บริโภคอย่างมั่นใจ

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับโรงงาน มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงและวิธีปฏิบัติที่เหมาะสม ดังนี้

1 สัญลักษณ์ของ สถานที่ตั้งและอาคารผลิต	2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	3 การควบคุม กระบวนการผลิต
4 การสุขาภิบาล	5 การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด	6 บุคลากร

1. สัญลักษณ์ของสถานที่ตั้งและอาคารผลิต

1.1 ที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม จะต้องอยู่ในที่ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดยสถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบจะต้องสะอาด หลีกเลี่ยงสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสก่อให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหาร เช่น แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ แมลง กองขยะ คอกปุ๋ยสัตว์ บริเวณที่มีฝุ่นมากบริเวณน้ำท่วมถึงหรือน้ำขังและสกปรก และไม่ควรใกล้แหล่งมีพิษ หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผู้ผลิตจะต้องมีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอกเข้าสู่บริเวณผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 อาคารผลิต ควรมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายต่อการบำรุงรักษาสภาพความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน

- ♦ ต้องแยกบริเวณผลิตอาหารออกเป็นสัดส่วน ไม่ปะปนกับที่อยู่อาศัยหรือที่ผลิตยา เครื่องสำอาง และวัตถุมีพิษ
- ♦ จัดให้มีพื้นที่เพียงพอที่จะติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไป ตามลำดับขั้นตอนการผลิตและแบ่งแยกพื้นที่ให้เป็นสัดส่วน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามจากวัตถุดิบสู่ผลิตภัณฑ์ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
- ♦ ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้ว หรือไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ในบริเวณผลิต
- ♦ บริเวณเก็บวัตถุดิบ ภาชนะบรรจุ และสารเคมีต้องเป็นสัดส่วนไม่ปะปนกัน มีชั้นหรือยกพื้นสูงเพื่อจัดวางอย่างเพียงพอ และไม่วางชิดผนัง พื้น ฝาผนัง และเพดาน ต้องทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานไม่ชำรุด ผุพัง ระบายน้ำ ไม่ดูดซับน้ำ พื้นมีความลาดเอียงสู่ทางระบายน้ำ มีการระบายน้ำได้ดี และระบบระบายอากาศและแสงสว่าง

- ◆ ควรมีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากความชื้นหรือฝุ่นละอองจากการผลิต
- ◆ ควรจัดการให้มีแสงสว่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน การติดตั้งหลอดไฟควรมีฝาครอบได้หลอดไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษแก้วจากหลอดไฟ ตกลงสู่อาหารที่กำลังผลิตหรือขนส่ง การป้องกันสัตว์และแมลง
- ◆ สำหรับช่องเปิดเข้าสู่อาคาร เช่น หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ ควรมีการติดตั้งมุ้งลวดหรือตาข่ายที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย และทางเข้าออกอาคารผลิตควรมีประตูทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าสู่อาคารผลิต

2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

- ◆ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่สัมผัสอาหารควรทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร ไม่เป็นพิษ ไม่เป็นสนิม แข็งแรง ทนทาน มีผิวสัมผัสและรอยเชื่อมเรียบ เพื่อง่ายในการทำความสะดวก ไม่กัดกร่อน และไม่ควรรักษาด้วยไม้ เนื่องจากไม้จะเกิดการเปื่อยขึ้นและเป็นแหล่งสะสมของเชื้อรา
- ◆ จำนวนเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ ต้องมีอย่างเพียงพอ และเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานในแต่ละประเภท เพื่อไม่ให้เกิดการล่าช้าในการผลิต อันอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตจนทำให้อาหารเน่าเสียได้ การแบ่งประเภทของภาชนะที่ใช้ควรแยกภาชนะสำหรับใส่อาหาร ใส่ขยะหรือของเสีย สารเคมีและสิ่งที่ไม่ใช่อาหารออกจากกันอย่างชัดเจน
- ◆ การจัดเก็บอุปกรณ์ที่ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว ควรแยกเก็บเป็นสัดส่วน อยู่ในสภาพที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้มีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ
- ◆ การออกแบบและการติดตั้ง ต้องคำนึงถึงการป้องกันการปนเปื้อนและใช้งานได้สะดวก

- ◆ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนควรสามารถเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้ตามต้องการและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูง
- ◆ ไม่วางเครื่องจักรติดกับผนัง เพื่อให้ง่ายในการทำความสะดวกได้อย่างทั่วถึง และสะดวกต่อการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร
- ◆ โต๊ะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตต้องมีความสูงที่เหมาะสม

3. การควบคุมกระบวนการผลิต

3.1 วัตถุดิบ ส่วนผสม และภาชนะบรรจุ

- ◆ คัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดตามความจำเป็น และเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่ป้องกันการปนเปื้อนได้
- ◆ ควรจัดเก็บอย่างเป็นระบบ เพื่อสามารถนำวัตถุดิบที่ได้รับก่อนไปใช้ได้ตามลำดับ ก่อนหลัง
- ◆ หากจำเป็นต้องเก็บวัตถุดิบที่เน่าเสียง่ายเป็นเวลานานเกิน 4 ชั่วโมง ควรเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อป้องกันการเสื่อมเสีย น้ำ น้ำแข็ง และไอน้ำที่สัมผัสกับอาหาร
- ◆ ต้องมีคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข และควรนำไปใช้ในสภาพที่ถูกสุกสุกลักษณะ
- ◆ หากมีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ควรมีมาตรการควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ เช่น มีการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ หรือล้างวัตถุดิบตามความเหมาะสมหรือไม่เกิน 4 ชั่วโมง

3.2 การผลิต การเก็บรักษา การขนย้าย และขนส่งผลิตภัณฑ์อาหาร

- ♦ ต้องดำเนินการภายใต้การควบคุมสภาวะที่ป้องกันการเสื่อมสลายของอาหาร และภาชนะบรรจุอย่างเหมาะสม เช่น อุดหนุมิ ความชื้น เป็นต้น และต้องถูกสุลักษณะเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- ♦ หากมีการใช้สารเคมีเติมลงไปในการอาหาร จะต้องควบคุมปริมาณสารเคมีไม่ให้เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด
- ♦ การควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการผลิตอาหาร เนื่องจากอุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร ทั้งที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเสื่อมเสีย ดังนั้น จึงต้องพิจารณาในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อการทำให้เย็น การแปรรูปในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา
- ♦ การบันทึกและรายงานผล โดยเฉพาะในเรื่องผลการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ชนิดและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวันเดือนปีที่ผลิต โดยให้เก็บบันทึกและรายงานไว้อย่างน้อย 2 ปี เพื่อเป็นข้อมูลตรวจสอบย้อนกลับได้ในกรณีที่เกิดปัญหา

4. การสุขาภิบาล

เป็นเกณฑ์สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทั้งหลาย เช่น น้ำใช้ ห้องน้ำห้องส้วม อ่างล้างมือ การป้องกันและกำจัดสัตว์และแมลง ระบบกำจัดขยะมูลฝอย และทางระบายน้ำทิ้ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยเสริมให้สุลักษณะของสถานที่ตั้งและอาคารผลิต เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต และการควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ดังตารางต่อไปนี้

ปัจจัยที่พิจารณา	แนวทางปฏิบัติ
4.1 น้ำที่ใช้ภายในโรงงาน	ต้องเป็นน้ำสะอาด มีการปรับคุณภาพน้ำตามความจำเป็น น้ำที่ใช้ล้างพื้นโต๊ะ หรือเครื่องมือ ควรมีการฆ่าเชื้อโดยการเติมคลอรีน
4.2 อ่างล้างมือหน้าทางเข้าบริเวณผลิต	ต้องมีจำนวนเพียงพอ มีสบู่เหลวสำหรับล้างมือ และน้ำยาฆ่าเชื้อ รวมทั้งมีอุปกรณ์ทำแห้งอย่างถูกสุขลักษณะ เช่น กระดาษ ที่เป่าลมร้อน และจัดให้มีอ่างล้างมือในบริเวณผลิตตามความเหมาะสม
4.3 ห้องน้ำ ห้องส้วม และอ่างล้างมือหน้าห้องส้วม	ต้องสะอาดถูกสุขลักษณะ มีการติดตั้งอ่างล้างมือและสบู่เหลว อุปกรณ์ทำมือแห้งต้องแยกจากบริเวณที่ผลิตหรือไม่เปิดสู่บริเวณผลิตโดยตรง และต้องมีจำนวนเพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงาน
4.4 การป้องกันและกำจัดสัตว์และแมลง	มีมาตรการป้องกันกำจัดหนู แมลง และสัตว์พาหะอื่น ๆ เช่น การวางกับดักหรือการดักหนูแมลงสาบ เป็นต้น นอกจากนี้หากมีการใช้สารฆ่าแมลงในบริเวณผลิต จะต้องคำนึงถึงโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการปนื้อนในอาหารด้วย
4.5 ระบบกำจัดขยะมูลฝอย	จัดให้มีภาชนะรองรับขยะมูลฝอยที่มีฝาปิดในจำนวนที่เพียงพอและเหมาะสม และมีระบบกำจัดขยะออกจากสถานที่ผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดการปนื้อนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต
4.6 ทางระบายน้ำทิ้ง	ต้องมีอุปกรณ์ดักเศษอาหารอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการอุดตัน และการปนื้อนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอาหาร หรือดักสัตว์พาหะที่อาจเข้าสู่บริเวณผลิต

5. การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

เกณฑ์ข้อนี้จะช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมการป้องกันการปนเปื้อนอันตรายสู่อาหาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ปัจจัยที่พิจารณา	แนวทางปฏิบัติ
5.1 ตัวอาคารสถานที่ผลิต	ต้องทำความสะอาดและรักษาให้อยู่ในสภาพที่สะอาดถูกสุขลักษณะสม่ำเสมอเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต ◆ ต้องทำความสะอาด ดูแล และเก็บรักษาให้อยู่ในสภาพที่สะอาดทั้งก่อนและหลังการผลิต สำหรับชิ้นส่วนของเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ ที่อาจเป็นแหล่งสะสมจุลินทรีย์หรือก่อให้เกิดการปนเปื้อนในอาหารหลังจากการทำความสะอาดที่เหมาะสมและเพียงพอแล้ว ควรมีการฆ่าเชื้อ เครื่องมืออุปกรณ์ที่สัมผัสอาหารก่อนการใช้งานด้วย ◆ การล้างเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว ควรทำในสภาพที่ป้องกันการปนเปื้อน
5.2 สารเคมีทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ	◆ ผู้ผลิตต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการใช้สารเคมีทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อ เช่น ควรทราบความเข้มข้น อุณหภูมิที่ใช้และระยะเวลา เพื่อสามารถใช้สารเคมีดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย ◆ การจัดเก็บสารเคมี ควรเก็บแยกจากบริเวณที่เก็บอาหาร และมีป้ายระบุอย่างชัดเจนเพื่อป้องกันการนำไปใช้ผิดและเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่อาหาร

6. บุคลากร

บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญ อันจะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างถูกต้องตามขั้นตอนและวิธีปฏิบัติงาน รวมทั้งสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากการปฏิบัติงานและตัวบุคลากรเอง เนื่องจากร่างกายเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อาจปนเปื้อนสู่อาหารได้ การปฏิบัติงานอย่างไม่ถูกต้องหรือถูกสุขลักษณะอาจเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของอันตรายทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้น บุคลากรควรได้รับการดูแลรักษาสุขภาพและความสะอาดส่วนบุคคล รวมทั้งการฝึกอบรม เพื่อให้มีความตระหนักและความรู้ในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นตอนปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

4

ผศ. ดร. พิระศักดิ์ ฉายประสาท

การปฏิบัติต่อมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มะม่วงเหล่านั้นมีคุณลักษณะตามที่ต้องการและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับ การขนส่ง การเก็บรักษาและวางจำหน่าย จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค

ขั้นตอนการคัดเลือกตลอดจนคัดบรรจุ

1. สวนมะม่วงต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน Good Agricultural Practice (GAP)

จากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทำการบันทึกข้อมูลประจำสวนผลไม้ ได้แก่

- ◆ ชื่อและที่อยู่ของสวนผลไม้ (เพื่อประโยชน์ในการลงรหัสประจำสวนผลไม้)
- ◆ แผนผังแปลงปลูกผลไม้แต่ละชนิดในบริเวณสวนเนื้อที่เพาะปลูก
- ◆ เนื้อที่ให้ผลผลิต ปริมาณผลผลิต
- ◆ ช่วงฤดูเก็บผลไม้แต่ละชนิด ทั้งในฤดูกาลและนอกฤดูกาล
- ◆ ข้อมูลการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ แต่ละชนิดอย่างละเอียด
- ◆ บันทึกการจัดการและควบคุมแมลงวันผลไม้ (เช่น การติดตั้งกับดักแมลง การห่อผล)
- ◆ บันทึกการส่งผลไม้ให้แก่ผู้ส่งออก
- ◆ ผลมะม่วงต้องทำการห่อผลที่ระยะ 60 วันหลังดอกบาน เพื่อให้ผิวของผลสวยงามไม่เสียดสีกันบนต้น และเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลง (เช่น แมลงวันผลไม้)

ภาพ 4 ห่อผลมะม่วงที่ระยะ 60 วัน หลังดอกบาน ด้วยถุงคาร์บอน



2. เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว 115 วันหลังดอกบาน (ระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์) ทำการเก็บเกี่ยวผลลงจากต้นด้วยกรรไกรตัดกิ่ง (ภาพ 5) จากนั้นนำผลใส่ลงในตะกร้า ๆ ละ 20 กิโลกรัมที่มีกระดาษบุฟรองรอบด้าน และผลมะม่วงต้องใส่โฟมตาข่าย (ภาพ 6) แบบหุ้มทั้งผลเพื่อป้องกันการกระแทกในระหว่างการขนส่งไปยังโรงคัดบรรจุ

ภาพ 5 กรรไกรที่ใช้ตัดกิ่ง



ภาพ 6 การห่อหุ้มมะม่วงด้วยโฟมตาข่าย และบรรจุในตะกร้า



3. การขนส่งมะม่วงจากแปลงปลูกมายังโรงคัดบรรจุควรใช้ผ้าใบกันแดดคลุมระหว่างการขนส่งเพื่อหลีกเลี่ยงการโดนแสงแดดและลมโดยตรง และช่วยป้องกันความร้อนสะสมภายในผลมะม่วง ซึ่งจะทำให้มะม่วงมีกระบวนการสุกแก่เร็วขึ้นกว่าปกติ

ภาพ 7 การขนส่งมะม่วงจากแปลงปลูกไปยังโรงคัดบรรจุ



4. เมื่อผลมะม่วงมาถึงโรงคัดบรรจุ ควรตรวจสอบความสุกแก่ของมะม่วงด้วยวิธีลอยในน้ำเกลือความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (เกลือ 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) หากมะม่วงลอยในน้ำเกลือ โดยมีพื้นที่ผลที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำขนาดเท่ากับเหรียญ 10 บาท แสดงว่ามะม่วงมีระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์

ภาพ 8 การตรวจสอบระยะสุกแก่ของมะม่วงด้วยวิธีลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์



5. เซ็กระยะสุกแก่ของผลมะม่วงด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRs) โดยทำการยิงลำแสงอินฟราเรดบริเวณกลางผลเป็นเวลา 7 วินาที โดยประมาณ หรือรองจนกว่าเครื่องจะอ่านผลเสร็จ หากผลมะม่วงมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) อยู่ระหว่าง 7 – 13 %Brix จะถือว่าผลมะม่วงมีระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์

ภาพ 9 วิธีประเมินระยะสุกแก่ของมะม่วงด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy



6. ตัดข้อผลด้วยกรรไกรตัดกิ่งที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ให้มีความยาวข้อประมาณ 1 เซนติเมตร ระมัดระวังอย่าให้ยางมะม่วงไหลเปื้อนผล จะทำให้ผลมีรอยดำหนิและผิวไม่สวย (ภาพ 10)

ภาพ 10 การตัดข้อผลมะม่วงให้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร



7. ล้างทำความสะอาดมะม่วงด้วยสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ หรือ 200 ppm เป็นเวลา 2 นาที แล้วยกขึ้น สังเกตดูว่าน้ำเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพราะความสกปรก ให้ถ่ายทิ้งแล้วเตรียมใหม่ (ภาพ 11)

ภาพ 11 ล้างทำความสะอาดมะม่วงด้วยสารละลายคลอรีน



8. จุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส ร่วมกับสารละลายอะโซกซีสไตรบิน 500 ppm แช่ไว้เป็นเวลา 5 นาทีแล้วยกขึ้น ควรทำให้น้ำไหลเวียนตลอดเวลาด้วยเครื่องกวน เพื่อให้อุณหภูมิด้านล่างและด้านบนถึงน้ำใกล้เคียงกัน เป็นการป้องกันความร้อนสะสม ซึ่งจะทำให้ผิวมะม่วงเสียหาย แหล่งความร้อนที่ใช้ควรมาจากไฟฟ้า ไม่ควรใช้แหล่งความร้อนจากเปลวไฟโดยตรง

ภาพ 12 การจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 47 – 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ร่วมกับสารละลายอะซอกซิสโตรบิน (azoxystrobin)



9. จุ่มมะม่วงในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 10 - 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที โดยเติมน้ำแข็ง (บด) ในขณะที่จุ่มน้ำเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ในแต่ละครั้ง เป็นการลดอุณหภูมิภายในผลมะม่วง แล้วนำผลมะม่วงใส่ตะกร้า ๆ ละ 20 ผล จากนั้นเป่ามะม่วงให้มะม่วงแห้งจนสนิทด้วยพัดลมที่อุณหภูมิห้อง ไม่ควรทำให้แห้งด้วยการนำมะม่วงไปผึ่งแดด (ภาพ 13)

ภาพ 13 การจุ่มมะม่วงในน้ำเย็นอุณหภูมิ 10 – 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที



10. ผึ่งมะม่วงให้แห้งสนิท (ประมาณ 20 นาที) และจัดเรียงมะม่วงลงตะกร้าในลักษณะให้หัวผลอยู่ด้านล่าง และปลายผลอยู่ด้านบนก่อนการอบไอน้ำ (ภาพ 14)

ภาพ 14 การฝั่มมะม่วง และจัดเรียงก่อนการลงบรรจุภัณฑ์



11. นำมะม่วงที่จัดเรียงเรียบร้อยแล้ว จำนวน 36 ตะกร้า อบไอน้ำที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิภายในผล) เป็นเวลา 20 นาที ภายหลังการอบไอน้ำเสร็จแล้ว นำมาตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง (20 – 25 องศาเซลเซียส) เพื่อให้อุณหภูมิใจกลางของผลเย็นลง ใช้เวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง (ภาพ 15)

ภาพ 15 การจัดเรียงมะม่วงก่อนและหลังการนำเข้าอบไอน้ำ



12. บรรจุมะม่วงลงกล่อง โดยด้านข้างกล่องทั้ง 2 ข้าง จะต้องมิดชิดข้างกันแนบลงขนาดไม่ต่ำกว่า 30 ตามต่อตารางนิ้ว จากนั้นทำการวางเรียงผลมะม่วงลงในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ให้บรรจุมะม่วงโดยวางผลในลักษณะแนวนอน จัดให้หัวของผลหันไปทางด้านขวาของผู้บรรจุและต้องให้สะดือของผลอยู่สูงกว่าหัวผล เพื่อป้องกันน้ำยางไหลมาโดนผลมะม่วง และวางเกยกันได้ไม่เกิน 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผลมะม่วงที่ถูกจัดวางเรียงก่อนหน้า ทำการชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่กำหนด ซึ่งจะทำให้สามารถบรรจุมะม่วงได้ประมาณ 8 - 12 ผลต่อกล่อง มีน้ำหนักรวม 5 กิโลกรัม จำนวนผลต่อกล่องจะขึ้นกับขนาดกล่องและขนาดของลูกมะม่วง พร้อมจัดเรียงลงพาเลทไม้ขนาด 1.1 x 1.1 x 0.13 เมตร พาเลทละ 36 กล่อง เพื่อรอจัดส่งต่อไป (ภาพ 16)

ภาพ 16 การจัดเรียงมะม่วงในกล่องบรรจุภัณฑ์ส่งออกและการชั่งน้ำหนัก



13. ขนย้ายพาเลทเข้าตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ด้วยการควบคุมบรรยากาศให้เหมาะสมสำหรับการขนส่งที่สัดส่วนออกซิเจน 3 – 6% และคาร์บอนไดออกไซด์ 5% (Controlled Atmosphere storage) (ภาพ 17)

ภาพ 17 การขนย้ายพาเลทเข้าตู้คอนเทนเนอร์



14. จำลองการขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์แบบควบคุมบรรยากาศ

ภาพ 18 ตัวอย่างการจำลองการขนส่งมะม่วงทางเรือโดยตู้คอนเทนเนอร์



การดูแลและการเก็บรักษามะม่วงเมื่อนำออกจาก ตู้ควบคุมบรรยากาศ (เมื่อถึงปลายทาง)

5

ผศ. ดร. พิระศักดิ์ ฉายประสาธ

เพื่อให้มะม่วงยังคงมีคุณภาพดีเมื่อถึงมือผู้บริโภค การดูแลที่ดีและการเก็บรักษาในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมยังคงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากมะม่วงมีเปลือกบางและง่ายต่อการเกิดความเสียหาย

การดูแลและการเก็บรักษามะม่วง

1. ขณะขนส่งควรเก็บรักษากล่องมะม่วงในรถขนส่งที่สะอาดและสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 13 – 15 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันความร้อนสะสมภายในกล่อง ซึ่งจะส่งผลให้กระตุ้นการสุกแก่ของมะม่วง (ภาพ 19 และ 20)

ภาพ 19 การลำเลียงมะม่วงใส่ในรถขนส่งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ



ภาพ 20 รถขนส่งที่มีห้องควบคุมอุณหภูมิสำหรับขนส่งมะม่วง



2. กล่องบรรจุมะม่วงต้องมีความแข็งแรง โดยขอบกล่องต้องทำการเย็บด้วยลวดโลหะ และเนื้อกระดาษไม่น้อยกว่า 7 มิลลิเมตร เพื่อวางซ้อนทับกันได้ และเคลือบไซเพื่อ กันความชื้นภายในกล่อง เนื่องจากเมื่อกล่องมะม่วงอยู่ระหว่างขนส่งจะอยู่ในสภาวะ แวดล้อมที่มีความเย็น และเกิดความชื้นสูง (ภาพ 21)

ภาพ 21 กล่องบรรจุมะม่วงสำหรับบรรจุในตู้คอนเทนเนอร์และห้องเก็บรักษาจะต้อง มีความแข็งแรง วางซ้อนทับกันได้และทนความชื้นได้ดี



3. เมื่อผลมะม่วงไปถึงผู้จำหน่ายปลายทาง ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 – 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา ประมาณ 9 วัน นับจากวันที่ผลมะม่วงถึงปลายทาง
4. หากต้องการให้มะม่วงสุกตามธรรมชาติควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 – 27 องศาเซลเซียส) ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 – 6 วัน มะม่วงจะเริ่มสุก
5. หากต้องการเก็บรักษามะม่วงให้นานยิ่งขึ้น ควรหลีกเลี่ยงการเก็บรักษามะม่วงในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงและอากาศไม่ถ่ายเท เนื่องจากมะม่วงจะผลิตและสะสม เอทิลีน ส่งผลให้มะม่วงสุกเร็วกว่าปกติ
6. หากสังเกตพบอาการของโรคแอนแทรกโนสเกิดขึ้นบนผิวมะม่วง ควรกำจัดผล มะม่วงออกทันที เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรครายในกล่องหรือภายใน พื้นที่เก็บรักษา (ภาพ 22)

ภาพ 22 ลักษณะที่ปรากฏของโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วง



7. ควรทำความสะอาดพื้นหรือผนังของห้องเย็นที่เก็บรักษามะม่วง ด้วยสารคลอโรไซลีนอล (Chloroxylonol) หรือใช้แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ทำความสะอาด อุปกรณ์ขนาดเล็กและมือเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ (ภาพ 23)

ภาพ 23 สารทางการค้าที่สามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้



8. เมื่อสัมผัสผลมะม่วงที่มีอาการของโรคแอนแทรกโนสแล้ว ไม่ควรสัมผัสมะม่วงผล ปกติอีก เนื่องจากจะเกิดการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มะม่วงผล ปกติติดโรคได้ ดังนั้น ควรทำความสะอาดมือหรือส่วนที่สัมผัสกับมะม่วงที่มีอาการ ของโรคแอนแทรกโนส ก่อนจะปฏิบัติงานต่อไป
9. ในขณะที่ยังจำหนายไม่ควรนำโฟมตาข่ายออกจากผล (ภาพ 24) เพื่อลดแรงกดทับ และแรงกระแทก ที่อาจทำให้มะม่วงชำรุดเสียหายได้

ภาพ 24 ผลมะม่วงควรห่อหุ้มด้วยโฟมตาข่ายขณะจัดจำหน่าย



ข้อควรระวังในการเตรียมมะม่วง

เพื่อให้มะม่วงมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อขนส่งไปถึงประเทศปลายทางกระบวนการเตรียมมะม่วงมีข้อควรระวังดังนี้

1. ควรจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ไม่ควรจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส หรือจุ่มมะม่วงในน้ำร้อนมากกว่า 2 ครั้ง นอกจากนี้ไม่ควรบรรจุมะม่วงลงกล่องให้แน่นจนเกินไป ทำให้มะม่วงช้ำ ส่งผลให้สีไม่สวยและมีตำหนิ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ภาพ 25 และ 26)

ภาพ 25 ลักษณะมะม่วงที่จุ่มน้ำร้อน นานเกินไปอาจทำให้เกิดรอย
จากการขนส่ง
กระสีดำ



2. ไม่ควรเก็บมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 - 15 องศาเซลเซียส เนื่องจาก จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) รวมทั้งทำให้ผิวผลมีรอยขีด สีไม่สวย มีตำหนิ และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ภาพ 27)

ภาพ 27 ลักษณะผลมะม่วงที่เก็บรักษาในอุณหภูมิไม่เหมาะสม



3. มะม่วงอ่อนที่มีระยะสุกแก่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (110 วันหลังดอกบาน) จะทำให้ชะลอกระบวนการสุกแก่ เมื่อไปถึงปลายทางทำจะยังมีรสชาติเปรี้ยว ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคและจำเป็นต้องบ่มให้สุกซึ่งจะทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้น (ภาพ 29)

ภาพ 28 ลักษณะของมะม่วงที่ความสุกแก่ระยะต่าง ๆ

- ก. มะม่วงอ่อน ระยะสุกแก่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ 110 วันหลังดอกบาน
- ข. มะม่วงคุณภาพส่งออก ระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ 115 วันหลังดอกบาน
- ค. มะม่วงแก่จัดระยะสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ 120 วันหลังดอกบาน



4. เพื่อไม่ให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า 7 วัน ควรเก็บเกี่ยวมะม่วงที่อายุประมาณ 115 วันหลังดอกบาน หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) 7 – 13 %Brix (ความสุกแก่ไม่เกิน 80 เปอร์เซ็นต์) (ภาพ 28)

ภาพ 29 ลักษณะมะม่วงที่มีระยะสุกแก่เกิน 90 เปอร์เซ็นต์จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า 7 วัน



ข้อควรระวังในการเลือกใช้กล่องบรรจุภัณฑ์

1. กล่องบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ ควรเป็นกล่องที่สามารถทนความเปียกชื้นได้ เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการหายใจและคายน้ำออกมา เมื่อเจอกับสภาวะอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งร้อนและเย็นระหว่างการขนส่ง อาจทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นโดยรอบ และทำให้กล่องเกิดความเสียหายได้ (กรณีขนส่งทางอากาศ ทางบริษัทขนส่งสินค้าทางอากาศอาจใช้พลาสติกห่อกล่องบรรจุภัณฑ์ไว้อีกชั้น ทำให้มีโอกาสเกิดหยดน้ำโดนกล่องเสียหายได้)

ภาพ 30 ลักษณะความเสียหายของกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ทนความเปียกชื้น



2. ความแข็งแรงของกล่อง ควรพิจารณาปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น น้ำหนักรวมของกล่องกระดาษลูกฟูก ความแข็งแรง ความทนแรงกด การต้านแรงทิ่มทะลุ และคุณสมบัติการทนต่อความชื้น แม้ทางบริษัทขนส่งจะคัดบรรจุมาอย่างดี แต่โอกาสเกิดความเสียหายก็ยังมีได้

ภาพ 31 ลักษณะความเสียหายของกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ



ความคุ้มค่าของการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ไปญี่ปุ่นและสาธารณรัฐเกาหลีทางเรือ

6

ดร. หาญณรงค์ ฉำทรัพย์ และ ดร. สุวิมล เจตะวัฒนะ

จากการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีการขนส่งทางเรือและการขนส่งทางอากาศ ซึ่งมีการเปรียบเทียบราคาขนส่งในสถานการณ์ปัจจุบัน (การแพร่ระบาดโควิด-19) มีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้

สถานการณ์ปัจจุบัน (การแพร่ระบาดโรคโควิด 19) ราคาขนส่งทางเรือและทางเครื่องบิน

ราคาขนส่งทางเรือจากประเทศไทยไปญี่ปุ่น/โตเกียวและเกาหลี/อินชอน แสดงในตาราง 3 โดยตู้คอนเทนเนอร์รักษาอุณหภูมิ 13 – 15 องศาเซลเซียส (ตู้ reefer) และตู้คอนเทนเนอร์เก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศ (Controlled Atmosphere storage; CA) มีขนาด 40 ฟุต ราคาขนส่งทางเรือจากประเทศไทยไปโตเกียวตู้ reefer มีราคาอยู่ที่ 37,200 บาท และตู้ CA ราคาอยู่ที่ 83,700 บาท ราคาขนส่งทางเรือจากประเทศไทยไปเกาหลีตู้ reefer ราคาอยู่ที่ 48,050 บาท และตู้ CA ราคาอยู่ที่ 94,550 บาท นอกจากนี้ ราคาขนส่งทางเครื่องบินจากประเทศไทยไปโตเกียวและอินชอนมีความจุน้ำหนักขั้นต่ำ 500 กิโลกรัม โดยราคาขนส่งทางเครื่องบินจากประเทศไทยไปโตเกียวมีราคา 125 บาทต่อกิโลกรัม และราคาขนส่งทางเครื่องบินจากประเทศไทยไปอินชอนมีราคา 78 บาทต่อกิโลกรัม (ตาราง 3)

การขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์เก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศ (CA storage) ในทั้ง 2 ประเทศ มีต้นทุนสูงกว่าตู้คอนเทนเนอร์รักษาอุณหภูมิ 13 – 15 องศาเซลเซียส (ตู้ reefer) มากกว่า 2 เท่า อย่างไรก็ตาม การขนส่งทางเรือต้องมีการคิดอัตราการเน่าเสียของผลผลิตเมื่อไปถึงประเทศปลายทางด้วย

ตาราง 3 ต้นทุนการขนส่งสินค้าไปยังประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีทางเรือและทางอากาศใน
สถานการณ์ปกติและในสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-19

Destination	Normal period			COVID-19 pandemic period		
	Sea freight (THB/Container)		Air freight (THB/KG)	Sea freight (THB/Container)		Air freight (THB/KG)
	40HREF	40HREF	Q+500	40HREF	40HREF	Q+500
Japan (Narita)	19,000	38,000	32	37,200	83,700	125
Korea (Incheon)	19,000	38,000	23	48,050	94,550	78

(ข้อมูลอัตราค่าขนส่ง ณ พ.ศ. 2564)

40HREF = temperature-controlled container (Reefer), 40 feet.

40HREF (CA) = controlled atmosphere container, 40 feet.

Q+500 = minimum weight at 500 kg

ต้นทุนการแพคบรรจุมะม่วงผลสด

ขั้นตอนการแพคบรรจุมะม่วงใน 1 ตู้ สามารถจำแนกจำนวนชั้น จำนวนกล่อง และน้ำหนักได้เป็น 6 10 12 และ 15 ชั้น จำนวน 6 ชั้น จะได้จำนวนกล่องอยู่ที่ 720 กล่องต่อตู้ และมีน้ำหนัก 4,608 กิโลกรัมต่อตู้ จำนวน 10 ชั้น จะได้จำนวนกล่อง 1,200 กล่องต่อตู้ และมีน้ำหนัก 7,680 กิโลกรัมต่อตู้ จำนวน 12 ชั้น จะได้จำนวนกล่อง 1,440 กล่องต่อตู้ และมีน้ำหนัก 9,216 กิโลกรัมต่อตู้ และ 15 ชั้น จะได้จำนวนกล่อง 1,800 กล่องต่อตู้ และมีน้ำหนัก 11,520 กิโลกรัมต่อตู้ ด้านราคามะม่วงผลสดอยู่ที่ กิโลกรัมละ 40 บาท ดังตัวอย่างในตาราง 4

ดังนั้น ต้นทุนรวมในการแพคบรรจุมะม่วงผลสดในทุก ๆ รูปแบบการจัดเรียงชั้น จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณจำนวนชั้นการวางกล่อง ปริมาณมะม่วงผลสด และราคาในฤดูกาลนั้น ๆ โดยเฉพาะราคามะม่วงนอกฤดูมีราคาสูงถึง 100 บาท/กก. และราคามะม่วงอาจสูงถึง 200 บาท/กก. หากมะม่วงขาดตลาด

ตาราง 4 ต้นทุนการคัดบรรจุมะม่วงเพื่อการส่งออกประเทศญี่ปุ่นและเกาหลี (ช่วงโควิด-19)

Details	cost	cost	cost	cost
Layers per pallet	6	10	12	15
Boxes per container	720	1,200	1,440	1,800
Weight per container (kg.)	4,608	7,680	9,216	11,520
1 Fresh mango				
In season (Jan - May) 40	192,320	315,200	376,640	468,800
Off season (Jun - Dec)	480,800	788,000	941,600	1,172,000
2 Packing cost	388,487	585,196	699,895	858,444
Total cost of all	580,806.64	900,396.40	1,076,535.28	1,327,243.60
vat 7%	40,656.46	63,027.75	75,357.47	92,907.05
Net cost + vat	621,463.1	963,424.1	1,151,892.7	1,420,150.6

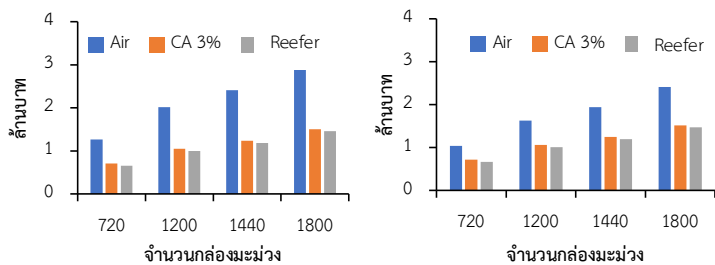
จากราคาต้นทุนการผลิตมะม่วงและค่าขนส่งในช่วงการแพร่ระบาดโควิด-19 สามารถคำนวณต้นทุนมะม่วงต่อกล่องได้โดยประมาณในตาราง 5

ตาราง 5 ต้นทุนสุทธิการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองต่อกล่องขนส่งทางเรือและทางอากาศไปยังประเทศญี่ปุ่นและเกาหลี (ช่วงโควิด-19)

Number of boxes	Japan/Narita		
	Air freight (Baht)	Sea freight (Baht)	
		CA3%	Reefer
720	1,755.29	979.39	910.50
1,200	1,680.54	872.60	831.27
1,440	1,674.00	858.05	823.61
1,800	1,659.43	835.47	807.92
Number of boxes	Korea/Incheon		
	Air freight (Baht)	Sea freight (Baht)	
		CA3%	Reefer
720	1,433.43	994.46	929.88
1,200	1,358.68	881.65	842.90
1,440	1,352.14	865.59	833.29
1,800	1,337.57	841.50	815.67

จะพบว่า ต้นทุนสุทธิต่อกล่องของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นในสถานการณ์แพร่ระบาดโควิด-19 มีต้นทุนแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างทางขนส่งทางเครื่องบินและทางเรือ โดยต้นทุนต่อกล่องส่งทางเครื่องบินมีต้นทุนอยู่ที่ 1,659.43 - 1,755.29 บาทต่อกล่อง การขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์เก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศสัดส่วนออกซิเจน 3% ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 5% ต้นทุนอยู่ที่ 835.47 - 979.39 บาทต่อกล่อง และการขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์รักษาอุณหภูมิ 13 - 15 องศาเซลเซียส (ตู้ reefer) ต้นทุนอยู่ที่ 807.92 - 910.50 บาท/กก. ซึ่งเป็นที่ชัดเจนว่าการขนส่งทางเรือนั้นมีต้นทุนต่ำกว่าการขนส่งทางเครื่องบินประมาณ 1.7 - 2 เท่า และยังพบว่า หากผู้ประกอบการเพิ่มจำนวนกล่องในการขนส่งจะลดต้นทุนการดำเนินการลงมาได้อีก (ตาราง 5)

ต้นทุนการผลิตสุทธิต่อกล่องในประเทศเกาหลีมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับประเทศญี่ปุ่น โดยขนส่งทางเครื่องบินจะมีต้นทุนอยู่ที่ 1,337.57 - 1,433.43 บาทต่อกล่อง ซึ่งจะพบว่า การขนส่งทางเครื่องบินไปยังประเทศเกาหลีสูงกว่าประเทศญี่ปุ่นประมาณ 321 บาทต่อกล่อง ต้นทุนการผลิต/กล่องขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์เก็บรักษาด้วยการควบคุมบรรยากาศออกซิเจน 3% ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 5% ต้นทุนอยู่ที่ 841.50 - 994.46 และต้นทุนการผลิต/กล่องขนส่งทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์รักษาอุณหภูมิ 13 - 15 องศาเซลเซียส (ตู้ reefer) ต้นทุนอยู่ที่ 815.67 - 929.88 บาทต่อกล่อง (ตาราง 5) ทั้งนี้ ต้นทุนการส่งออกด้วยตู้ CA storage ลดต้นทุนการส่งออกไปยังญี่ปุ่นได้ 44-51% และต้นทุนการส่งออกไปยังเกาหลีลดลง 30-39% โดยต้นทุนการใช้ตู้ CA storage มีราคาแพงกว่าตู้ reefer storage เพียงเล็กน้อย ดังนั้น ต้นทุนการผลิต/กล่องจะขึ้นอยู่กับปริมาณการส่งออก หากส่งในปริมาณมากจะมีต้นทุนการผลิตลดลง และการขนส่งทางเรือมีต้นทุนลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเช่นเดียวกับประเทศญี่ปุ่น



ภาพ 32 เปรียบเทียบต้นทุนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (บาทต่อกล่อง)
เพื่อการส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น (ซ้าย) และเกาหลี (ขวา)

เอกสารอ้างอิง

- กันยารัตน์ วิมลวัฒน์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย อรพิน เกิดชูชื่น วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงโชคอนันต์ภายใต้สภาพควบคุมบรรยากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 34 ฉบับที่ 4-6 (พิเศษ). 2546. หน้า 41-44.
- กาญจนา บุญเรือง วาณี ชนเห็นชอบ วรณิ ฉินศิริกุล อศิรา เพ็ญฟู นกตล เกิดดอนแฝก และชาริณี วิโนทพรรษ์. 2550. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดและออกซิเจนต่ำสุดที่ทนได้ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในสภาพบรรยากาศควบคุม. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 40(3), 238-241.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพีช. ภาควิชาพีชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 453 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาพีชสวน คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 396 หน้า.
- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2529. การปฏิบัติต่อต้นมะม่วงเพื่อให้ออกดอกและติดผลที่มีคุณภาพของผลดี. เกษตร. 10: 119-120.
- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2530. แนวทางผลิตพีชนอกฤดูกล. ฐานเกษตรกรรม. 5(56): 22-23.เฉลิมชัย ชำรงวงศ์วิทย์ และสุรกิจ วิศิษฐ์ศรี. 2553ก. การผลิตมะม่วงนอกฤดูโดยการเสียบกึ่ง การผลิตมะม่วง-มะนาวนอกฤดูให้ผลเคียงคู่กับความต้องการของตลาด. สำนักพิมพ์พงษ์สาส์น, กรุงเทพมหานคร. หน้า 44-46.
- ขุนนาง ภัคดี และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2556. ผลของการเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศที่มีต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44 :3 (พิเศษ) : 194-196.

- พีรเดช ทองอำไพ. 2547. เทคนิคการผลิตไม้ผลนอกฤดู. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เล่มที่ 27. กรุงเทพมหานคร. หน้า 103-131.
- พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2552. การวิจัยและพัฒนาคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองนอกฤดูเพื่อการส่งออกของเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก, รายงานฉบับสมบูรณ์. 120 หน้า.
- พีระศักดิ์ ฉายประสาท หาญณรงค์ ฉ่ำทรัพย์ และสุวิมล เจตะวัฒนะ. (2562). คู่มือเทคโนโลยีการบริหารจัดการมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองก่อนและหลังการฉายรังสีเพื่อการส่งออกไปสหรัฐอเมริกา. กรุงเทพมหานคร: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม ฝ่ายโรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักคุ้มครองพันธุ์พืชแห่งชาติ. 2544. ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืชมะม่วง. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 142 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.). 2555. คู่มือแนวทางการปฏิบัติเพื่อการส่งออกผลไม้ไปสหรัฐอเมริกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 123 หน้า. ธรรมรัตน์ ปราณอมรกิจ. 2540. ผลของการปรับสภาพบรรยากาศในภาชนะบรรจุต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลมังคุด. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.
- หทัยทิพย์ นิमितเกียรติไกล เพียรใจ กาแก้ว และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2551. ผลของสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 291-294.
- Arjona, H.E., Matta F.B. and Garner, J.O., Jr. 1994. Wrapping in polyvinyl chloride film slow quality loss of yellow passion fruit. Hortscience. Vol.29. pp. 295-296.
- Ayuchareon, S. and Kanlayanarat, S. 2003. Effect of low O₂ and high CO₂ controlled atmosphere on fruit quality and storage life of 'Namdokmai' Mango (*Mangifera indica* L.). Postharvest Education and Research Development Project in Postharvest Technology. 161-165.

- Bleinroth, E.W., Garcia, J.L.M. and Yokomizo, Y. 1977. Low temperature, controlled atmosphere conservation of four varieties of mango. Coletanea INST Technol Aliment (Brazil). 8(1), 217–243.
- Boerzhijin, S., Makino, Y., Hirai, M.Y., Sotome, I. and Yoshimura, M. (2020) Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging on the quality and bioactive compounds of soft kale (*Brassica oleracea* L. convar. acephala (DC) Alef. var. *sabellica* L.) during storage, Food Packaging and Shelf Life, 23.
- Follett, P.A. and Sanxter, S.S 2000, “Comparison of rambutan quality after hot forced air and irradiation quarantine treatments”, HortSci, 35: 1315-1318.
- Hailu., Z. (2016). Effects of Controlled Atmosphere Storage and Temperature on Quality Attributes of Mango. J Chem Eng Process Technol, 7, 5.
- Hatton, T.T. Jr., and Reeder, W. F. 1967. Controlled atmosphere storage of Keitt mangoes. Proc. Carrib. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci. 10, 114.
- Kramchote, S., Jirapong, C. and Wongs-Aree, C. 2008. Effect of 1-MCP and controlled atmosphere storage on fruit quality and valotile emission of 'Nam Dok Mai' mango. Acta Horticulturae. 804, 485-492.
- Lalel, H.J.D. and Singh, Z. 2004. Biosynthesis of aroma volatile compounds and fatty acid in 'Kensington Pride' mango after storage in controlled atmosphere at different oxygen and carbon dioxide concentration. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 79, 343-354.

- Medlicott, A.P. and Jeger, M.J. 1987. The development and application of post-harvest treatments to manipulate ripening in mangoes. In R.T. Prinsley and G. Tucker, eds. Mangoes - a review. Commonwealth Science Council: London.
- Medoza, D.B. 1978. Postharvest handling of major fruits in the Philippines. Aspects of Postharvest Horticulture in ASEAN, 23-30.
- Nartvaranant, P., S. Subhadrabandhu and P. Tongumpai. 2000. Practical aspect in producing off-season mango in Thailand. Acta Hort. 509: 661-668.
- Niranjana, P., Gopalakrishna, R.K.P., Sudhakar, R.D.V. and Madhusudhan, B. 2009. Effect of controlled atmosphere storage (CAS) on antioxidant enzymes and DPPH-Radical scavenging activity of mango (*Mangifera Indica* L.) cv. Alphonso. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. 9(2), 779-792.
- Noomhorm, A. and Tiasuwan, N. 1988. Effect of controlled atmosphere storage for mango. American Society of Agricultural Engineers. 1-8.
- Rao, D.V.S. and Rao, K.P.G. 2009. Effect of controlled atmosphere conditions and pre-treatments on ripening behavior and quality of mangoes stored at low temperature. Journal of Food Science and Technology. 46(4), 300-306.
- Sivakumar, D., Van Deventer, F., Terry, L.A., Polenta, G.A. and Korsten, L. (2012). Combination of 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage retains overall fruit quality and bioactive compounds in mango. J Sci Food Agric, 92, 821-830.
- Teixeira, G.H., de, A. and Durigan, J.F. (2011). Storage of 'Palmer' mangoes in low-oxygen atmospheres. Fruits, 66, 279-289.

- Teixeira, G.H., de, A., Durigan, J.F. (2011). Storage of 'Palmer' mangoes in low-oxygen atmospheres. *Fruits* 66, 279–289.
- Thompson, A.K. (2001). *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 278.



MAERSK



M H E S I

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

พ.ศ. 2564