ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี

Development of Postharvest Technology for Reduce Quality Loss of Irridiated Mango

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายภาณุมาศ โคตรพงศ์

Mr. Panumas Kotepong

ปี 2564

บทสรุปผู้บริหาร

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

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

Abstract

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, Therefore, the author suggested farmers and enterpreneurs to apply the process for reducing postharvest loss of irradiated mango.

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือของนักวิจัยผู้ร่วมดำเนินงานทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของกรมวิชาการเกษตร และขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ให้คำแนะนำในการเขียนรายงานผลการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
กิตติกรรมประกาศ	5
สารบัญ	6
สารบัญตาราง	7
สารบัญภาพ	8
บทที่ 1 บทนำ	9
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	13
บทที่ 3 ผลการศึกษา	16
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	34
เอกสารอ้างอิง	36

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in central region.	17
2	Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in northeast region.	22
3	Development of postharvest technology on fruit weight (g) of irridiated mango after harvest in north region for 6 days.	27

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in central region.	17
2	Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in central region.	18
3	Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in central region.	19
4	Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in central region.	20
5	Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in central region.	21
6	Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in central region.	21
7	Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in northeast region.	22
8	Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in northeast region.	23
9	Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in northeast region.	24
10	Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in northeast region.	25
11	Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in northeast region.	26
12	Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in northeast region.	26
13	Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in north region.	27
14	Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in north region.	28
15	Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in north region.	29
16	Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in north region.	30
17	Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in north region.	31
18	Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in north region.	31

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

<u>วิสัยทัศน์</u>

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>พันธกิจ</u>

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร สู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

- ❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
  เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ
- ☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
  เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก
- ❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
  คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม
- ❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
  สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ
- ❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
  คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน
- ❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
  การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

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

โปรแกรมตามแผน ววน.	งบประมาณ (บาท)
โปรแกรม P7. โจทย์ท้าทายด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และการเกษตร	7,552,809

กรมวิชาการเกษตร

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

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 ความแข็งแรงของผนังเซลล์ส่งเสริมให้ผลมีความแน่นเนื้อและความกรอบมากขึ้นในระยะการพัฒนาของผล 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 (GA_3) 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 แคลเซียมที่ได้จากภายนอกเข้าสู่ผลได้ไม่เท่ากันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผล ชัยสิทธิ์ และคณะ (2559) พบว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมร่วมกับโบรอนอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลให้ ใบพลับระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด และได้ผลผลิตมากขึ้น

การจัดการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตผลเกษตร ผลิตผลเกษตรในกลุ่ม ผัก ผลไม้ และไม้ดอกเป็นพืชอวบน้ำ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพรวเร็วในระหว่างการเก็บเกี่ยว 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 การเก็บรักษาผลส้มที่ช่วงอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลง

กรมวิชาการเกษตร

ต่างๆของผลส้ม 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 การใช้ ไบโอชาร์ (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) รายงานว่า มะม่วงพันธุ์ B74 ของออสเตรเลียที่ผ่านการล้างทำความสะอาด หรือนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 18 องศาเซลเซียสทันที ก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา เพื่อกำจัดแมลงวันทอง จะทำให้เลนติเซลเสียหายและสีผิวเปลี่ยนไป แต่ถ้านำมาฉายรังสีทันทีโดยไม่ผ่านการล้างทำความสะอาดก่อนนำไปฉายรังสีผลมะม่วงจะไม่ได้รับความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น และในการฉายรังสีแก่ผลแอปเปิ้ลและสาลี่ทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง แต่การตอบสนองต่อปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่ละพันธุ์ (Drake *et al*., 2003)

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ส่งออกทำให้มะม่วงมีคุณภาพไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค อายุการเก็บรักษาสั้น ประเทศไทยจึงสูญเสียรายได้จากการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วง ต้องมีการจัดการระบบการผลิตตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีทำให้รักษาคุณภาพของมะม่วงจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคได้ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่ใช้ในกระบวนการลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลาง เพื่อช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศที่มีมาตรการกักกันพืชได้มูลค่าและปริมาณเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงจากมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสีในพื้นที่ปลูกเพื่อการส่งออกในแต่ละภาค

ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมเทคโนโลยีทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมาช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการฉายรังสีก่อนการส่งออก

นิยามศัพท์

นิยามศัพท์เฉพาะ เป็นการให้ความหมายคำศัพท์ ที่นำมาใช้ในการวิจัย หรือของตัวแปร ให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้อ่านงานวิจัยกับผู้วิจัย ดังนั้นคำที่ควรเขียนเป็นนิยามศัพท์เฉพาะเป็นคำที่ผู้วิจัยกล่าวถึงบ่อยครั้ง หรือคำที่มีความหมายเฉพาะ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจตรงกับผู้วิจัยว่าคำนั้นๆ หมายถึงอะไร เช่น เกษตรกร หมายถึง ผู้ที่ประกอบอาชีพในการทำนา ทำไร่ ทำสวน หรือเลี้ยงสัตว์ ในปี พ.ศ. 2554

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1.วิธีการดำเนินการวิจัย

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 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	ตามคำแนะนำเทคโนโลยี หลังการเก็บเกี่ยว
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

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

1.1 น้ำหนักผล

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักในวันเก็บเกี่ยว

1.2 การสูญเสียน้ำหนัก

นำมะม่วงมาชั่งน้ำหนักผลก่อนเก็บรักษา และในวันที่บันทึกข้อมูล จากนั้นนำน้ำหนักก่อนการเก็บรักษา และน้ำหนักในวันที่บันทึกผลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักด้วยสูตร

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

1.3 การเปลี่ยนแปลงสีผล

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

1.4 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)

กรมวิชาการเกษตร

1.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

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

1.6 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

นำน้ำคั้นจากผลมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มเข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน

นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกจากสูตร (AOAC., 1990)

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

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

1.7 ปริมาณกรดแอสคอร์บิค

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

การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิคจากมะม่วง นำน้ำคั้นมะม่วง ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดออกซาลิก ปริมาตร 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)

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

1.8 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%

1.9 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

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

❑ ไม่มี ❑ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

❑ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

❑ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 418.20 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 370.34 กรัม หลังเก็บรักษานาน 28 วัน มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น โดยกรรมวิธีตามคำแนะนำมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 7.72% ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 5.98% การเปลี่ยนแปลงสี พบว่า มะม่วงทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าความสว่างหรือ ค่า L* เท่ากับ 70.70-71.45 ส่วนค่าสีแดง หรือค่า a* และค่าสีเหลือง หรือค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา พบว่า กรรมวิธีตามคำแนะนำมีค่า a* และb* น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม ความแน่นเนื้อของมะม่วง พบว่า เมื่อนำไปเก็บรักษามะม่วงในกรรมวิธีแนะนำสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อผลได้ดี โดยหลังเก็บรักษา 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลเท่ากับ 4.45 นิวตัน ในขณะที่มะม่วงในกรรมวิธีแนะนำมีค่าความแน่นเนื้อมากถึง 6.28 นิวตัน คุณภาพทางเคมี อันได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณกรดแอสคอร์บิค หลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธี มีคุณภาพทางเคมีใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.02-16.04% ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีค่าเท่ากับ 0.18-0.20% และมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 27.57-28.38 mg/100 ml ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีที่ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลอการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาลและอาการฉ่ำน้ำ เนื่องจากการฉายรังสีได้

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 391.88 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 345.72 กรัม เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน กรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 9.12% ซึ่งมีค่ามากกว่ากรรมวิธีตามคำแนะนำเพียงเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 9.02% การเปลี่ยนแปลงสี พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L*, a* และ b* ใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีตามคำแนะนำสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ โดยมีค่าเท่ากับ 6.32 นิวตัน ในขณะที่ กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลหลังเก็บรักษา 28 วัน เพียง 4.37 นิวตัน คุณภาพทางเคมี อันได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ หลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.02-16.04% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีค่าเท่ากับ 0.18-0.20% ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีที่ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลอการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิค ชะลอการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล และอาการฉ่ำน้ำ เนื่องจากการฉายรังสีได้

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้กรรมวิธีตามคำแนะนำมีน้ำหนักผลมากถึง 340.56 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักผลเพียง 340.56 กรัม หลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ทั้งสองกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยกรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.62% ส่วนกรรมวิธีที่กรรมวิธีที่แนะนำ มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 8.39% การเปลี่ยนแปลงสี พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่า L*, a* และb* ใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีตามคำแนะนำสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ โดยมีค่าเท่ากับ 8.32 นิวตัน ในขณะที่ กรรมวิธีควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อผลหลังเก็บรักษา 28 วัน เพียง 6.86 นิวตัน คุณภาพทางเคมี อันได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณกรดแอสคอร์บิค หลังเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่า ทั้ง 2 กรรมวิธี มีคุณภาพทางเคมีใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.90-17.14% ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีค่าเท่ากับ 0.24-0.30% และมีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 36.28-36.32 mg/100 ml ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีที่ใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำสามารถชะลอการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล และอาการฉ่ำน้ำ เนื่องจากการฉายรังสีได้

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

กรมวิชาการเกษตร

T-Test	*
C.V.	28.34

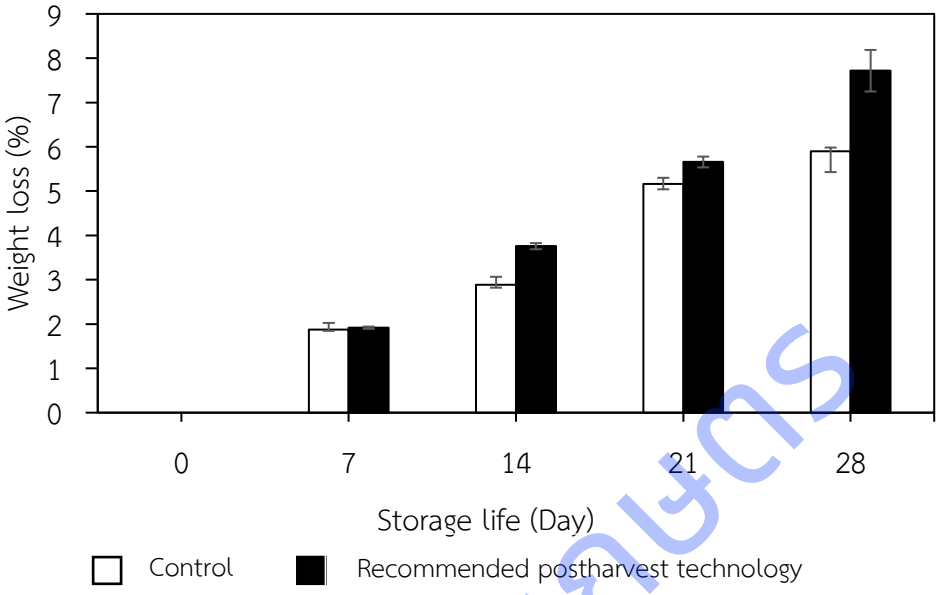


Figure 1 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in central region.

กรมวิชาการเกษตร

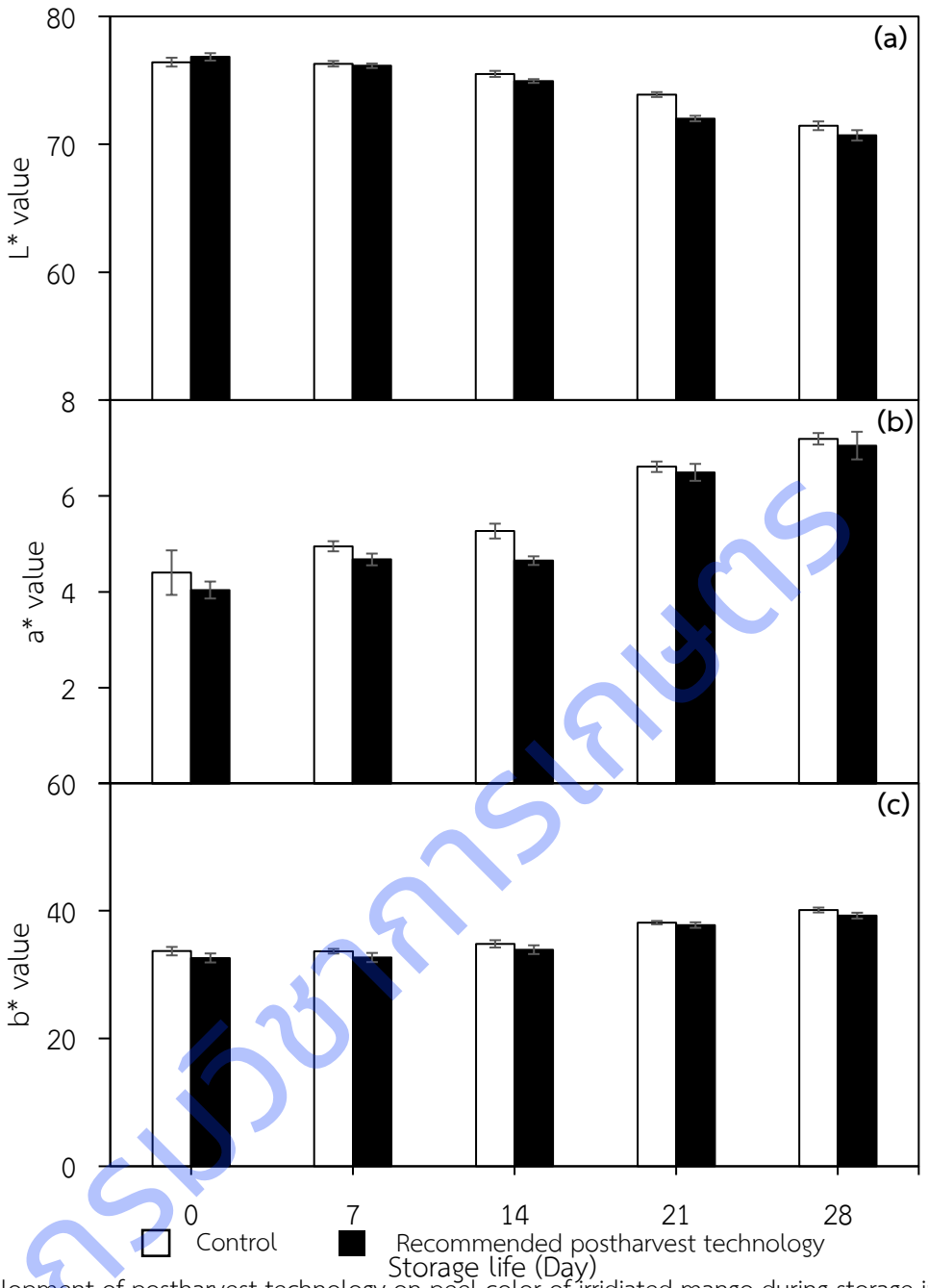


Figure 2 Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

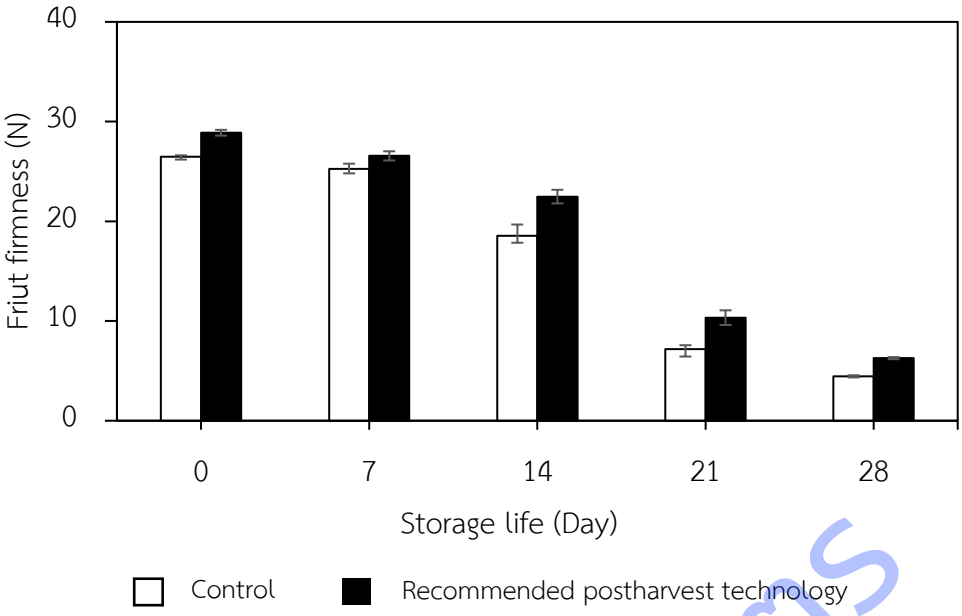


Figure 3 Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

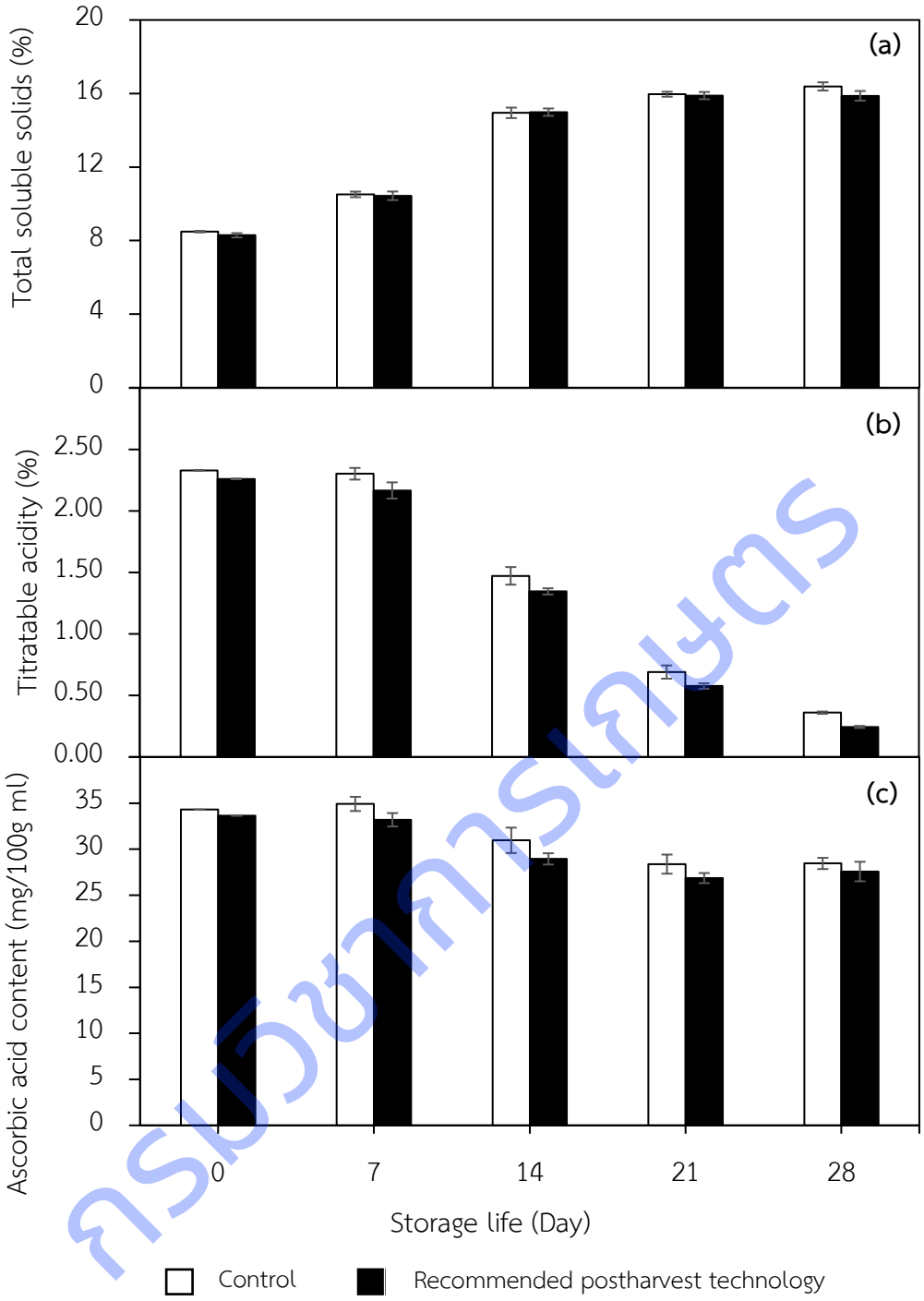


Figure 4

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

กรมวิชาการเกษตร

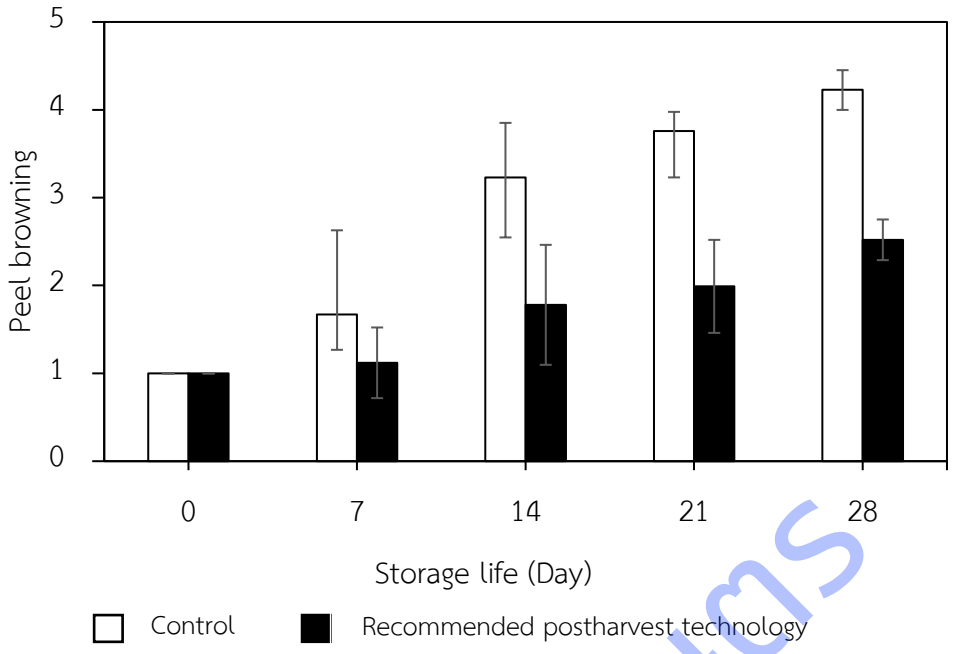


Figure 5 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in central region.

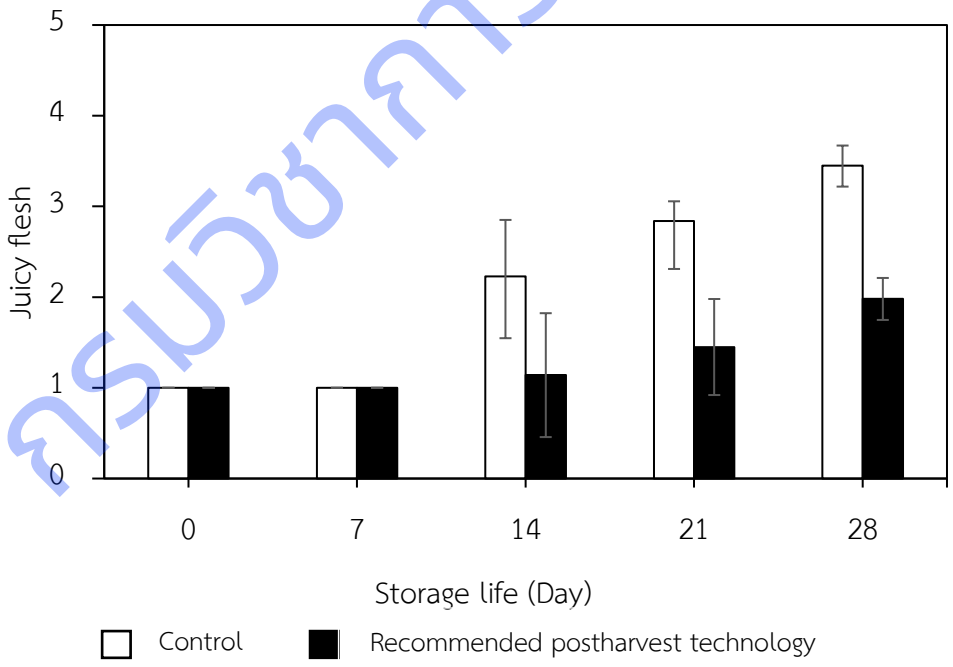


Figure 6 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in central region.

กรมวิชาการเกษตร

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

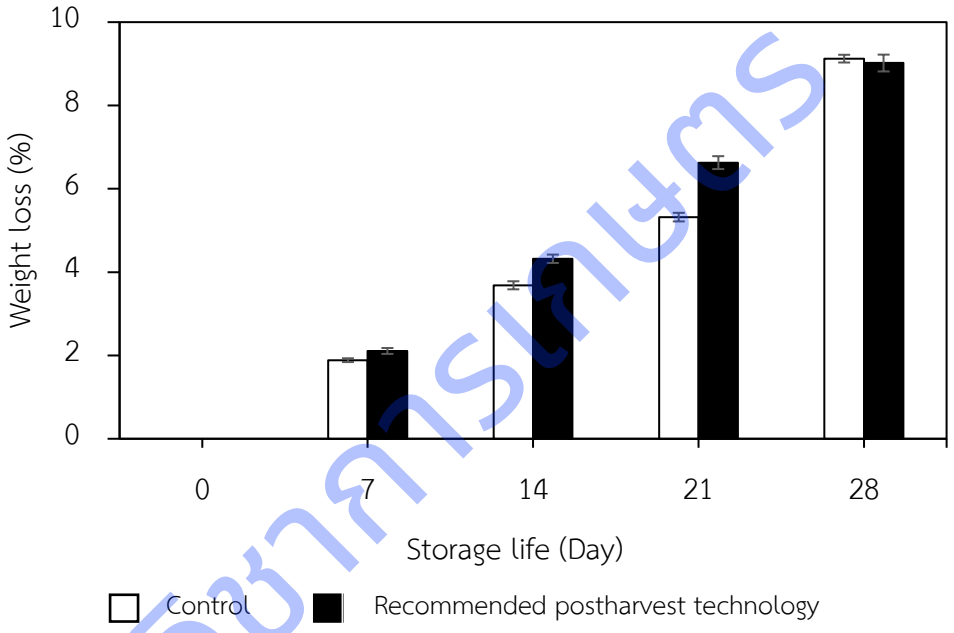


Figure 7 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร

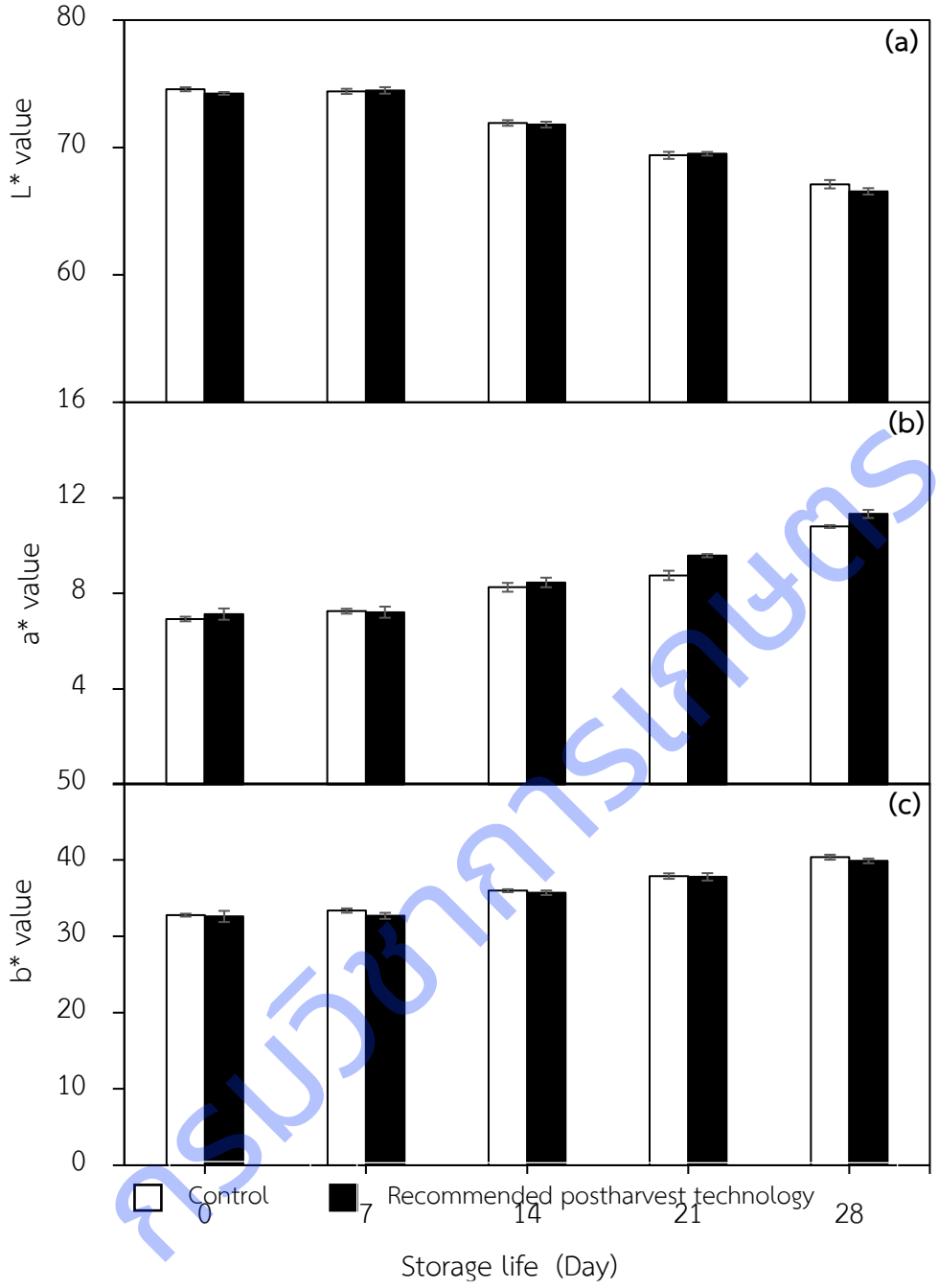


Figure 8

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

กรมวิทยาศาสตร์

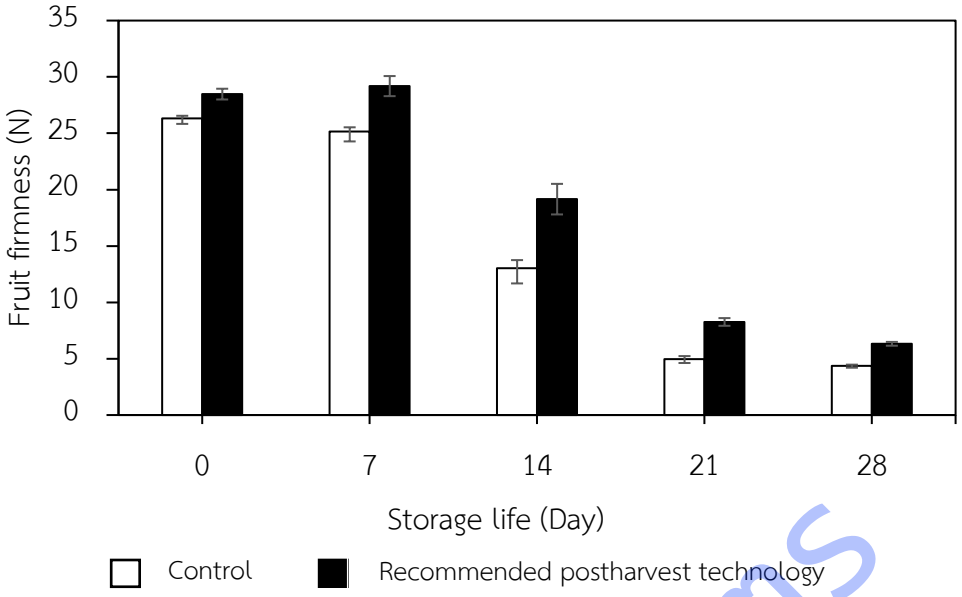
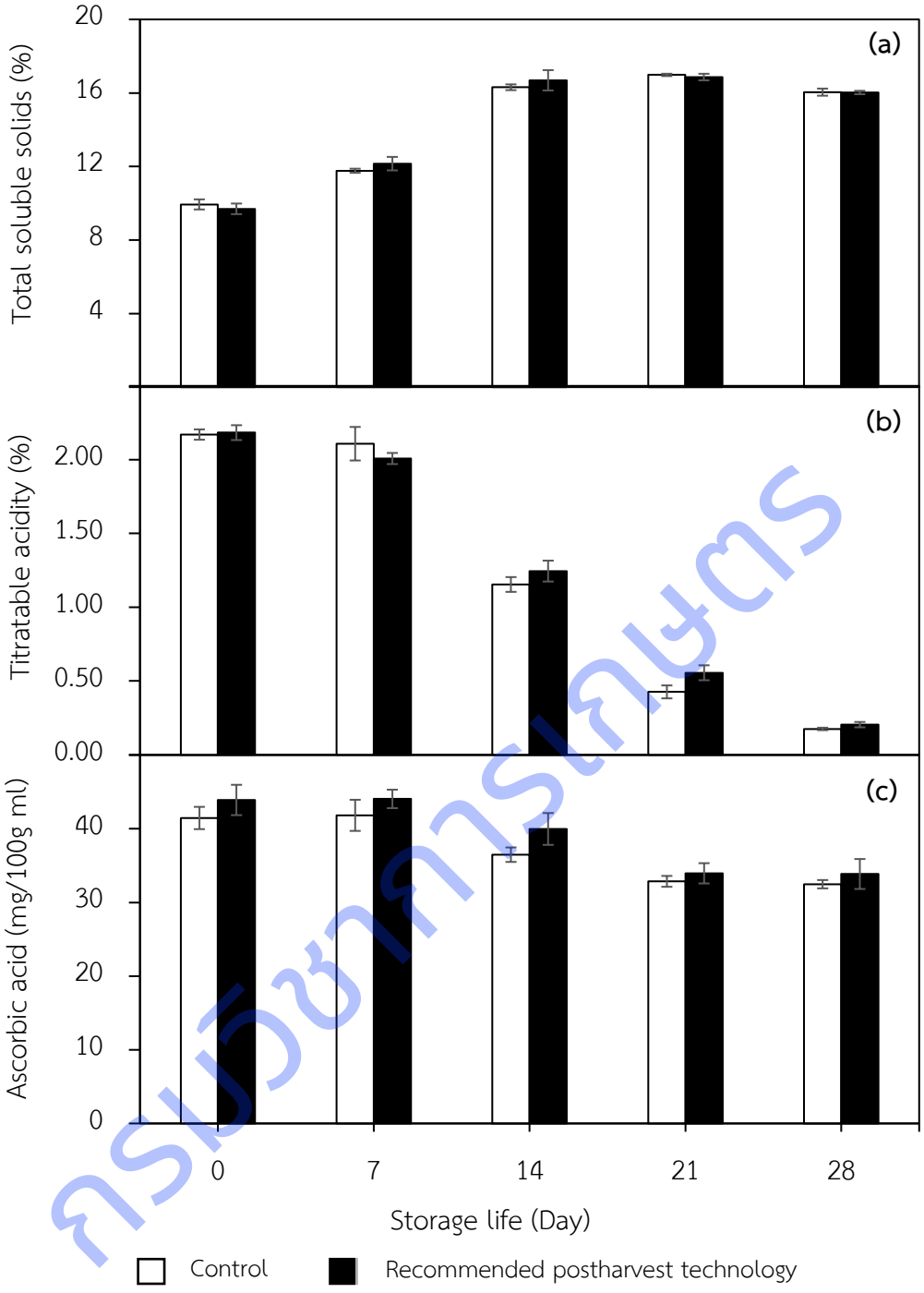


Figure 9 Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in northeast region.

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

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

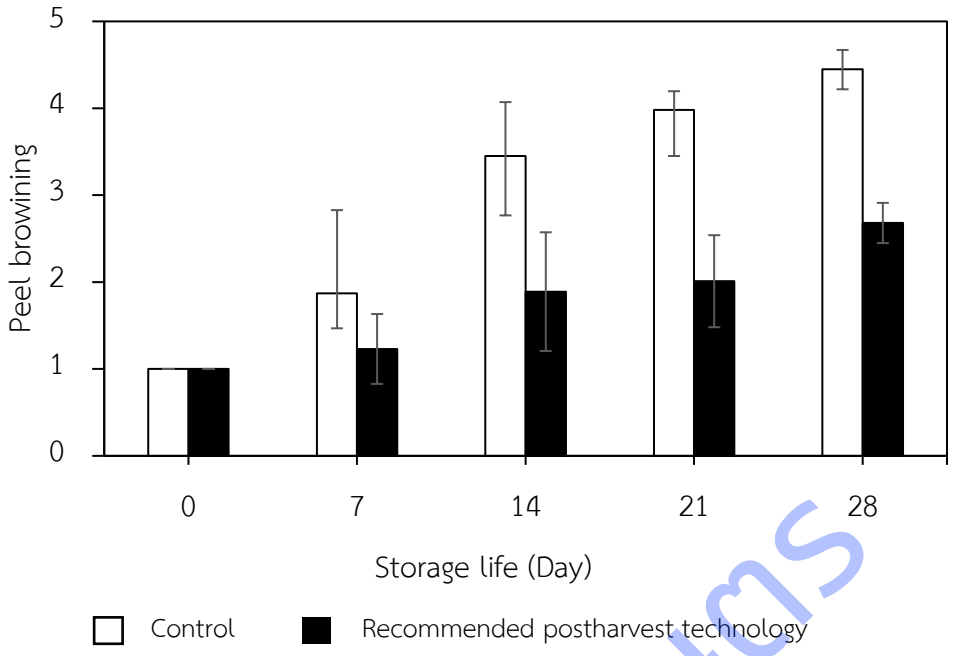


Figure 11 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in northeast region.

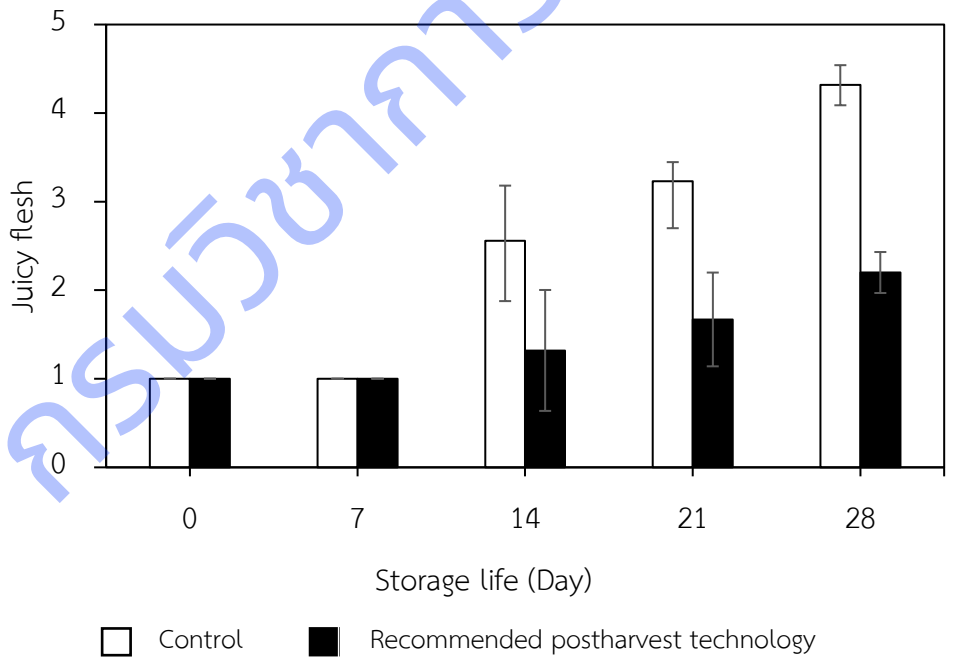


Figure 12 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in northeast region.

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

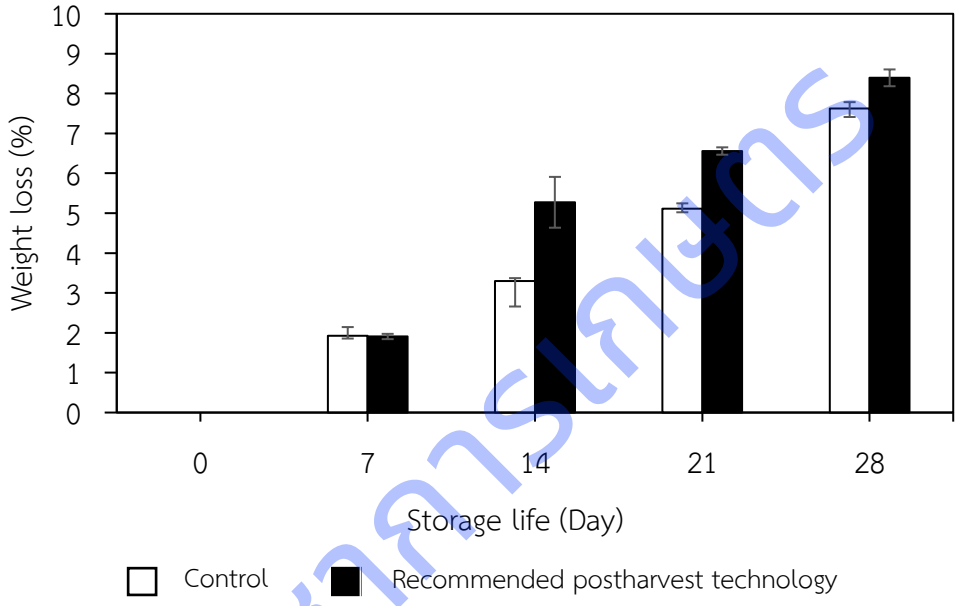


Figure 13 Development of postharvest technology on weight loss (%) of irridiated mango after harvest in north region.

กรมวิชาการเกษตร

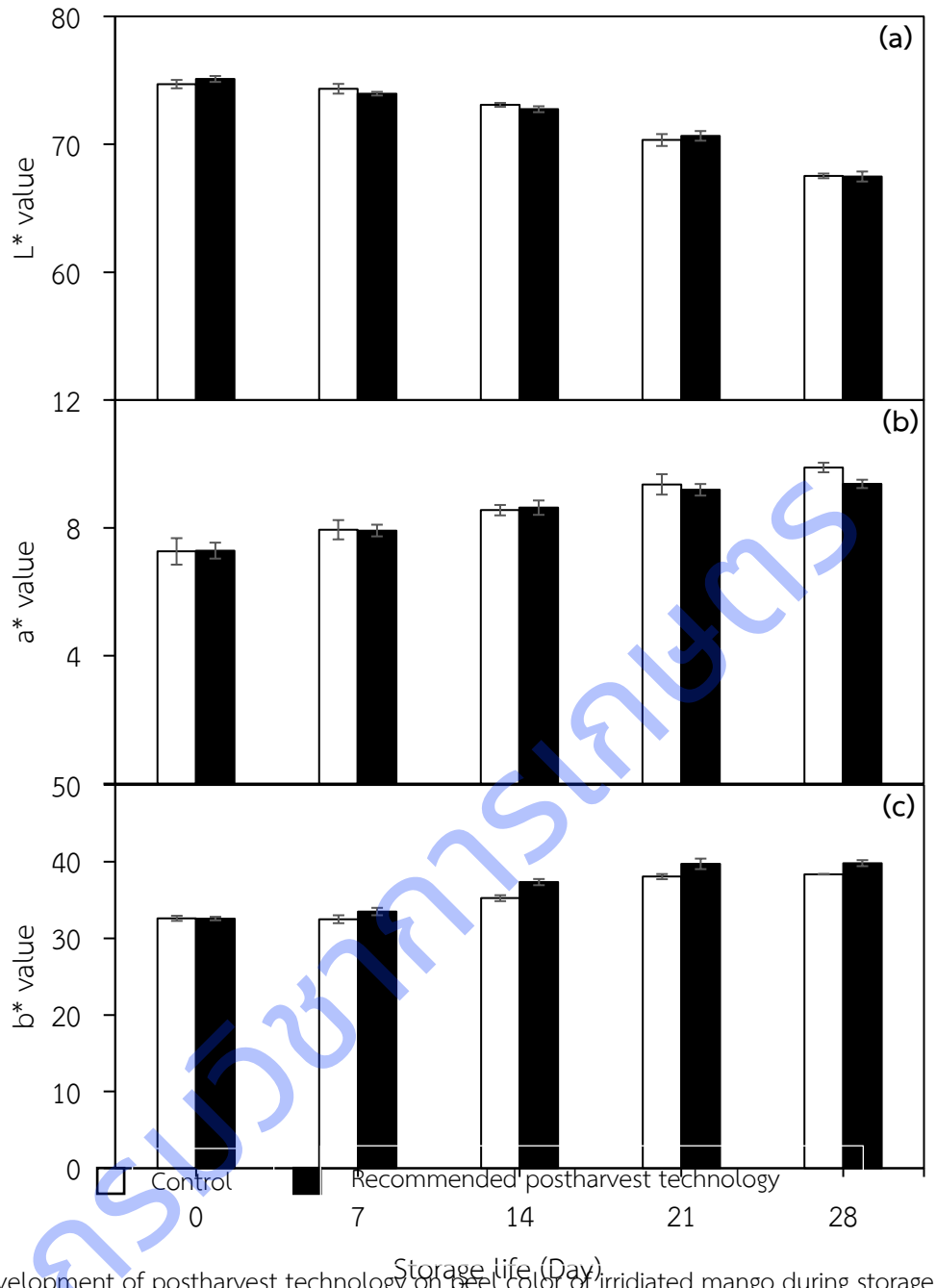


Figure 14 Development of postharvest technology on peel color of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

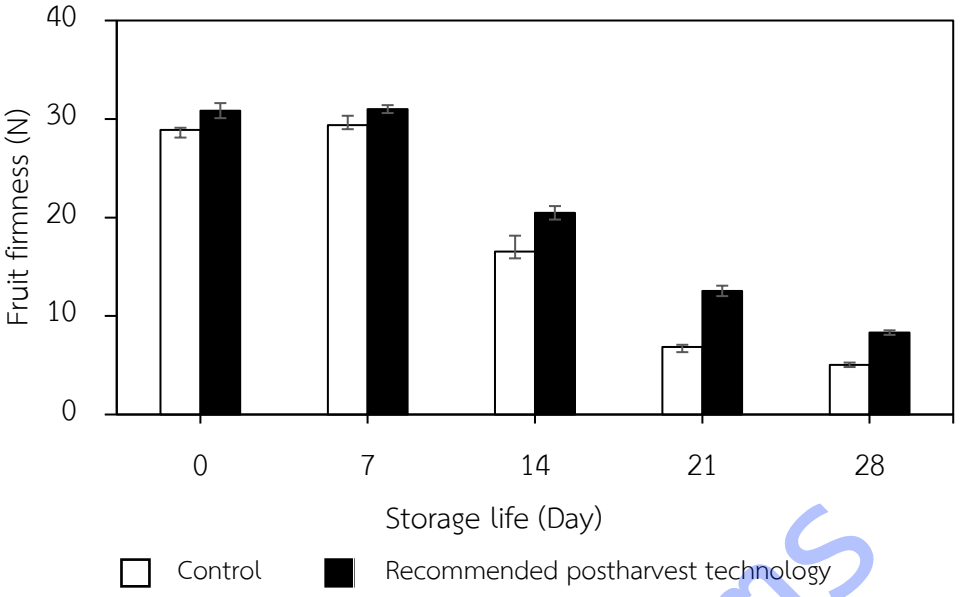


Figure 15 Development of postharvest technology on fruit firmness of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

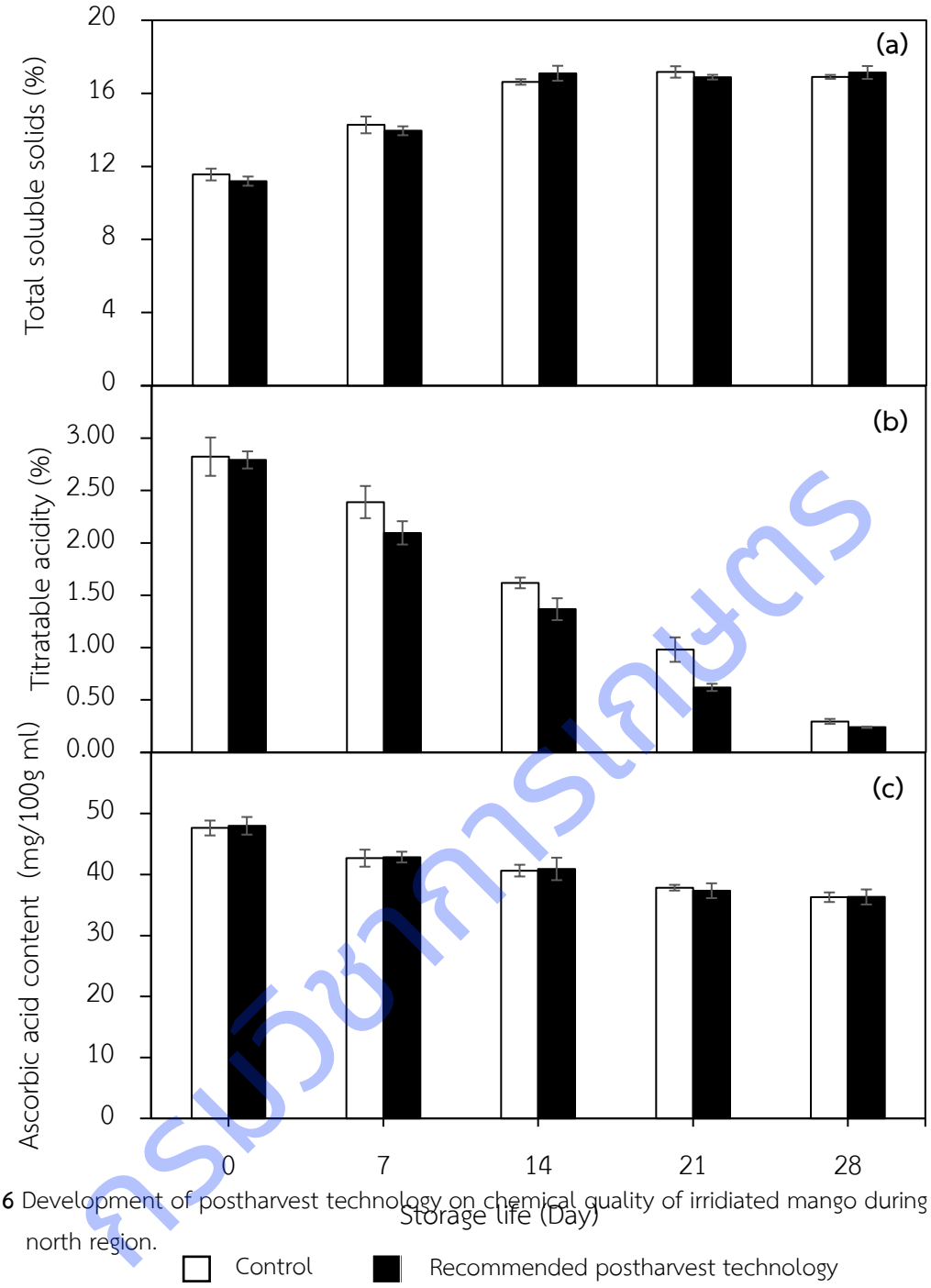


Figure 16 Development of postharvest technology on chemical quality of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

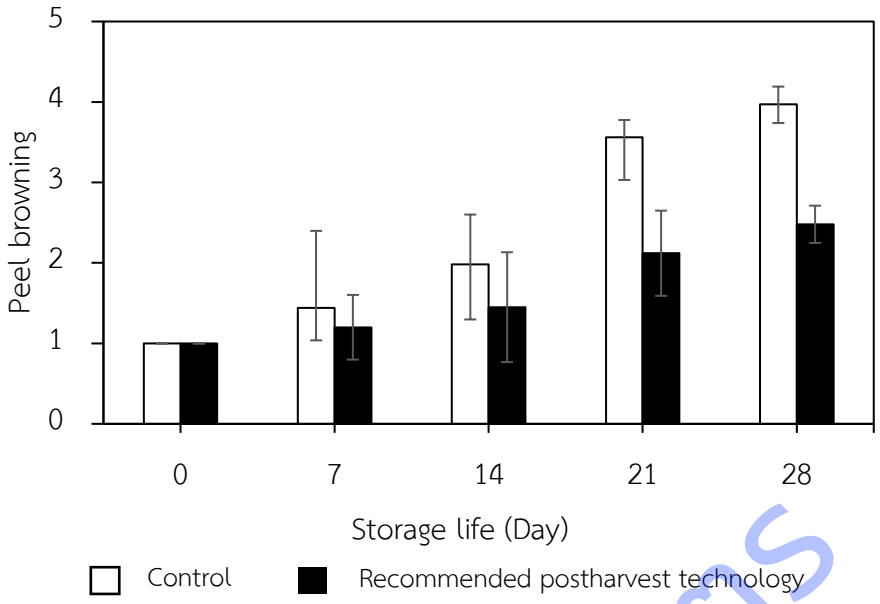


Figure 17 Development of postharvest technology on peel browning of irridiated mango during storage in north region.

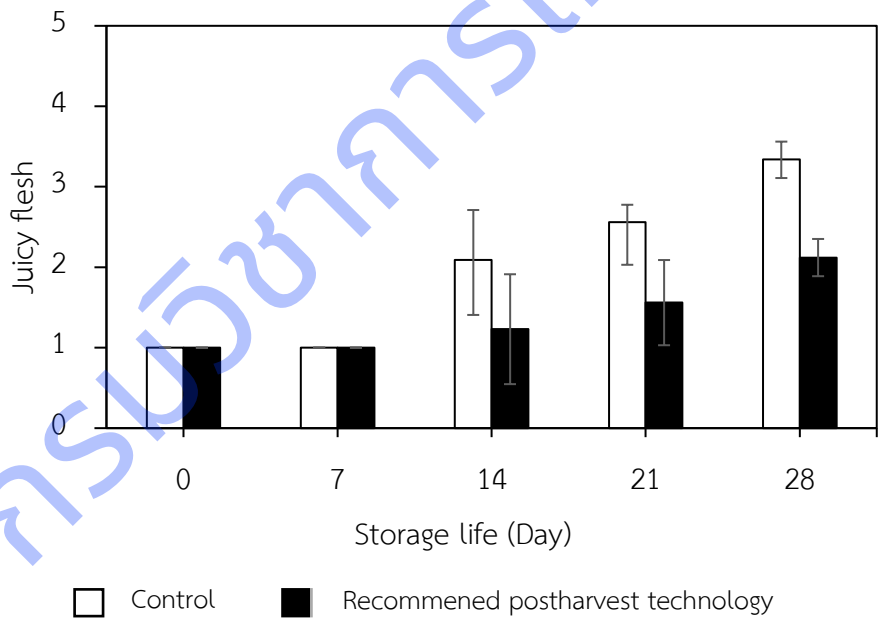


Figure 18 Development of postharvest technology on juicy flesh of irridiated mango during storage in north region.

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	3	เรื่อง	**1. องค์ความรู้**	3	เรื่อง	เรื่องที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง เรื่องที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรื่องที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคเหนือ	
2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์			**2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์**				
2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ	2.1 ระดับภาคสนาม	-	ต้นแบบ		
2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	2.2 ระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	ต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสี	

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร	2566
ถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงส่งออกและผู้ส่งออก	2566

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

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ :	
ด้านสังคม :	
ด้านสิ่งแวดล้อม :	

กรมวิชาการเกษตร

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

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

.....

.....

ด้านนโยบาย โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านสังคม โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านเศรษฐกิจ โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านวิชาการ โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผล

การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ โดยมีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ระบบการจัดการผลิต การให้แคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง การจุ่มน้ำร้อน การใช้สารดูดซับเอทิลีนในระหว่างการขนส่ง สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของมะม่วงที่จำเป็นต้องผ่านมาตรการกักกันพืชด้วยวิธีการฉายรังสี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีปัจจุบันที่เกษตรกรและผู้ส่งออกใช้

อภิปรายผล

การนำเทคโนโลยีตามคำแนะนำด้วยการใช้แคลเซียมโบรอน สามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพได้ โดยแคลเซียมจะไปยึดเกาะโมเลกุลของเพคติน ที่กลุ่มคาร์บอคซิลิก ที่ว่างอยู่ ทำให้ไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความอ่อนนุ่ม เช่น เอนไซม์ polygalacturonase และ pectinesterase (Dong *et al*., 2009) pectate lyase (Ortiz *et al*., 2011) เป็นต้น ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพคติน (pectin) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และละลายน้ำได้น้อยให้มีโมเลกุลขนาดเล็กและละลายน้ำได้มาก ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์พืชยังคงความแข็งแรง นอกจากนี้ การให้แคลเซียมโบรอนส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก (Muengkaew *et al*., 2018) จึงส่งผลให้ มะม่วงที่ได้รับแคลเซียมก่อนนำไปฉายรังสี และนำมาเก็บรักษานาน 28 วัน สามารถชะลอการลดงของค่าความแน่นเนื้อได้ ทั้งยังลดการเกิดอาการเปลือกสีน้ำตาล และอาการฉ่ำน้ำ โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีอีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Hussain *et al*. (2012) และการทดลองของ Hassanein *et al*. (2018) ที่พบว่า การให้แคลเซียมแก่ผลแอปเปิ้ล และฝรั่ง ก่อนนำไปฉายรังสีแกรมมา สามารถลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตผลได้

กรมวิชาการเกษตร

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

ขยายผลสู่เกษตรกรในพื้นที่การปลูกแปลงใหญ่และผู้ประกอบการส่งออกมะม่วงต่อไป

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

ไม่มี

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

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.

Dong, T., R. Xia, Z. Xiao, P. Wang, and W. Song. 2009. **Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fibre, hydrolases and ultrastructure in 'Cara Cara'navel orange (Citrus sinensis L. Osbeck) fruit.** Scientia horticulturae 121(3): 272-277.

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.

Hassanein, R. A., E. A. Salem, and A. A. Zahran. 2018. **Efficacy of coupling gamma irradiation with calcium chloride and lemongrass oil in maintaining guava fruit quality and inhibiting fungal growth during cold storage.** Folia Horticulturae 30(1): 67-78.

Hussain, P. R., R. S. Meena, M. A. Dar, and A. M. Wani. 2012. **Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple.** Journal of food science and technology 49(4): 415-426.

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.

กรมวิชาการเกษตร

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.

Muengkaew, R., K. Whangchai, and P. Chaiprasart. 2018. **Application of calcium–boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.).** Horticulture, Environment, and Biotechnology 59(4): 537-546.

Ortiza, A., J. Graellb, and I. Laraa. 2011. **Pre harvest calcium applications inhibit some cell wall - modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples.** Postharvest Biology and Technology 62(2): 161–167.

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 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