รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

Development of Postharvest Technology for Reduce Quality Loss of Irridiated Mango

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย
นายภาณุมาศ โคตรพงศ์
Mr. Panumas Kotepong

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

การส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนนาดา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีแกมมาไม่น้อยกว่า 400 เกรย์ เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ติดไปกับผลิตผล ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนใหญ่มีการสูญเสียคุณภาพจากการฉายรังสีเมื่อถึงตลาดปลายทาง โดยพบอาการเปลือกและเนื้อผลเป็นสีน้ำตาล การพัฒนาสีเปลือกช้า ฉ่ำน้ำ เกิดโรคแอนแทรคโนสและอายุการเก็บรักษาสั้น จากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ส่งออกทำให้มะม่วงมีคุณภาพไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค อายุการเก็บรักษาสั้น ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี จากการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงการส่งออกจากแปลงปลูกที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ในพื้นที่ภาคกลาง ตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออกมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าผลการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกภาคส่วนตั้งแต่เกษตรกร ผู้ประกอบการ นักศึกษา และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

ภาณุมาศ โคตรพงศ์
หัวหน้าโครงการวิจัย
29 มีนาคม 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	4
ผู้วิจัย	5
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	6
บทนำ.....	7
บทคัดย่อ.....	10
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือของนักวิจัยผู้ร่วมดำเนินงานทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของกรมวิชาการเกษตร และขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ให้คำแนะนำในการเขียนรายงานผลการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

ภาณุมาศ โคตรพงศ์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	หัวหน้าโครงการ หัวหน้าการทดลอง
งามพิศ สุดเสน่ห์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
ทิวาพร ผดุง	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	ผู้ร่วมงาน
สโรชา ถึงสุข	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2	ผู้ร่วมงาน

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

	ภาษาอังกฤษ	คำย่อ
การผลิตทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม	Good Agriculture Practices	GAP

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ในการส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศส่วนใหญ่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีก่อนการส่งออก การฉายรังสี เป็นมาตรการในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลิตผลเกษตรตามอนุสัญญาว่าด้วยการอารักขาพืชระหว่างประเทศ (International Plant Protection Convention: IPPC) ในการส่งออกผลผลิตเกษตรไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีไม่ต่ำกว่า 400 เกรย์ เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชก่อนการส่งออก แต่พบว่าการฉายรังสีแกมมาก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงในระหว่างการขนส่งหลายประการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวผล ฉ่ำน้ำ อายุการเก็บรักษาสั้น เน่าเสียง่าย เป็นต้น

การจัดการแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์และสร้างความสมบูรณ์ให้ผนังเซลล์ โดยแคลเซียมจะเป็นตัวเชื่อมหมู่ carboxylic ขององค์ประกอบกรด polygalacturonic ในเพกติน แคลเซียมจึงเป็นตัวช่วยเพิ่มให้ผลมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (Kittemann *et al*., 2010) แคลเซียมมีผลต่อการอ่อนนุ่มเนื้อผลและกิจกรรมของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยของผนังเซลล์ในแอปเปิ้ลในระหว่างการเก็บรักษา ผลแอปเปิ้ลที่ได้รับ $CaCl_2$ สามารถรักษาเซลล์และเซลล์ไม่เกิดการแตกร้าว ผนังเซลล์จะเต่งและอัดแน่น แต่หนากว่าแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับแคลเซียม ผนังเซลล์ของผลแอปเปิ้ลที่ได้รับแคลเซียมมีการรักษาคงสภาพของ middle lamella แต่ผลแอปเปิ้ลที่ไม่ได้รับแคลเซียมจะส่งผลต่อผนังเซลล์ให้เกิดการแยกออกจากกันตามธรรมชาติ (Quiles *et al*., 2004) การสูญเสียความแน่นเนื้อผลในระหว่างการเก็บรักษาเป็นกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการสุกของผลไม้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการสลายผนังเซลล์ ได้แก่ polygalacturonase, pectin methylesterase และ pectatelyases โดยแคลเซียมไอออน (calcium ions) มีส่วนช่วยในการสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ และ middle lamella โดยการผสานให้เซลล์ยึดติดกันแน่นมีส่วนเกี่ยวข้องในการชะลอกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพได้ (Vicente *et al.,* 2007) แคลเซียมมีผลต่อเนื้อเยื่อ ความแข็งแรงของผนังเซลล์ ส่งเสริมให้ผลมีความแน่นเนื้อและความกรอบมากขึ้นในระยะการพัฒนาของผล พบว่า ธาตุแคลเซียมทำหน้าที่ควบคุมการหายใจของพืชสร้างน้ำตาลและแป้งสำหรับธาตุโบรอนทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลและแป้งจากใบไปสู่ผล ดังนั้น ถ้าพืชได้รับแคลเซียมและโบรอนในปริมาณไม่เพียงพอในช่วงที่พืชสุกแก่พืชจะมีผลที่ผิดปกติ ทั้งแคลเซียมและโบรอนเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช การที่จะทำให้ต้นพืชสมบูรณ์จำเป็นต้องให้ธาตุแคลเซียมและโบรอนควบคู่กันไปตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช (พีรเดช, 2529) สายน้ำผึ้ง และคณะ (2562) พบว่า การใช้ $Ca(NO_3)_2$ ความเข้มข้น 50 มก/ล และ $Na_2B_4O_7$ ความเข้มข้น 5 มก/ล (CaB) และสารละลายจิบเบอเรลลิคแอซิด ความเข้มข้น 10 มก/ล (GA_3) ในระยะก่อนดอกบาน 1 สัปดาห์ ระยะดอกบาน และระยะหลังดอกบาน 1 สัปดาห์ การพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอน (CaB) จิบเบอเรลลิคแอซิด (GA3) สามารถเพิ่มคุณภาพ ผลผลิตของผลพลับพันธุ์ฟูยูได้ โดยมีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า) การพ่นสารละลาย (CaB + GA_3) มีผลทำให้น้ำหนักของผลพลับมากที่สุด คือ 153.20 กรัม รัฐพล และพีระศักดิ์ (2555) พบว่า การฉีดพ่นสารละลาย CaB ความเข้มข้น 1 เท่าร่วมกับเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เก็บรักษามะม่วงได้ 24 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อเปลือกและเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่น สอดคล้องกับ Poovaiah *et al*. (1988) รายงานว่า แคลเซียมและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการสุก ลดอัตราการหายใจและชะลอการชราภาพ (senescence) ของผลไม้ช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ไว้ได้นานกว่าปกติ โดยแคลเซียมเข้าไปเชื่อมโมเลกุลของเพกตินที่หมู่ carboxyl อิสระและลดอัตราการสลายตัวของเพกตินลงเนื่องจากไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ polygalacturonase (PG) โดยตรงและทางอ้อม ซึ่งในระหว่างการสุกของผลไม้แคลเซียมจะถูกดึงออกไปจากผนังเซลล์ทำให้แอนไซม์ PG เข้าไปทำงานใน middle lamella ส่งผลให้เกิดการอ่อนนุ่มของผลไม้ ในบางกรณีพบว่า แคลเซียมที่ได้จากภายนอกเข้าสู่ผลได้ไม่

กรมวิชาการเกษตร

เท่ากันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผล ชัยสิทธิ์ และคณะ (2559) พบว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับโบรอนอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลให้ ใบพลับระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด และได้ผลผลิตมากขึ้น

การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร ผลิตผลเกษตรในกลุ่ม ผัก ผลไม้ และไม้ดอกเป็นพืชอวบน้ำทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพรวเร็วในระหว่างการเก็บเกี่ยว โดยจะมีการสะสมความร้อนที่ได้รับในแปลงปลูก เรียกว่า ความร้อนแฝง (Field heat) ทำให้มีอัตราการคายน้ำและการหายใจสูง ทำให้สูญเสียน้ำเหี่ยวและเน่าเร็ว จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิหรือกำจัดความร้อนแฝง (pre-cooling) อย่างรวดเร็ว เพื่อชะลออัตราการคายน้ำ และยืดอายุของผลิตผล ศศิเมษ และคณะ (2554) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษาผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่สองช่วงอุณหภูมิ คือ ช่วงอุณหภูมิต่ำ (10±2 และ 16±2 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิสูง (22±2 และ 28±2 องศาเซลเซียส) พบว่า การเก็บรักษาผลส้มที่ช่วงอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆของผลส้ม ซึ่งได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณแก๊สภายในผลส้ม และปริมาณเอทานอล ได้ดีกว่าที่ช่วงอุณหภูมิสูง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาผลส้มได้นานถึง 40 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับได้ สิริลดา และคณะ (2554) รายงานว่า อายุการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของมะยงชิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับโดยมีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด พบอาการการเกิดจุดสีน้ำตาลบริเวณเปลือกและอาการช้ำน้อย

การใช้สารดูดซับเอทิลีนต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร การควบคุมเอทิลีนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการรักษาคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว การใช้สารดูดซับเอทิลีนหรือใส่ลงไปในบรรจุภัณฑ์เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2541) การใช้สารดูดซับเอทิลีนมีหลายชนิด เช่น การใช้ไบโอชาร์ (Biochar) เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอนซึ่งผลิตมากจากการให้ความร้อนมวลชีวภาพ (biomass) โดยไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้น้อยมาก เรียกกระบวนการนี้ว่า การแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) การใช้สาร 1-เมทิลไซโคโพรพีน (1-methylcyclopropene; 1-MCP) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน มีชื่อทางการค้าว่า Smartfresh ^{TM} (AgroFresh, Inc., Rohm and Hass) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ออกฤทธิ์ในสภาวะที่เป็นก๊าซ สามารถเข้าจับกับตัวรับเอทิลีนทำให้มีผลในการจำกัดหรือขัดขวางการทำงานของเอทิลีนได้ทั้งจากภายในและภายนอกจนไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจาก 1-MCP ทำหน้าที่เป็นตัวแข่งขันและสามารถจับกับตัวรับได้นานกว่าเอทิลีน สารดังกล่าวได้รับการรับรองจากกองงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drung Adminitration; FDA) ว่า ไม่เป็นสารอันตรายที่มีพิษ ไม่มีกลิ่นและเสถียรในสภาวะปกติ อีกทั้งไม่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม การผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการรมและระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ 1-MCP (Blackenship and Dole, 2003)

การใช้รังสีแกมมาในผลิตผลเกษตร รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อนและไม่ตกค้างหรือสะสมในอาหาร (ยุทธพงศ์, 2539) Limohpasmanee *et al.* (2005) พบว่า การฉายรังสีที่ปริมาณ 150 เกรย์ สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ในมังคุด ลำไย มะม่วง ลิ้นจี่ และเงาะได้ และการฉายรังสีที่ปริมาณ 400 เกรย์ สามารถควบคุม scale insect และ mealybugs ในมังคุดได้ ที่ 200 เกรย์ สามารถควบคุม moths ในลำไยและ ลิ้นจี่ได้ และที่ 300 เกรย์ สามารถควบคุม seed weevil ในมะม่วงได้ การฉายรังสีที่ 1000 เกรย์ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 หนังกลางวัน อกร่อง และแรด พบว่า ไม่มีผลเสียต่อลักษณะปรากฏภายนอกและรสชาติ ยกเว้นในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ฉายรังสีที่ 300 เกรย์ หรือสูงกว่านี้ จะทำให้ผิวเกิดจุดสีน้ำตาล สำหรับการฉายรังสีให้กับสับปะรดที่ไม่ต่ำกว่า 300 เกรย์ จะชักนำให้แกนของสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล Hofman *et al.* (2009) รายงานว่ามะม่วงพันธุ์ B74 ของออสเตรเลียที่ผ่านการล้างทำความสะอาด หรือนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 18 องศาเซลเซียสทันที

ก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา เพื่อกำจัดแมลงวันทอง จะทำให้เลนติเซลเสียหายและสีผิวเปลี่ยนไป แต่ถ้านำมาฉายรังสีทันทีโดยไม่ผ่านการล้างทำความสะอาดก่อนนำไปฉายรังสีผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น และในการฉายรังสีแก่ผลแอปเปิ้ลและสาลี่ทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง แต่การตอบสนองต่อปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่ละพันธุ์ (Drake *et al*., 2003)

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ส่งออกทำให้มะม่วงมีคุณภาพไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค อายุการเก็บรักษาสั้น ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วง ต้องมีการจัดการระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีทำให้รักษาคุณภาพของมะม่วงจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคได้ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในกระบวนการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลาง เพื่อช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชได้มูลค่าและปริมาณเพิ่มมากขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองไปยังประเทศสหรัฐอเมริกา แคนนาดา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยการฉายรังสีแกมมาไม่น้อยกว่า 400 เกรย์ เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ติดไปกับผลิตผล ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองส่วนใหญ่มีการสูญเสียคุณภาพจากการฉายรังสีเมื่อถึงตลาดปลายทาง โดยพบอาการเปลือกและเนื้อผลเป็นสีน้ำตาล การพัฒนาสีเปลือกช้า ฉ่ำน้ำ เกิดโรคแอนแทรคโนสและอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงรวบรวมเทคโนโลยีทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาช่วยลดลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการฉายรังสีก่อนการส่งออก โดยคัดเลือกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงปลูกที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา และภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำ ได้แก่ ระบบการจัดการผลิต การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 105 วันหลังดอกบาน (ความสุกแก่ 85-90 เปอร์เซ็นต์) แล้วนำไปผ่านขั้นตอนการฉายรังสีเปรียบเทียบกับมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี จากการทดลองพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีที่มีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำให้น้ำหนักผลสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีควบคุม เมื่อนำไปผ่านการฉายรังสีแล้วจำลองสภาพการส่งออกเป็นเวลา 28 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีที่มีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำมีความแน่นเนื้อผล ปริมาณกรดแอสคอร์บิคสูงกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในกรรมวิธีควบคุม อีกทั้งยังลดอาการเปลือกสีน้ำตาลและอาการฉ่ำน้ำในระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงแนะนำกรรมวิธีการจัดการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Exporting ‘Nam Dok Mai Sri Thong’ mango to US, Canada, Australia and EU requires plant quarantine measures by gamma irradiation not below 400 Grays to eliminate pests contaminating the product. The irradiation causes loss of quality to most mangoes when arriving on retail markets, with the symptoms of brown peel and flesh, low development of peel, juicy flesh, anthracnose, and short shelf life. Therefore, this experiment aimed to study giving pre and postharvest technology for postharvest reduction of loss of quality in mangoes during their pre-export irradiation. Mango trees at the age of 5 years were selected right from their plots, produced for export and certified by GAP in central region, Sa Kaeo Province. Northeast region, Nakhon Ratchasima Province. North Region, Phetchabun Province. The experiment consisted of the 2 treatments, i.e., 1) present technology (control) and 2) recommended postharvest technology; GAP system, calcium application, pre-cooling during transport, hot water treatment and ethylene absorbent during storage. They were harvested at the age of 105 days after flowering (Late-ripening 85%). Then, they were brought for irradiation and compared with the non-irradiated group. The findings revealed that the fruit weight in treatment group was higher than the control group. When simulating the mango transportation for distribution overseas at room temperature of 13°C. Fruit firmness and ascorbic acid in the treatment group was higher than the control group. It was found that the mangoes in the treatment group could be reduced browning peel and juicy flesh during storage for 28 days. Therefore, the author suggested farmers and enterpreneursto apply the process for reducing postharvest loss of irradiated mango.

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

1. การเตรียมตัวอย่างมะม่วง

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ 5 ปี จากแปลงเกษตรกรต้นแบบที่ผ่านการรับรอง GAP ที่การปลูกเพื่อการส่งออกมากที่สุดในพื้นที่ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัด นครราชสีมา และพื้นที่ภาคเหนือได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่ภาคละ 3 แปลงๆ ละ 200 ต้น ทำการเก็บเกี่ยวตามดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในการส่งออกผ่านกระบวนการในโรงคัดบรรจุตามมาตรฐานการส่งออกที่ใช้ในปัจจุบัน หลังจากนั้นนำผลผลิตที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ไปฉายรังสีตามมาตรฐานการส่งออกที่ระดับ 400 เกรย์ แล้วนำไปจำลองสภาพการส่งออกในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน

2. การทดสอบการวางจำหน่าย

ทำการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแบบ t-test โดยทดสอบเทคโนโลยีการจัดการคุณภาพมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกตามแต่ละกรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 50 กล่องๆ ละ 12 ผล ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน (Control)

กรรมวิธีที่ 2 ตามคำแนะนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว (Recommended postharvest technology)

การจัดการ	เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบัน	ตามคำแนะนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
1. ระบบการจัดการผลิต	GAP	GAP
2. การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว	ไม่มี	ให้ปุ๋ยทางใบ Ca+B ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง
3. การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง	ไม่มี	ลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่งที่ 13 องศาเซลเซียส จนถึงโรงคัดบรรจุ
4. การจุ่มน้ำร้อน	ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
5. การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง	ไม่มี	ใส่ถ่านไบโอชาร์ จำนวน 1 ซองต่อ 1 ผล

กรมวิชาการเกษตร

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณภาพผล ได้แก่ น้ำหนักผล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณกรดแอสคอร์บิค ทุก 7 วัน

3.1 น้ำหนักผล

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันเก็บเกี่ยว

3.2 การสูญเสียน้ำหนัก

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักผลก่อนเก็บรักษา และในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

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

3.3 การเปลี่ยนแปลงสีผล

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

3.4 ความแน่นเนื้อผล

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

3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

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

3.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

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

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

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 N)
ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต
meq.wt of malic acid คือ 0.067

3.7 ปริมาณกรดแอสคอร์บิค

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

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

X 100

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค = ปริมาณ 2,6-dichloroindophenol ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้ (ml)

3.8 อาการเปลือกสีน้ำตาล

ประเมินอาการเปลือกสีน้ำตาลที่บริเวณผิวผลด้วยสายตา และให้คะแนนอาการเปลือกสีน้ำตาลที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 0 – 20%

2 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 21 – 40%

3 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 41– 60%

4 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 61 – 80%

5 คะแนน หมายถึง บริเวณผิวผลมีสีน้ำตาล 81 – 100%

3.9 อาการฉ่ำน้ำ

ประเมินอาการฉ่ำน้ำที่บริเวณเนื้อผลโดยผ่ากลางผลด้วยสายตา และให้คะแนนอาการฉ่ำน้ำน้ำตาลที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 0 – 20%

2 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 21 – 40%

3 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 41– 60%

4 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 61 – 80%

5 คะแนน หมายถึง บริเวณเนื้อผลมีการฉ่ำน้ำ 81 – 100%

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

การทดลองย่อยที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 418.20 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 370.34 กรัม (Table 1) ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วง

การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อมีอายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุม มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.87% จากนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 5.98% ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 7.72% (Figure 1)

การเปลี่ยนแปลงสี หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าความสว่างหรือ ค่า L* ไม่แตกต่างจากก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 76.14-76.30 จากนั้น มีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 70.70-71.45 (Figure 2a)

ค่าสีแดง หรือค่า a* ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่า หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เท่ากับ 4.95 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนวันที่ 28 มีค่า a* มากถึง 7.19 กรรมวิธีที่แนะนำมีค่า a* หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 4.68 และมีค่าไม่ต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 21 และ 28 มีค่าเท่ากับ 6.49 และ7.05 ตามลำดับ (Figure 2b)

ค่าสีเหลือง หรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา หลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 33.67-33.68 จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นทีละเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 39.23-40.12 (Figure 2c)

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 25.27 นิวตัน จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 14 และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 21 มีค่าความแน่นเนื้อเพียง 7.17 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเพียง 4.45 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 7 วันมากถึง 26.56 นิวตัน และมีค่าลดอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 14 จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 10.34 และ6.28 นิวตัน ในวันที่ 21 และ 28 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (Figure 3)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.44-10.51% จากนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 14.95-14.99% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.88-16.39% (Figure 4a)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าใกล้เคียงกัน หลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.30% และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียง 0.36% ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ส่วนกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.17% ในวันที่ 7 และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 28 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียง 0.24% ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (Figure 4b)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่ากรรมวิธีควบคุมตั้งแต่ก่อนเก็บรักษา เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรด

กรมวิชาการเกษตร

แอสคอร์บิคได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 34.92 mg/100 ml จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 28.38 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 33.20 mg/100 ml และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 26.86 mg/100 ml และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 27.57 mg/100 ml (Figure 4c)

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Figure 5)

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้น มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ (Figure 6)

การทดลองย่อยที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 391.88 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 345.72 กรัม (Table 2) ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วง

การสูญเสียน้ำหนัก มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อมีอายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุม มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.89% จากนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 5.32% และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 9.12% ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ หลังเก็บรักษา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.11% และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 6.63% เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 9.02% (Figure 7)

การเปลี่ยนแปลงสี หลังเก็บรักษา 7 วัน มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าความสว่างหรือ ค่า L* ไม่แตกต่างจากก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 74.41-74.48 จากนั้น มีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 66.56-67.12% (Figure 8a)

ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทั้ง 2 กรรมวิธี หลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกับก่อนเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 7.21-7.25 จากนั้น กรรมวิธีควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงวันที่ 21 มีค่าเท่ากับ 8.75 และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 10.80 ส่วนกรรมวิธีตามคำแนะนำ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 มีค่า a* เท่ากับ 11.33 (Figure 8b)

ค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า b* เท่ากับ 32.66-33.35 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า b* เท่ากับ 39.85-40.33 (Figure 8c)

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ตั้งแต่วันที่เก็บเกี่ยว เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อผลได้ดี โดยหลัง

กรมวิชาการเกษตร

เก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 25.17 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 4.96 นิวตัน สิ้นสุดการเก็บรักษา มะม่วงกรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 4.37 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อผลหลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 29.19 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าความแน่นเนื้อผลเพียง 8.26 นิวตัน และลดลงเหลือเพียง 6.32 นิวตัน ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา (Figure 9)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.77-12.16% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 16.31-16.69% เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มีค่าไม่แตกต่างจากที่อายุเก็บรักษา 14 วัน เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.02-16.04% (Figure 10a)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน และมีค่าลดน้อยลงตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.11% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.18% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.01% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.20% (Figure 10b)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคมากกว่ากรรมวิธีควบคุมตั้งแต่ก่อนเก็บรักษา เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของกรดแอสคอร์บิคได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 41.83 mg/100 ml จากนั้น มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 32.87 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 44.06 mg/100 ml และมีค่าลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 33.96 mg/100 ml และมีค่าไม่แตกต่างจากเดิมเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน (Figure 10c)

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Figure 11)

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ (Figure 12)

การทดลองย่อยที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีพื้นที่ภาคเหนือ

น้ำหนักผล มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 340.56 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 340.56 กรัม (Table 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการให้ปุ๋ยทางใบได้แก่ แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% ในระหว่างการพัฒนาการของผลทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการขยายขนาดของผลมะม่วงส่งผลให้มีน้ำหนักของผลเพิ่มขึ้น

การสูญเสียน้ำหนัก ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำ มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีควบคุม หลังเก็บ

กรมวิชาการเกษตร

รักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.91-1.92% จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธี มีการสูญเสียน้ำหนัก 7.62% ส่วนกรรมวิธีที่กรรมวิธีที่แนะนำ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 8.39% (Figure 13)

การเปลี่ยนแปลงสี ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าความสว่าง หรือค่า L* ไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L* เท่ากับ 74.71-75.11 จากนั้น ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า L* ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 67.48-67.53 (Figure 14a)

ค่าสีแดงหรือค่า a* ของทั้งกรรมวิธี มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยในวันที่ 7 ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่า a* เท่ากับ 7.26-7.29 โดยกรรมวิธีควบคุมมีค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 9.89 ในวันที่ 28 ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่า a* 9.38 เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน (Figure 14b)

ค่าสีเหลืองหรือค่า b* ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 32.49 จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนถึงวันที่ 28 มีค่า b* เท่ากับ 38.36 ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีค่า b* หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 33.49 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่า b* เท่ากับ 39.80 (Figure 14c)

ความแน่นเนื้อผล มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่ามะม่วงในกรรมวิธีควบคุม ทำให้เมื่อนำไปเก็บรักษา มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำจึงสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 29.37 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษานาน 14 และ21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.54 และ6.86 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 5.05 นิวตัน ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อหลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 31.01 นิวตัน และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 20.48 นิวตัน จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 8.32 นิวตัน (Figure 15)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 14.27% จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษา 14 วัน มีค่าเท่ากับ 16.63% และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเก็บรักษาครบ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 16.90% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังเก็บรักษา 7 วัน เท่ากับ 13.95% จากนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 17.10% และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อรักษานาน 21 วัน มีค่าเท่ากับ 16.89% และมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 17.14% (Figure 16a)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกัน และมีค่าลดน้อยลงตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.39% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนเก็บรักษาครบ 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.30% ส่วนมะม่วงในกรรมวิธีแนะนำหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.01% และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.24% ทั้งนี้มะม่วงในกรรมวิธีที่แนะนำมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (Figure 16b)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิค มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคไม่แตกต่างกัน โดยหลังเก็บรักษา 7 วัน มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 42.69-42.86 mg/100 ml จากนั้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิคมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 36.28-36.32 mg/100 ml (Figure 16c)

อาการเปลือกสีน้ำตาล ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการเปลือกน้ำตาล หลังจากนั้นอาการเปลือกสีน้ำตาลสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการเปลือกสีน้ำตาลระหว่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

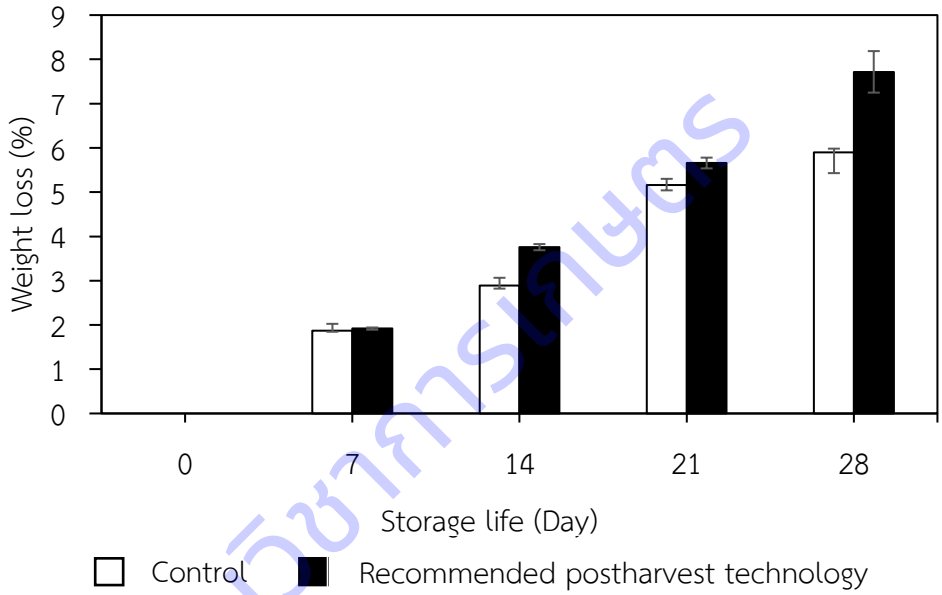
41-60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปลือกมะม่วงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีอาการเปลือกสีน้ำตาลเด่นชัดเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลออาการเปลือกสีน้ำตาลของมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Figure 17)

อาการฉ่ำน้ำ ภายหลังการฉายรังสีมะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีอาการฉ่ำน้ำ หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน มะม่วงเริ่มกระบวนการสุกจึงมีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้น โดยมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีอาการฉ่ำน้ำสูงกว่ามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำ (Figure 18)

กรมวิชาการเกษตร

Table 1 Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in central region.

Treatments	Fruit weight (g)
Control	370.34
Recommended postharvest technology	418.20
T-Test	*
C.V.	28.34



กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in central region.

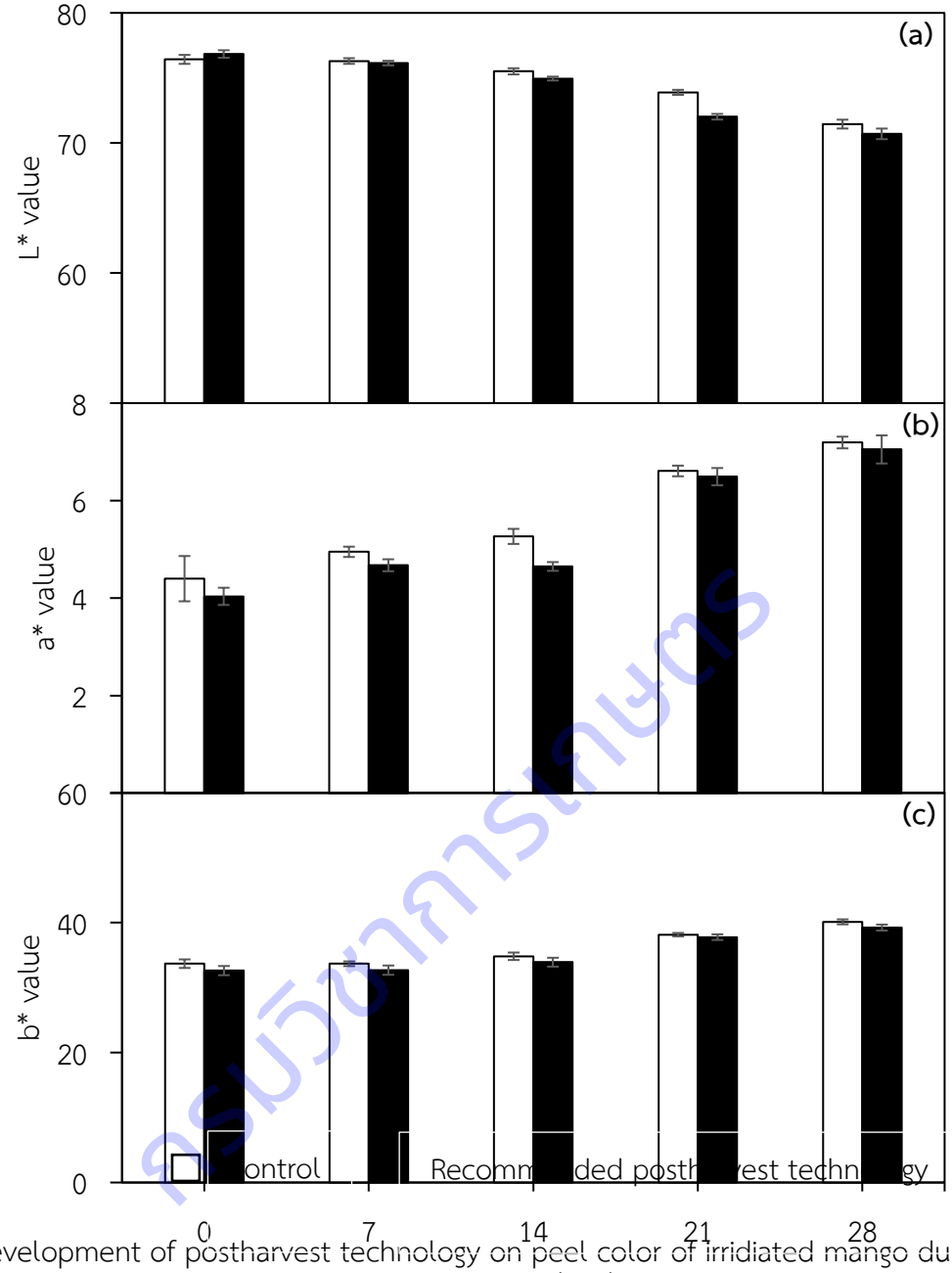


Figure 2 Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in central region.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

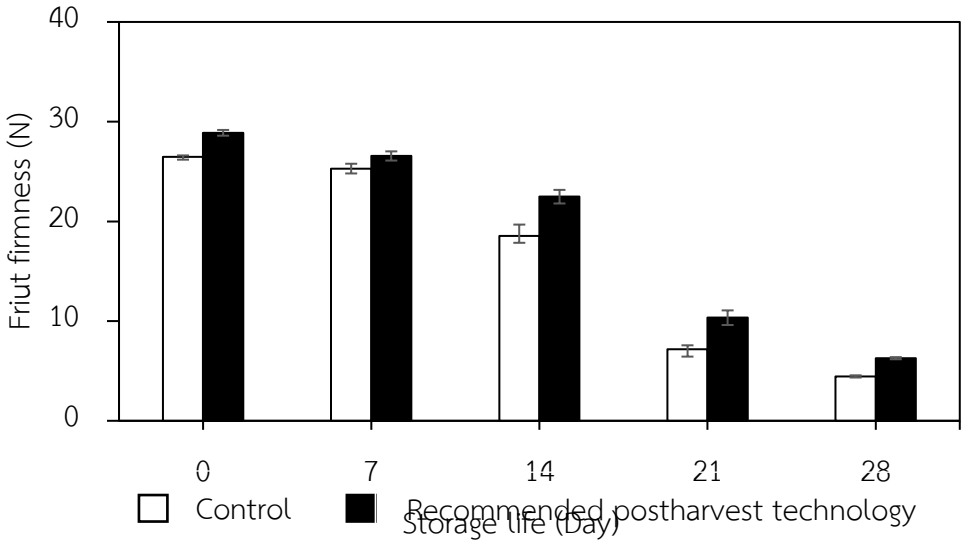


Figure 3

Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

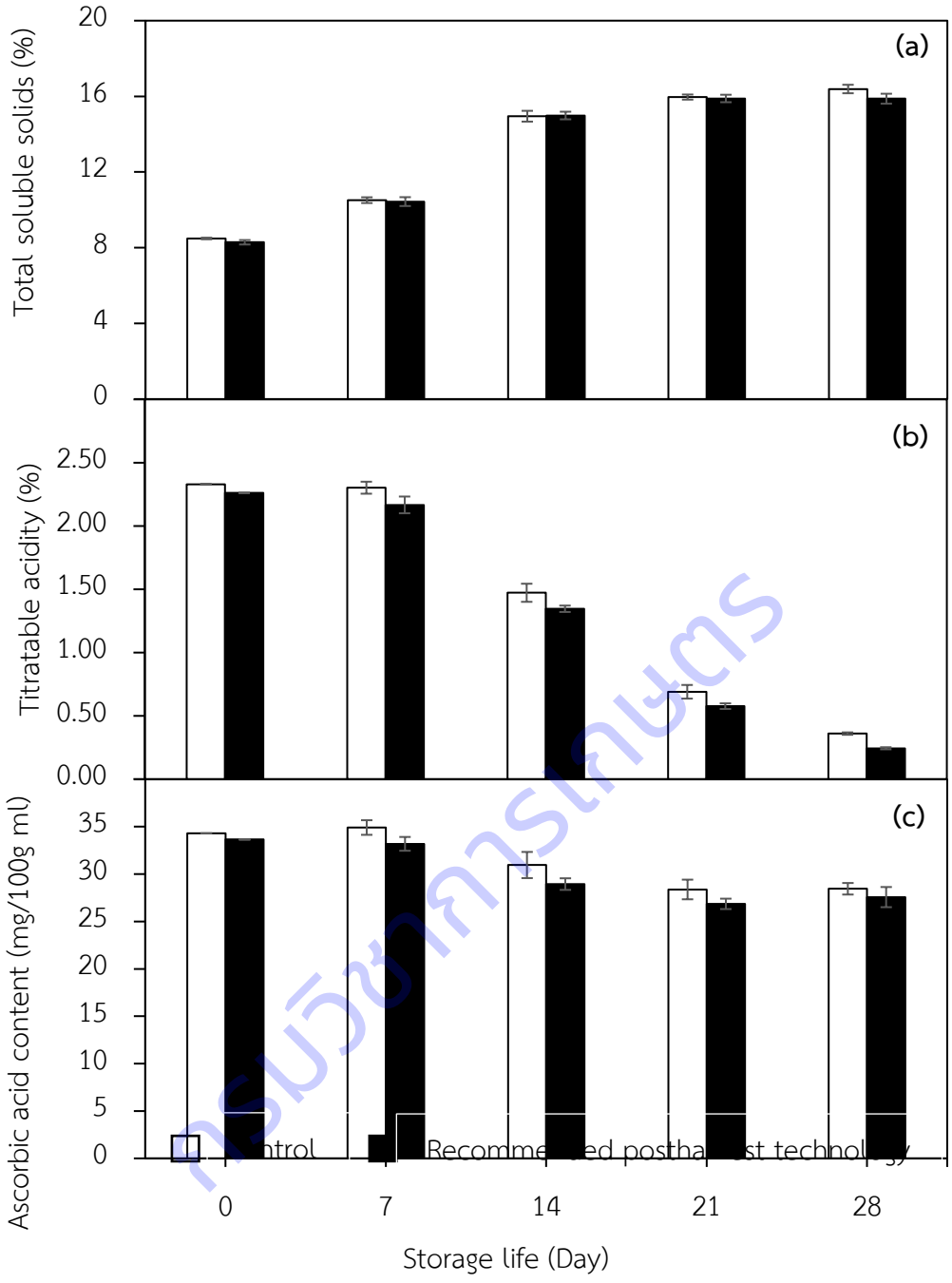


Figure 4

Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

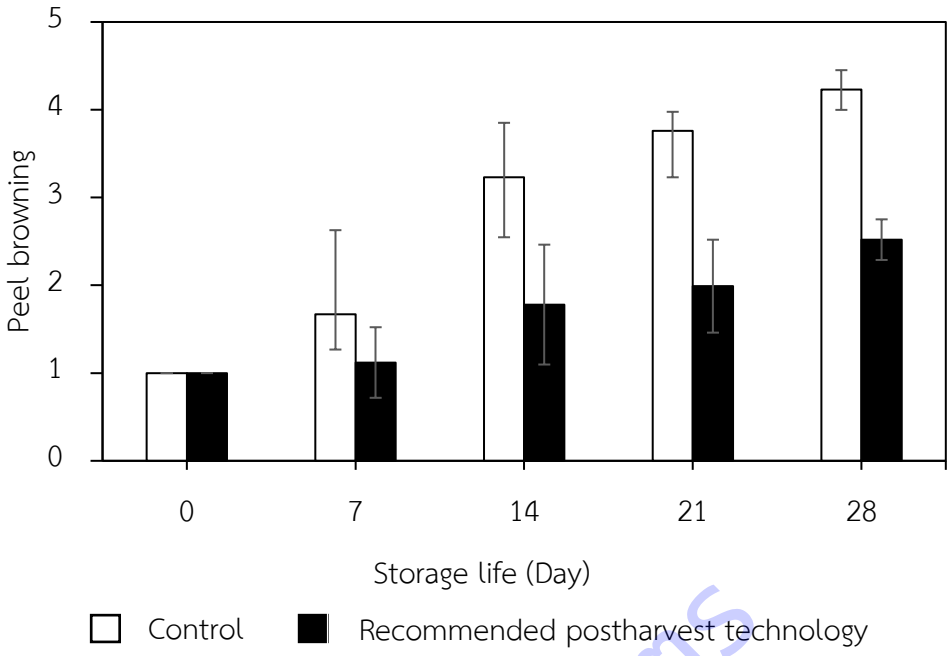


Figure 5 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

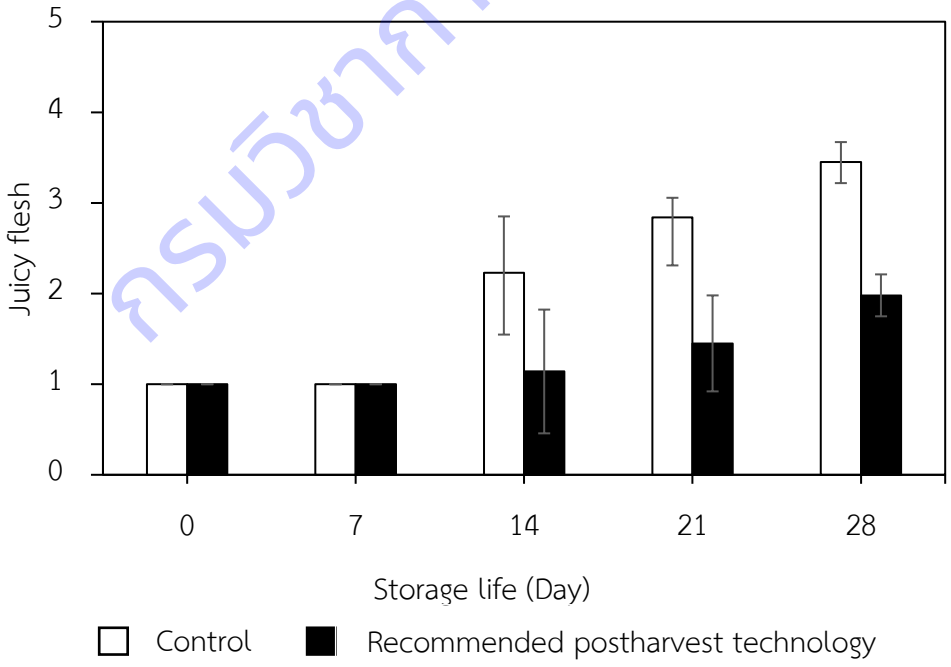


Figure 6 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in central region.

Table 2 Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in northeast region.

Treatments	Fruit weight (g)
Control	345.72
Recommended postharvest technology	391.88
T-Test	*
C.V.	12.32

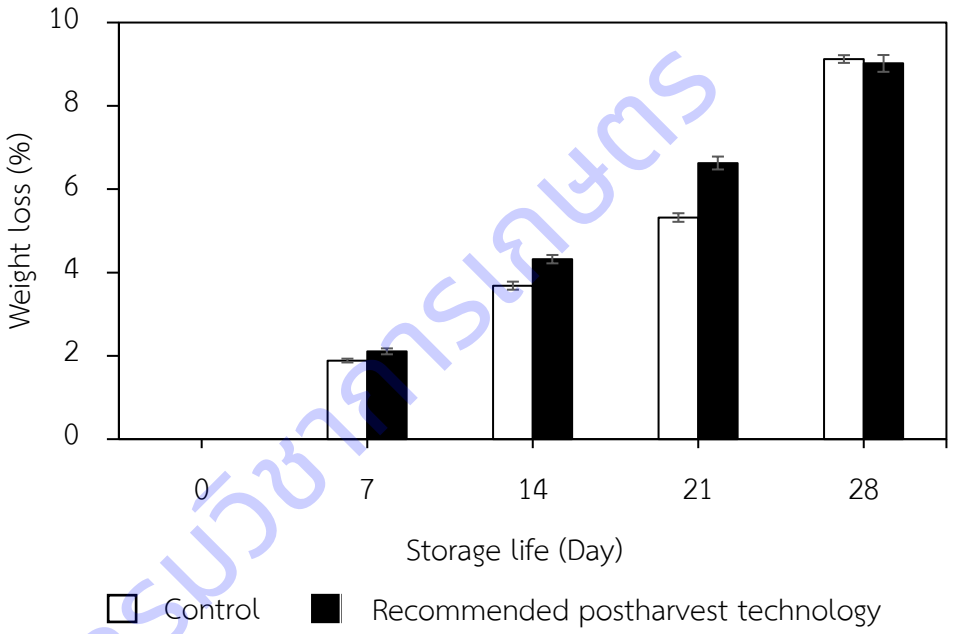


Figure 7 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร

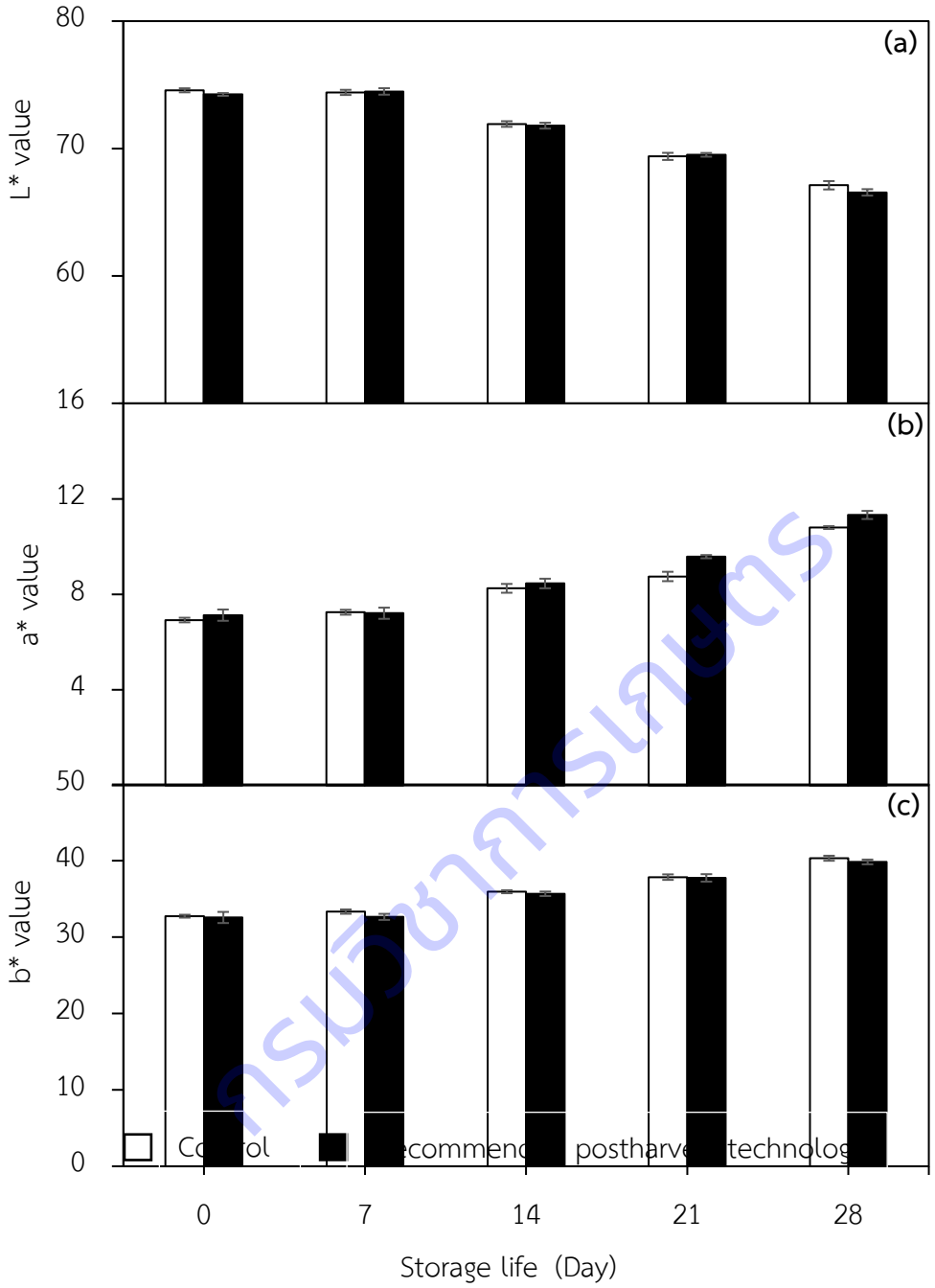


Figure 8

Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร

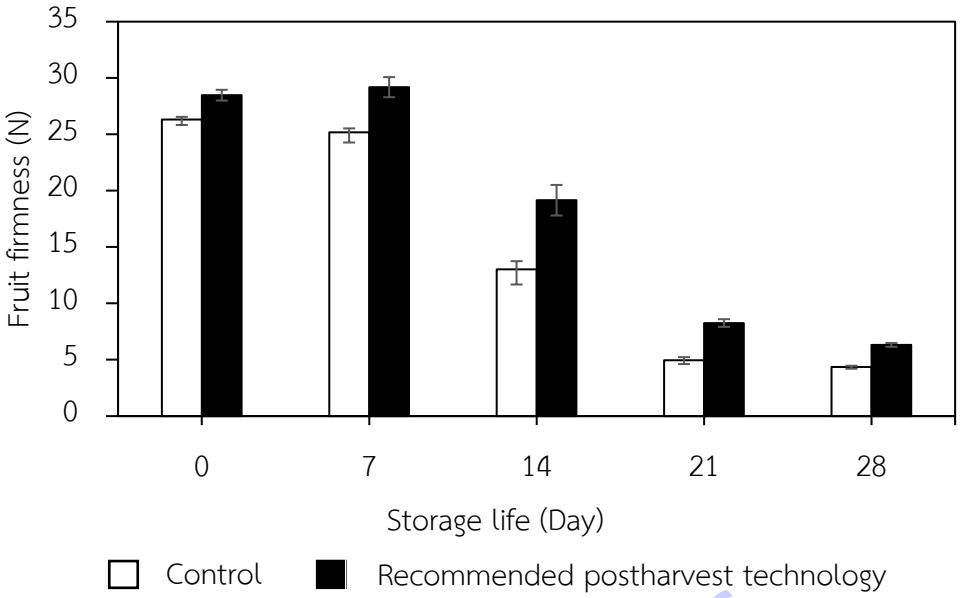


Figure 9 Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร

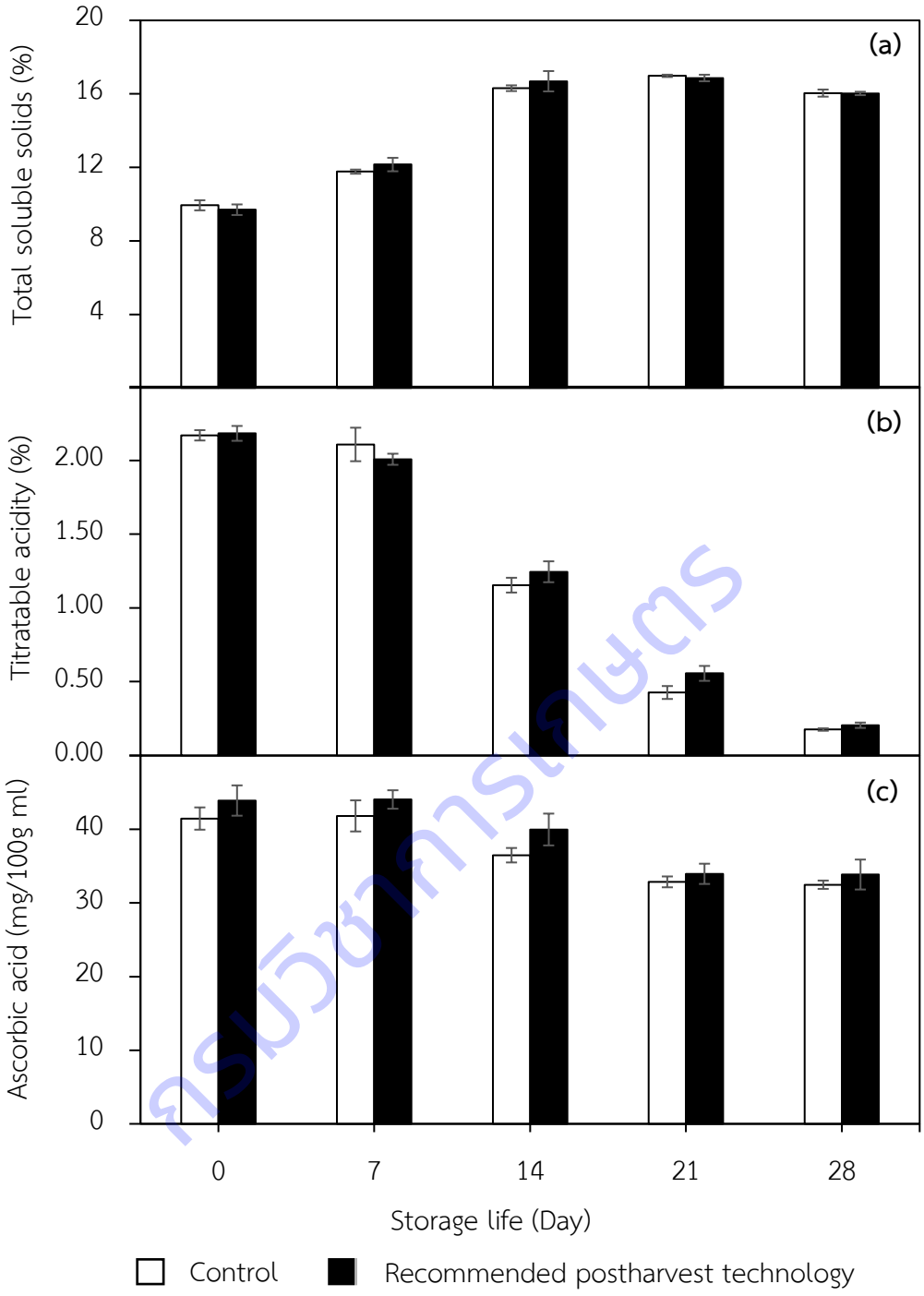


Figure 10 Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in northeast region.

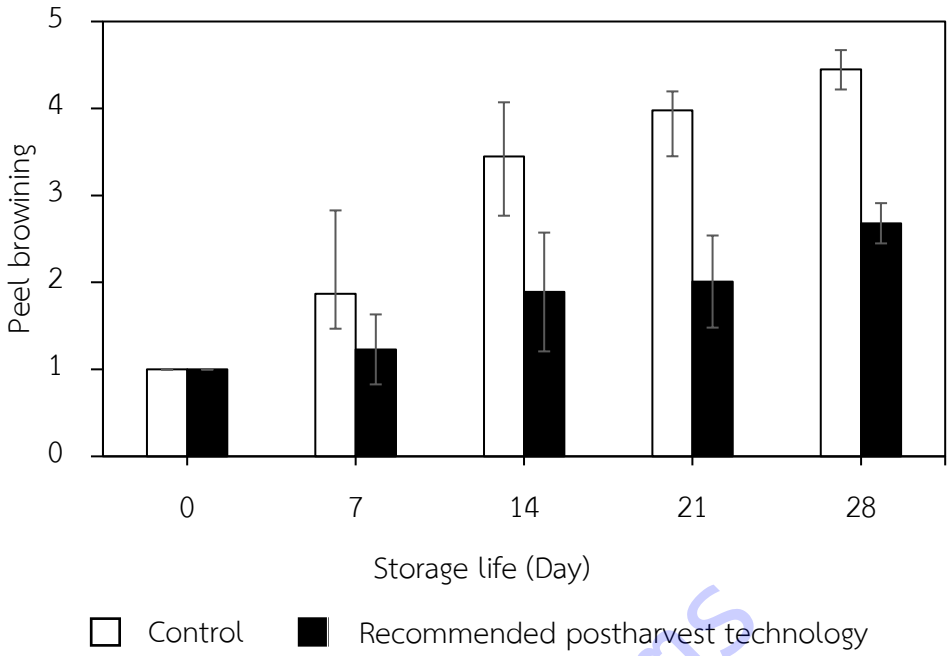


Figure 11 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in northeast region.

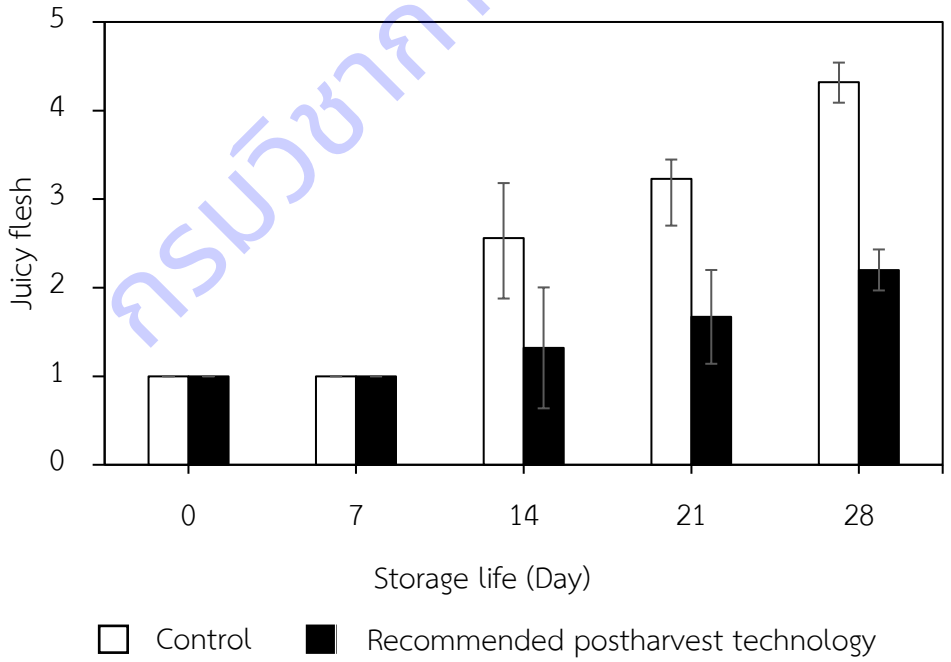
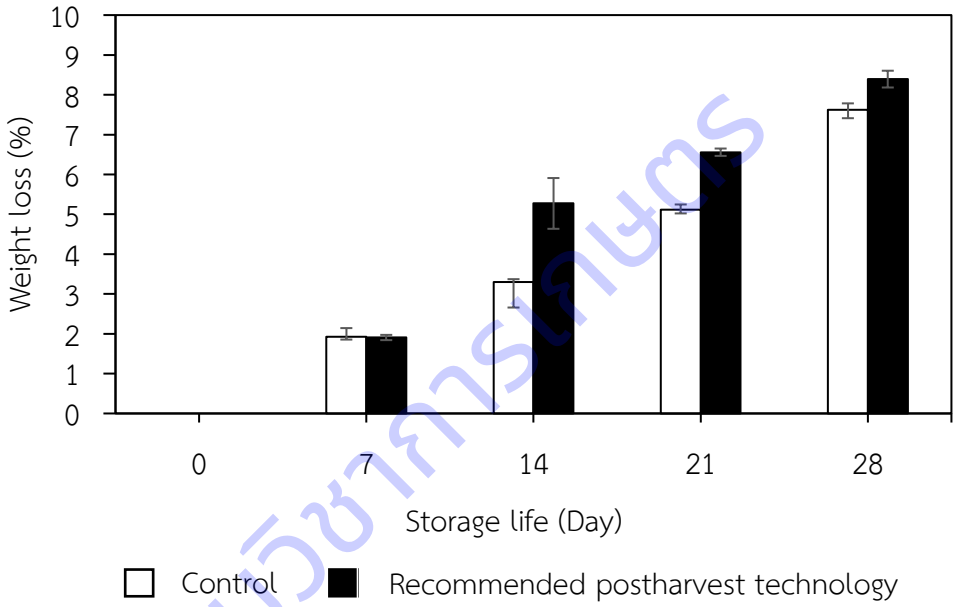


Figure 12 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in north region.

Treatments	Fruit weight (g)
Control	340.56
Recommended postharvest technology	380.23
T-Test	*
C.V.	14.38



กรมวิชาการเกษตร

Figure 13 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in north region.

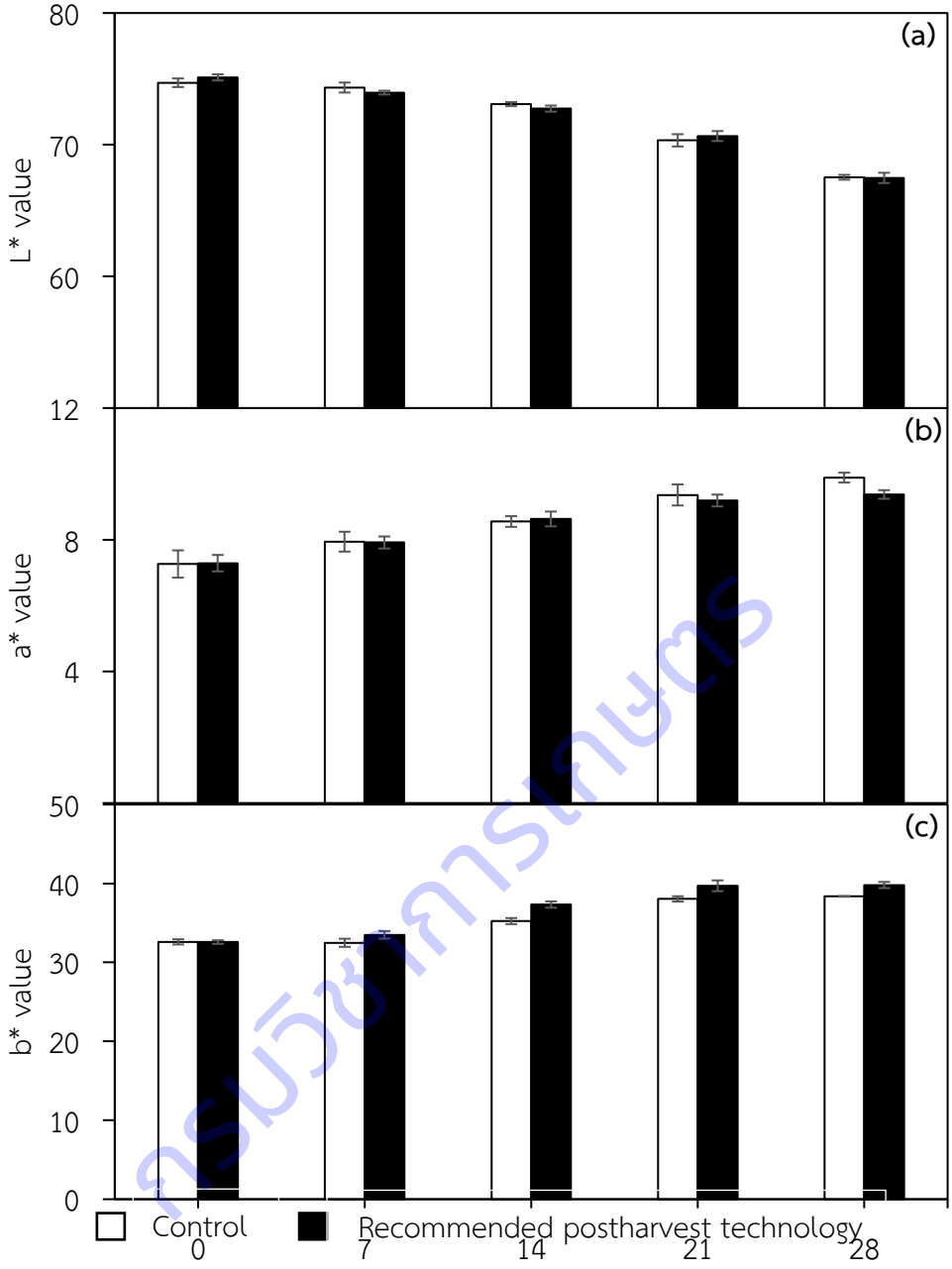


Figure 14 Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

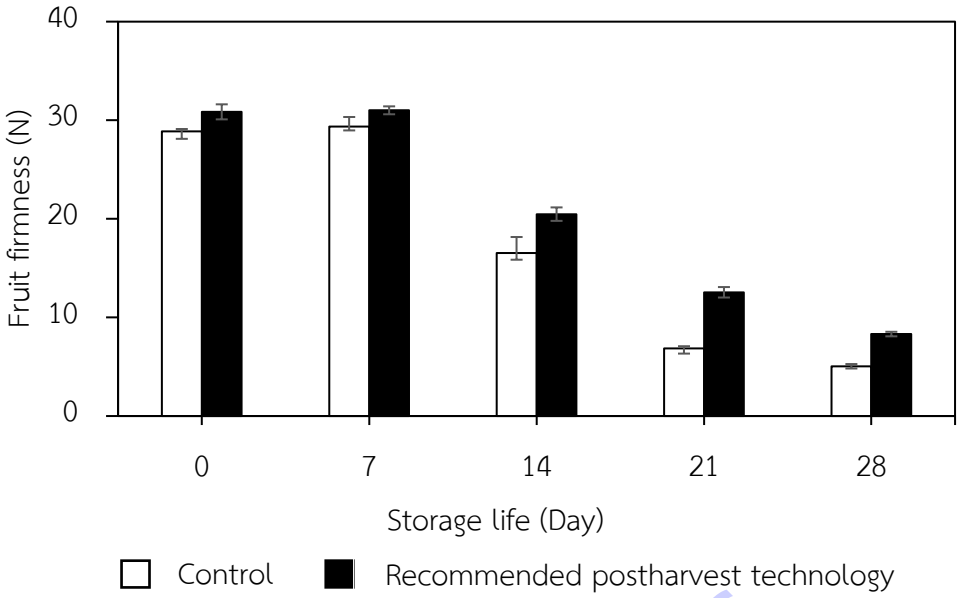


Figure 15 Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

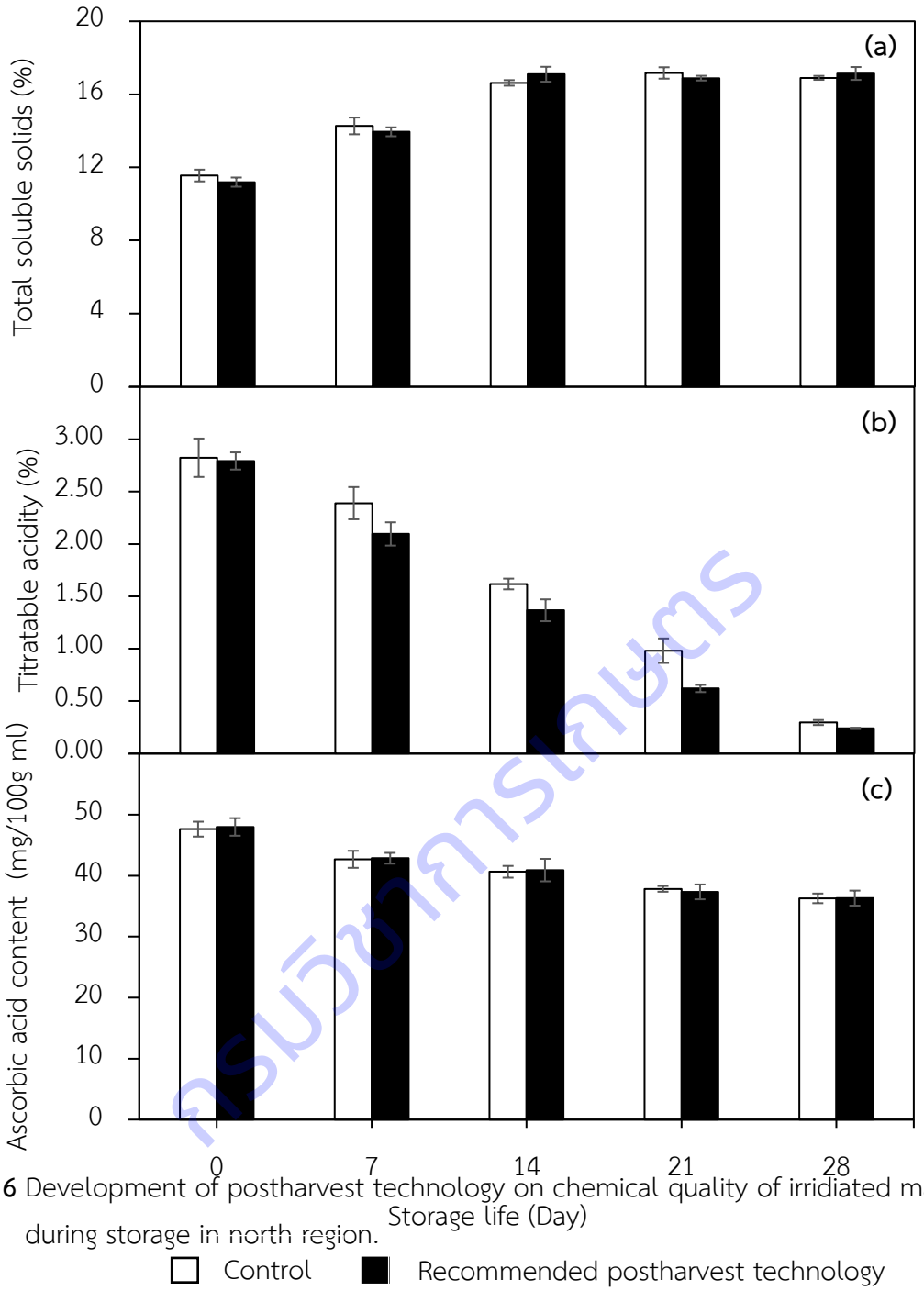


Figure 16 Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิทยาศาสตร

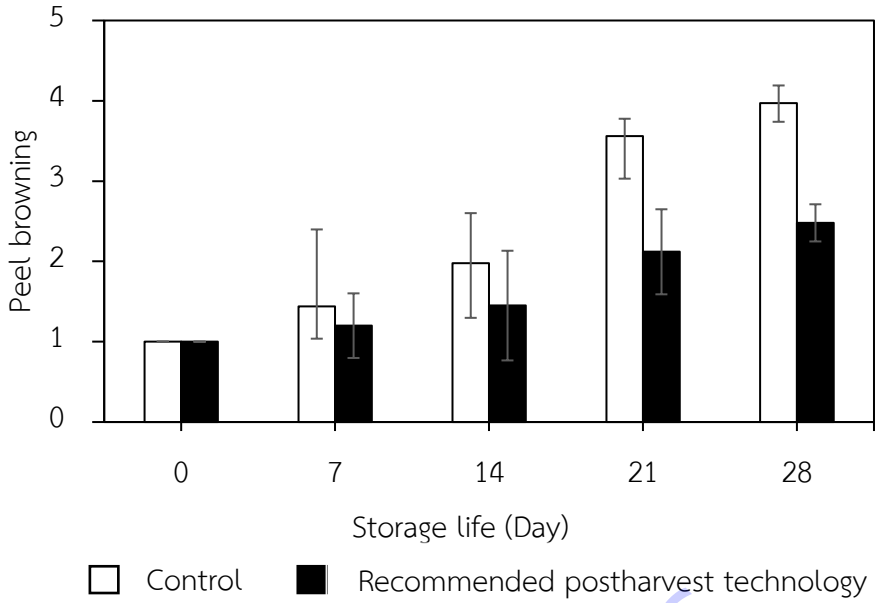


Figure 17 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in north region.

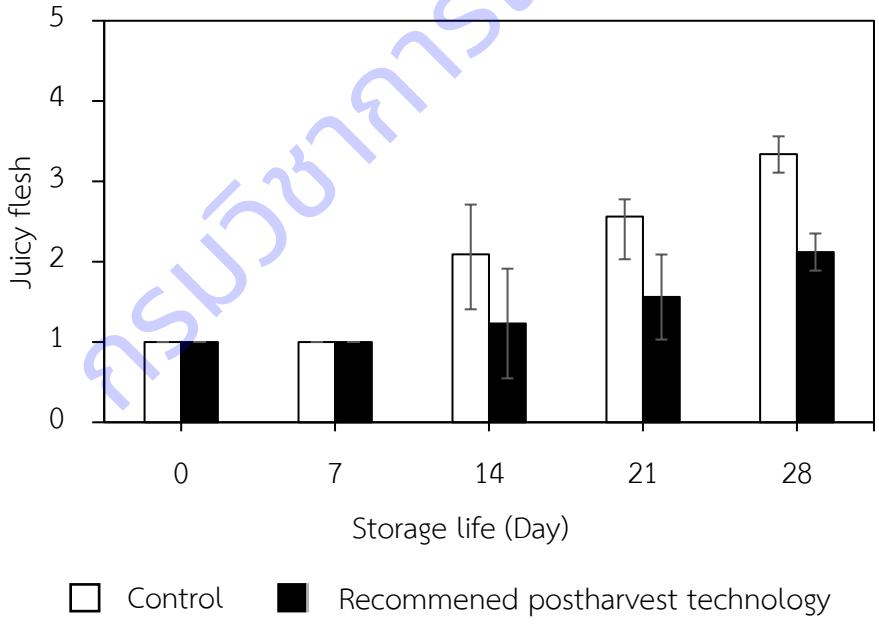


Figure 18 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระบบการจัดการผลิต การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีปัจจุบันที่เกษตรกรและผู้ส่งออกใช้

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กองพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

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

ชัยสิทธิ์ ทองจู วีระศรี เมฆตรง บัวบาง ยะอูป โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ วิสิฐ กิจสมพร และ วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์. 2559. **ผลของการใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอนที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและปริมาณผลผลิตในพลับ พันธุ์ซิชูและพันธุ์ฟูยู**. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. (8): 1-10.

ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. 2539. **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียของมะขามหวานในระหว่างการเก็บรักษา**. นิวเคลียร์ปริทัศน์. 1: 17-22.

Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. **1-Methylcyclopropene: a review**. Postharvest Biology and technology. 28: 1-25.

Drake, S.R., Neven, L.G., and Sanderson, P.G. 2003. **Carbohydrate concentrations of apples and pears as influenced by irradiation as a quarantine treatment**. Journal of food processing and preservation. 27(3): 165-172.

Hofman, P.J., Marques, J.R., Taylor, L.M., Stubbing, B., Ledger, S.N. and Jordan, R.A., 2009, **Skin damage to several mango cultivars during irradiation and cold storage**, 6th International Postharvest Symposium, Book of asbracts. 8-12 April 2009, p.26.

Karemera, N.J.U. and S. Habimana. 2014. **Effect of pre-harvest Calcium Chloride on Post Harvest Behavior of Mango Fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso**. Universal Journal of Agricultural Research. 2(3): 119-125.

Limohpasmanee, W., Keawchoung, P., Segsarnviriya, S., Malakrong, A., Kongratarpon, T., Vongcherree, S. and Pransophon, P., 2005, **"Irradiation as a Quarantine Treatment of Fruits", International Symposium on New Frontier of the Irradiated Food and Non Food Products**, 22-23 September 2005, Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.

Poovaiah, B.W. 1988. The **molecular and cellular aspects of calcium action**. Hort Science. 23:267-271. **strawberry**. Journal of Plant Nutrition. 26: 671-682.

Quiles, A., Hernando, I., Perez-Munuera, I., Llorca, E., Larrea, V., and Lluch M.A. 2004. **The effect of calcium and cellular permeabilization on the structure of the parenchyma of**

กรมวิชาการเกษตร

osmotic dehydrated "Granny Smith" apple. Journal of the science and food agriculture. 84: 1765-1770.

Vicente, A.R., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A.L.T., Greve, C.L., Labavitch, J.M., 2007. **Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits**. Analysis of blueberry (Vaccinium species). J. Agric. Food Chem. 55, 4125–4130.

กรมวิชาการเกษตร