

ผลของการฉายรังสี UV-C ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและควบคุมโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระหว่างการเก็บรักษา

Effects of UV-C irradiation on the quality changes and disease control of 'Nam Dok Mai Sithong' mangoes during storage

ณัฐกานต์ พรณขาม¹, สุวิตา แสไพศาล² และ ศุภัชญา นามพิลา^{1*}

Nattakan Phannakham¹, Suwita Saepaisan² and Supatchaya Nampila^{1*}

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

² ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

² Department of Entomology and Plant pathology, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

บทคัดย่อ: มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย การส่งออกของมะม่วงมักพบปัญหาด้านการสูญเสียคุณภาพ การเข้าทำลายของโรคและแมลง โดยการฉายรังสี UV-C สามารถชะลอการเสื่อมสภาพและควบคุมการเกิดโรคในผลไม้หลายชนิด รวมไปถึงมะม่วง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและควบคุมโรคของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 °C) โดยวางแผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 0 (control), 2.47, 4.93 และ 7.37 KJ/m² โดยดำเนินการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนส (*Colletotrichum gloeosporioides*) ในผลมะม่วง จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 °C) บันทึกผลการทดลองโดยเก็บข้อมูลทุก 3 วัน พบว่า รังสี UV-C ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ค่าสีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของเปลือก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษานาน 12 วัน ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองลดลง โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีค่า L* สูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสีทุกระดับภายหลังการเก็บรักษาที่ 3, 9 และ 12 วัน เท่ากับ 73.99, 68.33 และ 67.63 ตามลำดับ นอกจากนี้กรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีการเข้าทำลายและการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคแอนแทรกโนส อยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับ 3.2 ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ทั้ง 3 ระดับ สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บรักษาที่ 12 วัน

คำสำคัญ: รังสี UV-C; โรคแอนแทรกโนส; การส่งออก

ABSTRACT: Mango is an economically important fruit in Thailand. Exported mangoes often face some problems with loss of quality, disease, and insect infestation. By irradiating UV-C rays, it can delay deterioration and control disease in many types of fruits including mango. The objective of this study was to determine the effect of UV-C irradiation on the changes of quality and disease control of 'Nam Dok Mai SiThong' mango during storage at room temperature (25 ± 2 °C) by using a completely randomized design (CRD), which consists of 4 treatments: UV-C irradiation at doses of 0 (control), 2.47, 4.93 and 7.37 KJ/m². The experiment was done by growing the fungus that causes anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) on the peels of mango fruit. Then stored at room temperature (25 ± 2 °C). The results were recorded every 3 days. It was found that UV-C radiation had no effect on the percentage

* Corresponding author: rumpna@kku.ac.th

Received: date; March 27, 2023 Revised: date; December 28, 2023

Accepted: date; February 12, 2024 Published: date; April 19, 2024

of weight loss, firmness, green value (a*), yellow value (b*) of the peel, total soluble solids, titratable acidity, and vitamin C content of 'Nam Dok Mai SiThong' mangoes during 12 days of storage, while the brightness value (L*) of 'Nam Dok Mai SiThong' mango peels decreased. Without UV-C irradiation treatment, it had a higher L* value than UV-C treated at all levels after 3, 9, and 12 days of storage; with the values of 73.99, 68.33, and 67.63, respectively. In addition, without UV-C irradiation treatment was infestation and growth of the fungus *C. gloeosporioides* cause of anthracnose, with the level of 3.2, while all three levels of UV-C irradiation were able to control the growth of the anthracnose fungus in 'Nam Dok Mai SiThong' mangoes after stored at 12 days.

Keyword: UV-C radiation; anthracnose; exports

บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นพืชในวงศ์ Anacardiaceae เป็นไม้ผลเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ที่มีการปลูกเลี้ยงมากกว่า 100 ประเทศทั่วโลก โดยประเทศอินเดียเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก รองลงมา คือ จีน ไทย อินโดนีเซีย และเม็กซิโก (ทวิศักดิ์ และ วรางคณา, 2561) มะม่วงมีความหลากหลายทางสายพันธุ์อย่างมาก ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งรูปร่าง ขนาด น้ำหนัก เนื้อสัมผัส รสชาติ สีผิว และกลิ่น ในประเทศไทยมะม่วงจัดเป็นไม้ผลที่นิยมปลูกกันมากที่สุด ในปี 2561 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 2.8 ล้านไร่ โดยพันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ ไม้หยาซน และโชคอนันต์ (ทวิศักดิ์ และ วรางคณา, 2561) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ อ.บ้านแฮด จ.ขอนแก่น มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น โดยในปี 2564 มีพื้นที่ปลูก 1,590 ไร่ จากการสำรวจสถานการณ์การผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมะม่วงบ้านแฮดเพื่อการส่งออก พบว่าในปี 2564 เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสุทธิ (กำไร) เฉลี่ย 7,774 บาท/ไร่/ปี (ศิริพร, 2564) มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี มีสารประกอบสำคัญหลายชนิด และมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม มะม่วงสามารถสูญเสียลักษณะเหล่านี้ได้ หากมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมหรือเก็บรักษาไว้นานเกินไป ส่งผลให้มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ความแน่นเนื้อ สีของผล หรืออาจมีการเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งโรคที่สำคัญ ได้แก่ โรคแอนแทรคโนสในมะม่วง ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (*C. gloeosporioides*) (Mansour et al., 2006; Le et al., 2010; Dessalegn et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลที่ส่งผลต่อรสชาติและกลิ่นของมะม่วง ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลและกรดในมะม่วง ได้แก่ สายพันธุ์ ระยะการเก็บเกี่ยว รวมไปถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย วิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างขนส่งนิยมเก็บผลผลิตไว้ในสภาพแวดล้อมที่เย็นและ/หรือเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีต่ำ แต่มักจะพบปัญหาอาการแช่เย็น (Chilling injury) นอกจากนี้ยังพบปัญหาในการส่งออกที่สำคัญนั่นคือ การเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค ซึ่งวิธีที่ใช้ในการควบคุมโรค ได้แก่ การบำบัดด้วยการใช้ไอน้ำร้อน (Vapour heat treatment: VHT) การบำบัดด้วยน้ำร้อน (Hot water treatment: HWT) (Anwar and Malik, 2007) และการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet: UV-C) (Safitri et al., 2015)

ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้รังสี UV-C ในการควบคุมคุณภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากการใช้รังสี UV-C ที่ระดับความเข้มข้นสูง (ความเข้มข้น 4.93-11.7 KJ/m²) (González-Aguilar et al., 2001; Safitri et al., 2015; Pristijono et al., 2018) ส่งผลให้เกิดการทำลายของเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นการใช้รังสี UV-C ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจะช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่พืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของพืช มีรายงานว่า การฉายรังสี UV-C ช่วยลดการย่อยสลายของคลอโรฟิลล์ในมะเขือเทศได้ (Stevens et al., 1998) และในกรณีของบล็อกโคลี่ การฉายรังสี UV-C ที่มีความเข้มข้น 10 KJ/m² ส่งผลให้ระดับของคลอโรฟิลล์ในหัวบล็อกโคลี่สูงขึ้น (Costa et al., 2006) นอกจากนี้ รังสี UV-C สามารถชะลอการอ่อนนุ่มของไม้ผลหลายชนิด เช่น การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 1-4.1 KJ/m² ในสตรอเบอร์รี่ได้ (Baka et al., 1999; Pan et al., 2004) และฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 3.6 และ 7 KJ/m² ในมะเขือเทศ (Maharaj et al., 1999) และพริกไทย (Vicenta et al., 2005) ตามลำดับ จากการศึกษา González-Aguilar et al. (2001) พบว่าในมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีที่ความเข้มข้น 4.93 KJ/m² ส่งผลให้มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักต่ำ และความแน่นเนื้อสูงกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี ในขณะที่การฉายรังสีที่ความเข้มข้น 9.86 KJ/m² ส่งผลให้มะม่วงได้รับความเสียหาย ซึ่งปรากฏรอยไหม้สีน้ำตาลบนเปลือกมะม่วงพันธุ์ 'Tommy Akin' Civello et al. (2006) กล่าวว่าการฉายรังสี UV-C สามารถ

รักษาระดับของวิตามินหรือลดการสูญเสียวิตามินซีได้ในระหว่างการเก็บรักษา มีรายงานว่า ในบล็อกโคลิและบอยเซ็นเบอร์รี่ (*Rubus ursinus* x *R. idaeus*) ที่ได้รับการฉายรังสี UV-C ช่วยรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าผลผลิตที่ไม่ได้ฉายรังสี (Vicente et al., 2004; Costa et al., 2006) ในลูกพีช การฉายรังสี UV-C ที่ความเข้มข้นในระดับต่างๆ 1.5-2 KJ/m² ช่วยลดอาการ สะท้อนหนาว การอ่อนตัวของผนังเซลล์ และกระตุ้นการสลายตัวของเชื้อรา ในขณะที่การฉายรังสีที่ความเข้มข้นสูง 5 KJ/m² กลับส่งผล ให้ผิวเป็นสีน้ำตาล (González-Aguilar et al., 2004) อย่างไรก็ตามแม้จะมีการศึกษาในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งพบว่า การใช้รังสี UV-C ที่มีความเข้มข้น 4.93 KJ/m² ช่วยลดอัตราการหายใจในมะม่วงได้ แต่กลับส่งผลให้เกิดลักษณะไม่พึงประสงค์ของสีเปลือกเกิดรอยไหม้ สีน้ำตาลมากกว่าไม่ฉายรังสี (Safitri et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่า การฉายรังสี UV-C สามารถควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อ สาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ จากการศึกษาของ Cia et al. (2007) ทำการฉายรังสี UV-C ลงบนงานเพาะเลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคที่ เจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) พบว่าการฉายรังสี UV-C ที่ความเข้มข้น 0.4-2.4 KJ/m² มีผลยับยั้งการ เจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ และในมะม่วงพันธุ์ 'Haden' ที่ได้รับการฉายรังสีที่ระดับความเข้มข้น 2.47 และ 4.93 KJ/m² สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่ามะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (González-Aguilar et al., 2007) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของปริมาณรังสี UV-C ที่เหมาะสมในมะม่วงที่ได้รับการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง รวมไปถึงการ ยืดอายุการเก็บรักษาสำหรับการส่งออกต่อไป

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล ได้แก่ 1) ไม่ฉายรังสี UV-C (control) และ ฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 2.47 KJ/m², 4.93 KJ/m² และ 7.37 KJ/m² ตามลำดับ

การแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยวิธี Tissue transplanting และการทดสอบการเกิดโรค

นำตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนสจำนวน 5 ผล จากสวนเกษตรกร อำเภอบ้านแฮด จังหวัด ขอนแก่น ศึกษาลักษณะอาการโรคที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการราวิทยา สาขาชีววิทยาและโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำการแยกเชื้อสาเหตุโรคจากตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยวิธี Tissue transplanting โดยตัดเนื้อเยื่อ บริเวณที่แสดงอาการโรค ขนาด 0.5 X 0.5 ซม. และนำชิ้นเนื้อเยื่อที่ได้มาวางลงบนอาหาร Water Agar (WA) จำนวน 4 ชิ้น/จานอาหาร เลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นย้ายปลายเส้นใยที่เจริญจากชิ้นเนื้อเยื่อมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ โดยศึกษาลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* มีลักษณะรูปทรงกระบอก หัวท้ายมน เซลล์เดี่ยว ลักษณะใส (ไม่มีสี) จากนั้นย้ายเชื้อบริสุทธิ์มาเลี้ยงในอาหาร PDA slant และบ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C เป็นเวลา 7 วัน ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อเป็น stock สำหรับ นำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยวิธี detached fruit technique โดยนำมะม่วง น้ำดอกไม้สีทองระยะสุกแก่ที่มีอายุ 100 วันหลังดอกบาน ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 1 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำผสมโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 30 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที ทิ้งไว้ให้แห้ง ทำแผลบนผิวมะม่วงที่ทำ ความสะอาดแล้วด้วยมีดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยแผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ทำแผลบนผิวมะม่วงจำนวน 2 แผล/1 ผล มี ระยะห่างจากขั้วและปลายผลฝั่งละ 2 ซม. ทำการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะขึ้นรู้นบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา ย้ายขึ้นรู้นลงบนผิวมะม่วงที่ได้ทำแผลแล้ว จากนั้นนำมะม่วงที่มีขึ้นรู้นไปบ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C เป็นเวลา 7 วัน โดยมีการควบคุมความชื้นให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90%) ศึกษา ลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

การคัดเลือกมะม่วงสำหรับการปลูกเชื้อ

เก็บผลิตผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีอายุ 100 วันหลังดอกบาน ไม่มีตำหนิและร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง มีขนาดผลใกล้เคียงกัน

การปลูกเชื้อ *C. gloeosporioides*

ปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะขึ้นรู้นบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อรา ย้ายขึ้นรู้นลงบนผิวมะม่วงที่ได้ทำแผลแล้ว จากนั้นนำมะม่วงที่มีขึ้นรู้นไปบ่มที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เมื่อครบระยะเวลาในการบ่มเชื้อ นำขึ้นรู้นออกจากมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและศึกษาลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

การฉายรังสี UV-C

นำผลมะม่วงที่มีการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* ไปวางในตู้ฉายรังสี UV-C chamber ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 50 x 250 x 100 ซม. ภายในตู้ประกอบไปด้วย หลอดรังสี UV-C (Sylvania Ultraviolet G8W 210-250 nm) โดยวางมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มียาระยะห่างจากหลอดรังสี UV-C 25 ซม. (Allende et al., 2006) ทั้งข้างบนและล่าง ใช้หลอดรังสี UV-C จำนวน 10 หลอด ติดไว้ข้างบนและล่างอย่างละ 5 หลอด ซึ่งหลอดรังสี UV-C มีความเข้มแสงเฉลี่ย เท่ากับ 0.47 mW/cm^2 (ปริมาณรังสีวัดโดยเครื่อง UV light meter: YK-37UVSD) ฉายรังสีเป็นระยะเวลา 0, 5, 10 และ 15 นาที เพื่อให้ได้ปริมาณรังสี UV-C ตามกรรมวิธีต่าง คือ 0, 2.47, 4.93 และ 7.37 KJ/m^2 ตามลำดับ (Figure 1) จากนั้นนำมะม่วงเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงต่อไป

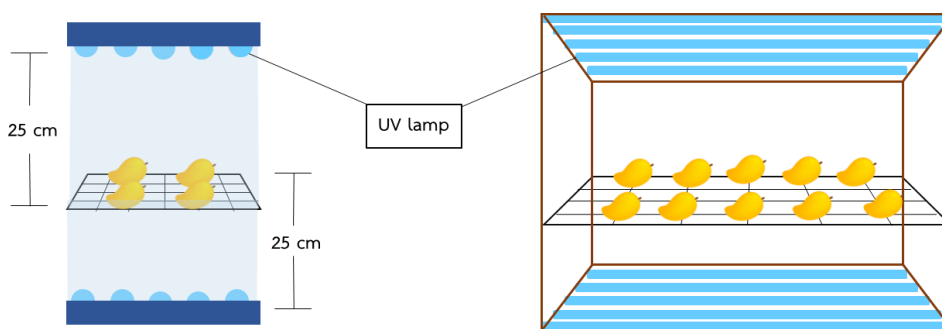


Figure 1 Modelling of UV-C irradiation chamber in ‘Nam Dok Mai Sithong’ mangoes.

การเก็บรักษาและบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองโดยการเก็บข้อมูลทุก 3 วัน (0, 3, 6, 9 และ 12 วัน) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 °C) ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90%

บันทึกผลการทดลอง

คุณภาพทางกายภาพของมะม่วง

1. การสูญเสียน้ำหนัก โดยวิธีการชั่งน้ำหนักผลมะม่วงทุก 3 วัน ระยะเวลา 12 วัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}} \times 100$$

2. การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมะม่วง ระบบ L^* , a^* และ b^* โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพสี Hunter Lab MiniScan EZ 1043 รุ่น MSEZ-4500L ผลิตภัณฑ์สหรัฐอเมริกา โดยวัดกระจายตำแหน่งรอบผลมะม่วงจำนวน 3 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

ค่าความสว่าง (ค่า L^* มีค่า 0-100)

ค่าความเป็นสีแดง (ค่า $+a^*$) หรือเขียว (ค่า $-a^*$)

ค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า $+b^*$) หรือน้ำเงิน (ค่า $-b^*$)

3. ความแน่นเนื้อ (N/cm^2) โดยใช้เครื่อง penetrometer (Daiichi-FG 520K, Japan) ขนาดตัวเครื่อง $227 \times 83 \times 39$ มม. ขนาดหัวเจาะ 6.3 มม. วัดด้านข้างของผล ระยะห่างจากขั้ว 2-3 ซม. จากนั้นเดือนเปลือกมะม่วงนำดอกไม้สีทองออกและวัดที่เนื้อผลโดยตรง

4. ประเมินความรุนแรงโดยการการเข้าทำลายของแอนแทรคโนส มี 5 ระดับ (Figure 2) โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินซึ่งได้รับการฝึกฝนทักษะและทำความเข้าใจเกณฑ์เป็นอย่างดี โดยดัดแปลงจาก Munirah et al. (2017) ดังนี้

ระดับ 0 ไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อแอนแทรคโนส

ระดับ 1 มีการเข้าทำลายของเชื้อแอนแทรคโนส 1-25%

ระดับ 2 มีการเข้าทำลายของเชื้อแอนแทรคโนส 26-50%

ระดับ 3 มีการเข้าทำลายของเชื้อแอนแทรคโนส 51-75%

ระดับ 4 มีการเข้าทำลายของเชื้อแอนแทรคโนสมากกว่า 76%



Figure 2 Evaluation of anthracnose infection in 'Nam Dok Mai Sithong' mangoes.

Source: Modified from Munirah et al. (2017)

คุณภาพทางเคมีของน้ำคั้นจากมะม่วง

1. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (%) Titratable acidity: TA นำส่วนของเนื้อผลตามกรรมวิธีต่างๆ มาคั้นน้ำ จากนั้นนำไปหาปริมาณกรด โดยการนำน้ำคั้น 5 มล. ไทเทรตกับสารละลายต่างมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N และใช้ฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1% จำนวน 1-2 หยดเพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นคำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก (Pristijono et al., 2018) โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้} = \frac{(N \text{ base}) \times (\text{ml. base}) \times \text{meq. wt. ของกรดซิตริก} \times 100}{\text{ปริมาณของน้ำคั้นที่ใช้ (มล.)}}$$

N base = ความเข้มข้น (normality) ของสารละลายต่างมาตรฐาน

ml. base = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ไทเทรต

meq. wt. ของกรดซิตริก = 0.06404

2. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%) (Total soluble solids; TSS) โดยการนำน้ำคั้นจากส่วนของเนื้อผลจากชุดเดียวกันกับที่ใช้หาปริมาณกรด มาวัดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Digital Hand-held Pocket Refractometer PAL-1 (ATAGO, PAL-1, Japan)

3. ปริมาณวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid; AA) ดัดแปลงตามวิธีการของ วีระ และวุฒิชัย (2546) โดยทำการชั่งเนื้อมะม่วงปริมาณ 3.33 กรัมที่ได้จากการหั่นเนื้อผลเป็นลูกเต๋ารูปขนาด 0.5 x 0.5 มม. ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 100 มล. และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง watman เบอร์ 1 ตูดสารละลายที่ได้จากการกรอง 1 มล. ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 2 มล. และเขย่าด้วยเครื่องเขย่า vortex จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Shimadzu, UV-1280, Japan)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

จากการศึกษาผลของการฉายรังสี UV-C ต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพิ่มขึ้นและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 3A) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจ กล่าวคือมะม่วงจัดเป็น climacteric fruit จึงมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในระหว่างการสุก ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักเกี่ยวข้องกับการคายน้ำและอัตราการหายใจของผลผลิต เมื่อผลผลิตมีอัตราการหายใจที่สูงขึ้น จะมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมามากขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำภายในผลผลิต ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Pristijono et al. (2018) ที่พบว่า การฉายรังสี UV-C ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในมะม่วงพันธุ์ 'Kensington Pride' ส่วนการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 3, 6 และ 12 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในขณะที่ยาหลังการเก็บรักษาที่ 9 วัน ทุกระดับของการฉายรังสี UV-C ที่ความเข้มข้น 2.47, 4.93 และ 7.37 KJ/m² ทำให้มะม่วงมีความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสี (Figure 3B) อาจเป็นเพราะว่า รังสี UV-C สามารถลดการอ่อนตัวของผนังเซลล์ได้ และอาจทำให้การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์โดยการชะลอการทำงานของเอนไซม์ เช่น expansins, polygalacturonase, endoglucanase และ pectin methylesterase มีค่าลดลง (Pombo et al., 2009) จึงเป็นผลให้ช่วยชะลอการนิ่มลงของผลไม้ได้หลายชนิด เช่น มะเขือเทศ (Maharaj et al., 1999) ลูกพีช (Yang et al., 2014) และสตรอเบอร์รี่ (Pombo et al., 2009) นอกจากนี้ รังสี UV-C ยังสามารถชะลอการเข้าทำลายและการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคในผลไม้ได้ ส่งผลให้ผนังเซลล์ของผลไม้ที่ได้รับรังสีเกิดความเสียหายน้อยกว่าที่ไม่ได้รับรังสี Bi et al. (2007) กล่าวว่า ผลไม้ที่มีการเข้าทำลายของเชื้อโรคหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ความแน่นเนื้อต่ำลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียสภาพของผนังเซลล์ ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าความแน่นเนื้อในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา 12 วัน ทั้งนี้ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะม่วงยังคงมีการหายใจและการผลิตเอทิลิน โดยการหายใจเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose), เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพกติน (pectin) จึงส่งผลให้เกิดการนิ่มลงของผลไม้ (จริงแท้, 2538)

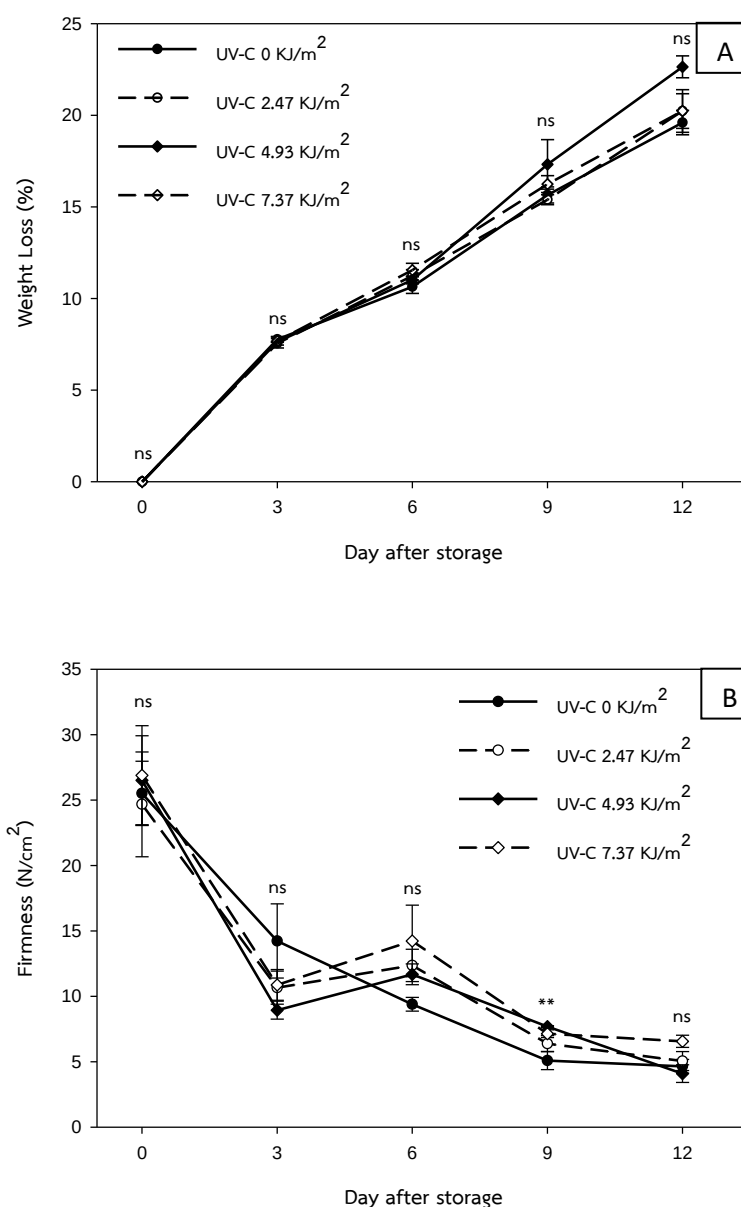


Figure 3 Effects of UV-C irradiation on the weight loss percentage (A) and fruit firmness (B) of ‘Nam Dok Mai Sithong’ mangoes at room temperature (25±2 °C) after storage for 12 days.

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเปลือก

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของเปลือก ภายหลังการเก็บรักษาที่ 3, 9 และ 12 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีค่าความสว่างมากที่สุด เท่ากับ 73.99, 68.33 และ 67.63 ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสีทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าสีแดง (a*) ของเปลือกที่ภายหลังการเก็บรักษาที่ 6 วัน พบว่าค่า a* ของเปลือกมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 13.97 ซึ่งน้อยกว่าการฉายรังสีที่ความเข้มข้น 2.47 และ 4.93 KJ/m² มีค่าเท่ากับ 15.18 และ 15.34 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาที่ 9 วัน พบว่า มะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสีมีค่า a* เป็น 14.29 และน้อยกว่าการฉายรังสีที่ความเข้มข้น 4.93 และ 7.37 KJ/m² มีค่าเท่ากับ 15.82 และ 16.03 ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ค่า a* ของเปลือกมะม่วงไม่มีความแตกต่างกัน ค่าสีเหลือง (b*) ของเปลือก ภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 3, 9 และ 12 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ภายหลังการเก็บรักษาที่ 6 วัน กรรมวิธีที่

ไม่ได้รับการฉายรังสี UV-C มีค่า b^* เท่ากับ 54.22 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการฉายรังสีที่ความเข้มข้น 4.93 และ 7.37 KJ/m² มีค่าเป็น 44.55 และ 45.08 ตามลำดับ (Table 1) การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ลดลงตลอดการเก็บรักษา โดยการฉายรังสีทำให้ค่าความสว่างต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ฉายรังสี UV-C เนื่องจากการฉายรังสี UV-C ไปทำให้เปลือกเกิดรอยไหม้สีน้ำตาล ในกรณีของมะเขือเทศ พบว่าการฉายรังสี UV-C ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของ epicuticular wax จึงส่งผลให้เปลือกมีสีคล้ำลง (Charles et al., 2008) สอดคล้องกับ Safitri et al. (2015) ที่ทำการฉายรังสี UV-C ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของเปลือกมะม่วงลดลง นอกจากนี้ยังพบการทำลายสีของเปลือกด้วยรังสี UV-C ในลักษณะเดียวกันในมะละกอ (Cia et al., 2007) จากผลการทดลองที่พบว่า ค่าสีเขียว (a^*) ของมะม่วงชุดควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ของกรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า a^* เป็นกระบวนการเพิ่มขึ้นของสารสีส้มหรือแดงเนื่องจากการสุกของผลไม้ (Nguyen et al., 2022) ดังนั้นการฉายรังสี UV-C สามารถช่วยชะลอกระบวนการดังกล่าวซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกของผลไม้ได้ นอกจากนี้การฉายรังสี UV-C มีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์โดยตรงแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นกลุ่มของสารสีที่พบในเปลือกมะม่วง สอดคล้องกับ Sari et al. (2016) รายงานว่า ค่า a^* และ b^* ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับกระบวนการสุกของสีเปลือกสับปะรดที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองซึ่งเกิดจากการที่คลอโรฟิลล์ถูกทำลายเช่นกัน

Table 1 Effects of UV-C irradiation on peel color with L^* , a^* , and b^* values of inoculated ‘Nam Dok Mai Sithong’ mangoes stored at room temperature (25±2 °C) for 12 days

Peel color	Treatment	Day after treatment (Day)				
		0	3	6	9	12
L^*	UV-C 0 KJ/m ² (control)	77.09	73.99 A	66.94	68.33 A	67.63 A
	UV-C 2.47 KJ/m ²	74.61	69.66 B	59.33	61.27 B	61.06 B
	UV-C 4.93 KJ/m ²	75.76	69.91 B	60.93	59.72 B	60.05 B
	UV-C 7.37 KJ/m ²	75.86	70.20 B	54.73	62.68 B	60.73 B
	F-test	ns	**	ns	**	*
	CV (%)	2.16	2.5	11.67	4.43	5.83
a^*	UV-C 0 KJ/m ² (control)	8.29 B	11.80	13.97 BC	14.29 B	16.93
	UV-C 2.47 KJ/m ²	10.60 A	12.92	15.18 A	15.23 AB	16.81
	UV-C 4.93 KJ/m ²	8.80 B	12.74	15.34 A	15.82 A	15.73
	UV-C 7.37 KJ/m ²	8.99 B	12.82	14.63 AB	16.03 A	16.27
	F-test	*	ns	**	*	ns
	CV (%)	11.86	6.04	3.95	6.03	4.67
b^*	UV-C 0 KJ/m ² (control)	49.22	53.22	54.22 A	50.58	52.34
	UV-C 2.47 KJ/m ²	51.60	51.65	49.01 AB	49.53	49.89
	UV-C 4.93 KJ/m ²	51.69	52.12	44.55 B	47.55	49.93
	UV-C 7.37 KJ/m ²	50.54	52.77	45.08 B	48.06	47.22
	F-test	ns	ns	*	ns	ns
	CV (%)	4.54	2.46	10.75	6.18	6.38

Means in a same column followed by the different letters are significantly different by LSD ($p < 0.01$, ** and $p < 0.05$, *)

ns; not significantly different ($P > 0.05$)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเมื่อเก็บรักษาที่ 6 วัน พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มี TA สูงที่สุด เท่ากับ 0.27% รองลงมาคือ การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 2.47 และ 7.37 KJ/m² ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.21% ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 4.93 KJ/m² มี TA ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.16% เมื่อเก็บรักษานาน 3, 9 และ 12 วัน ไม่พบความแตกต่างของ TA ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (Figure 4A) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำได้ ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน พบว่าการฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 7.37 KJ/m² ทำให้มะม่วงมี TSS น้อยที่สุด เท่ากับ 18.57% ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 0 KJ/m², 2.47 และ 4.93 KJ/m² ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาที่ 3, 9 และ 12 วัน ไม่พบความแตกต่างของ TSS ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง (Figure 4B) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มีแนวโน้มลดลงภายหลังการเก็บรักษา เนื่องจากกรดบางส่วนเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในผลผลิต (Jacobi et al., 2000) ส่งผลให้มีปริมาณ TA ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่รายงานไว้ว่า ในลูกแพร์และบลูเบอร์รี่ (Veazie et al., 2008) มีความเป็นกรดลดลงในระหว่างการเก็บรักษา Zambrano-Zaragoza et al. (2021) รายงานว่า การใช้รังสี UV-C ช่วยชะลอการสุกของผลไม้ มะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีมี TA สูงกว่ามะม่วงปกติ นั่นคือกรดไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล และเมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง กรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสี UV-C มี TA สูงกว่า แสดงให้เห็นว่า รังสี UV-C สามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้ ในขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษา ปริมาณ TSS ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการไฮโดรไลซิสของโพลีแซ็กคาไรด์และการสะสมของน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการสุกของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา (George et al., 2015; Khubone and Mditshwa, 2018) Pristijono et al. (2018) พบว่า ในมะม่วงพันธุ์ ‘Kensington Pride’ กรรมวิธีที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีปริมาณ TSS สูงที่สุด และมี TA ต่ำที่สุด ภายหลังการเก็บรักษาที่ 12 วัน สอดคล้องกับ González-Aguilar et al. (2001) ที่ศึกษาการฉายรังสี UV-C ที่ความเข้มข้น 9.86 KJ/m² เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 14 วัน พบว่าความเข้มข้นของซูโครสสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในมะม่วงพันธุ์ ‘Tommy Atkins’ เนื่องจากได้รับรังสี UV-C ที่สูงเกินไป ส่งผลให้กระตุ้นการสุกแก่ในผลผลิต Maharaj et al. (1999) กล่าวว่า รังสี UV-C ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ACC oxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน ดังนั้นรังสี UV-C จึงส่งผลให้การผลิตเอทิลีนในผลไม้ลดลง จึงสามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้

ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C content)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองภายหลังการเก็บรักษาที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา (Figure 4C) Civello et al. (2006) กล่าวว่า การฉายรังสี UV-C สามารถรักษาระดับของวิตามินซีได้ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีรายงานว่า ในบลูเบอร์รี่และบอยเชนเบอร์รี่ (*Rubus ursinus* x *R. idaeus*) ที่ได้รับการฉายรังสี UV-C ช่วยรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าผลผลิตปกติ (Vicente et al., 2004; Costa et al., 2006) สอดคล้องกับ Razali et al. (2021) พบว่าปริมาณวิตามินซีในมะเขือเทศเชอร์รี่เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา และการฉายรังสี UV-C ทำให้มะเขือเทศมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้รับรังสี เท่ากับ 1.07±0.06 mg/100ml ภายหลังการเก็บรักษาที่ 21 วัน เนื่องจากรังสี UV-C สามารถกระตุ้นการทำกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในมะเขือเทศเชอร์รี่ (Toor and Savage, 2006)

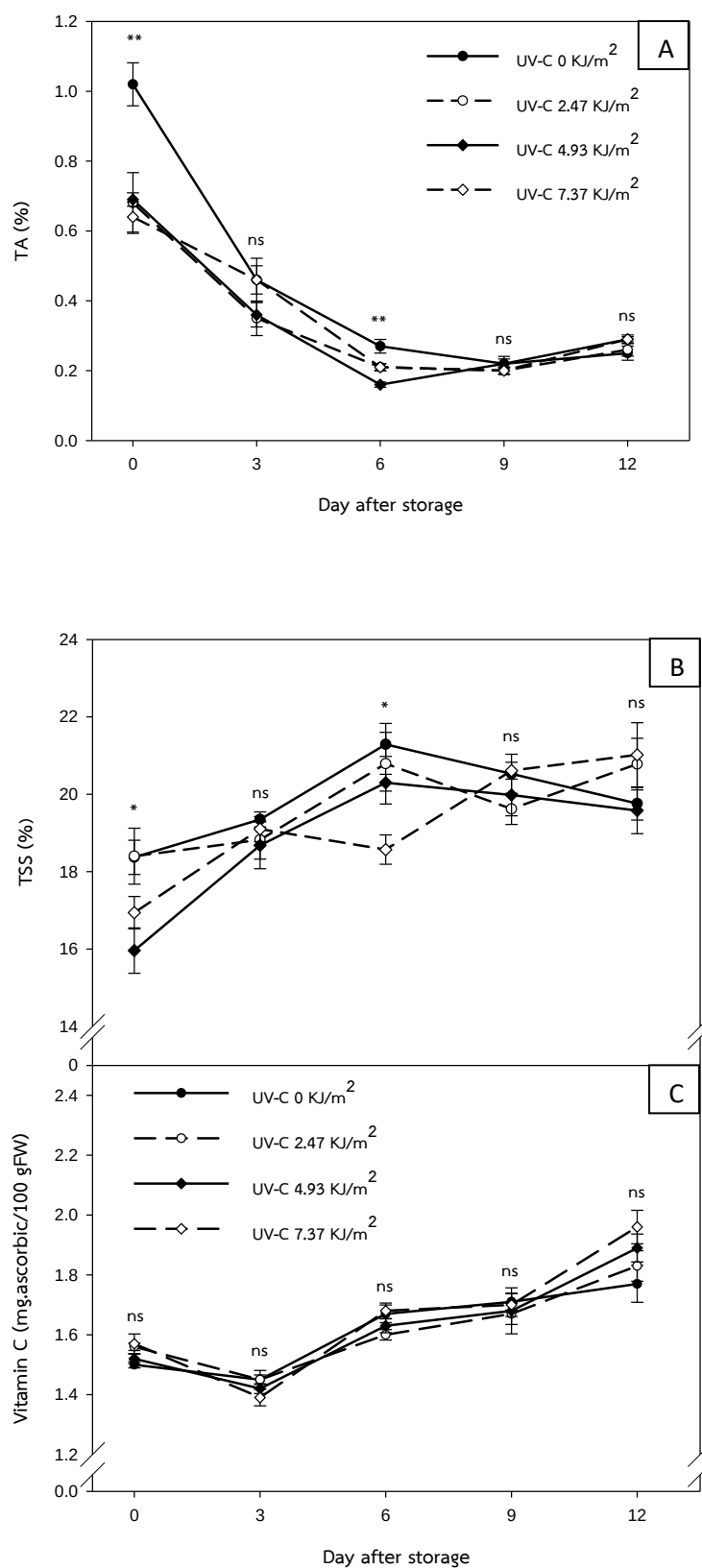


Figure 4 Effects of UV-C irradiation on Titratable acidity; TA (A), Total Soluble Solids; TSS (B), and vitamin C content (C) of 'Nam Dok Mai Sithong' mangoes at room temperature (25±2 °C) after storage for 12 days.

การเข้าทำลายและการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนส

การเข้าทำลายของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนส เมื่อได้รับการปลูกเชื้อพบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในระดับ 0 ภายหลังการเก็บรักษาที่ 0 และ 3 วัน และพบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ภายหลังการเก็บรักษาที่ 6 วัน ซึ่งทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาที่ 9 วัน พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีการแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส โดยการฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 2.47 KJ/m² แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสในระดับน้อยที่สุดเท่ากับ 1 ในขณะที่การฉายรังสี UV-C ที่ปริมาณ 0, 4.93 และ 7.37 KJ/m² ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ยังคงมีการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* และแสดงอาการโรคแอนแทรคโนสมากขึ้น ผลมะม่วงที่ไม่ได้รับการฉายรังสี UV-C จะแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสมากที่สุด ในระดับ 3.2 (Figure 5 and 6) การฉายรังสี UV-C สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kanlaya et al. (2015) รายงานว่า การใช้รังสี UV-C สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ได้ และเมื่อใช้ร่วมกับการใช้น้ำร้อน จะทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากรังสี UV-C สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แบคทีเรีย รวมไปถึงเชื้อราสาเหตุโรค โดยการเข้าไปทำลายกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ DNA ส่งผลให้ DNA ไม่สามารถเกิดกระบวนการจำลองตัวเองได้ (DNA replication) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (กิตติพงศ์, 2558)

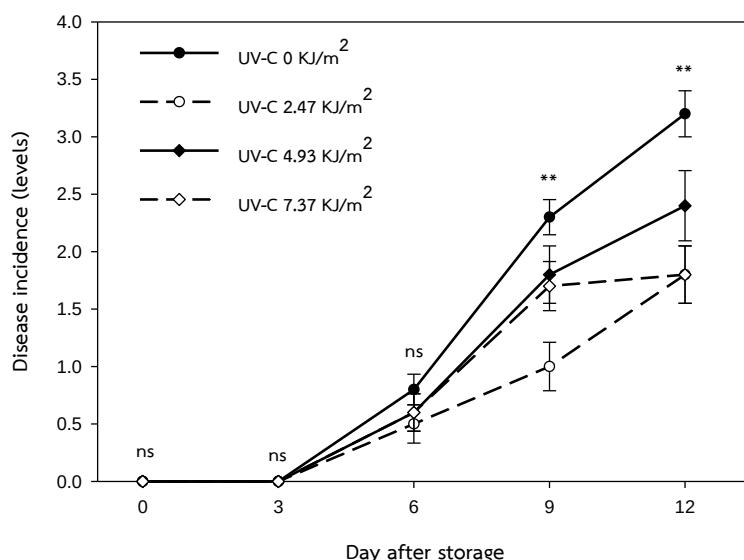


Figure 5 Effects of UV-C irradiation on disease incidence in ‘Nam Dok Mai Sithong’ mangoes at room temperature (25±2 °C) after storage for 12 days.

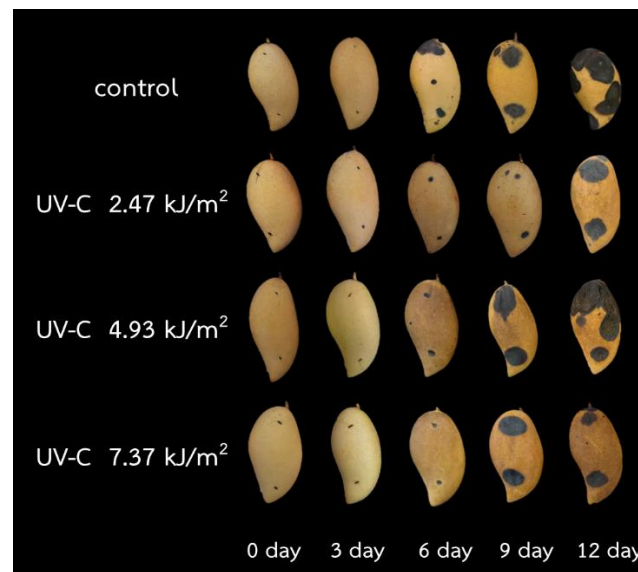


Figure 6 Effects of UV-C irradiation on the infestation of anthracnose in ‘Nam Dok Mai Sithong’ mangoes at room temperature (25 ± 2 °C) after storage for 12 days.

สรุป

การฉายรังสี UV-C มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ทำให้ผลมะม่วงมีค่าความสว่างของผิวเปลือกต่ำกว่าผลปกติ และสามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงได้ โดยทุกกรรมวิธีที่ได้รับการฉายรังสี UV-C แสดงอาการระดับความรุนแรงของโรคในคะแนนที่ต่ำกว่าผลปกติ อย่างไรก็ตาม การฉายรังสี UV-C ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงศ์ อัครกุล. 2558. รังสียูวี: เทคโนโลยีใหม่สำหรับอุตสาหกรรมน้ำผลไม้. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 1: 51-62.
- จรัสแท้ ศิริพาณิชย์. 2538. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.
- ถิรพร ฐิตีพรขจิต. 2564. วิสาหกิจชุมชนมะม่วงบ้านแฮดฯ ขอนแก่น ปรับตัว ยุค New Normal จำหน่ายผลผลิตออนไลน์ สร้างรายได้เกษตรกร. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ทวีศักดิ์ แสงอุดม และวราภรณ์ มากำไร. 2561. การผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 74 หน้า.
- วีระ วีระกุล และวุฒิชัย ศรีวิธานต์โยธิน. 2546. การสกัดสารจากมะเขือเทศ. งานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Allende, A., J.B. McEvoy, Y. Luo, F. Artes, and C.V. Wang. 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed ‘Red Oak Leaf’ lettuce. Food Microbiology. 23: 241-249.
- Anwar, R., and A.U. Malik. 2007. Hot water treatment affects ripening quality and storage life of mango (*Mangifera indica* L.). Pakistan Journal of Agricultural. 44: 304-311.

- Baka, M., J. Mercier, R. Corcuff, F. Castaigne, and J. Arul. 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *Journal of Food Science*. 64: 1068-1072.
- Bi, Y., Y.H. Ge, C.L. Wang, and X.W. Li. 2007. Melon production in China. *Acta Horticulturae*. 731: 493-500.
- Charles, M.T., A. Goulet, and J. Arul. 2008. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: IV. Biochemical modification of structural barriers. *Postharvest Biology and Technology*. 47(1): 41-53.
- Cia, P., S.F. Pascholati, E.A. Benato, E.C. Camili, and C.A. Santos. 2007. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. *Postharvest Biology and Technology*. 43: 366-373.
- Civello, P.D., A.R. Vicente, and G.A. Martínez. 2006. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits and Vegetables*. 37(2): 1-32.
- Costa, L., A.R. Vicente, P.M. Civello, A.R. Chaves, and G.A. Martínez. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*. 39: 204-210.
- Dessalegn, Y., A. Ayalew, and K. Woldetsadik. 2013. Integrating plant defense inducing chemical, inorganic salt, and hot water treatments for the management of postharvest mango anthracnose. *Postharvest Biology and Technology*. 85: 83-88.
- George, D.S., Z. Lazali, V. Santhirasegaram, and C. Somasundram. 2015. Effects of ultraviolet light (UV-C) and heat treatment on the quality of fresh-cut Chokanan mango and Josephine pineapple. *Journal of Food Science*. 80(2): 426-434.
- González-Aguilar, G., C.Y. Wang, and J.G. Buta. 2004. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84: 415-422.
- González-Aguilar, G., C.Y. Wang, J.G. Buta, and D.T. Krizek. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science and Technology*. 36: 767-773.
- González-Aguilar, G., R.Z. Gatica, and M.E.T. Hernández. 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 45: 108-116.
- Jacobi, K. K., E. A. Macrae, and S. E. Hetherington. 2000. Effects of hot air conditioning of Kensington mango fruit on the response to hot water treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 21: 39-49.
- Kanlaya, S., P. Jitareerat, S. Tsuyumu, A. Uthairatanakij, V. Srilaong, C. Wongs-Aree, G. Ma, L. Zhang, and M. Kato. 2015. Combined treatment with hot water and UV-C elicits disease resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. *Crop Protection*. 77: 1-8.
- Khubone, L.W., and A. Mditshwa. 2018. The effects of UV-C irradiation on postharvest quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum*). *Acta Horticulturae*. 1201: 75-82.
- Le, T., C. Shiesh, and H. Lin. 2010. Effect of vapor heat and hot water treatments on disease incidence and quality of Taiwan native strain mango fruit. *International Journal of Agriculture and Biology*. 12: 673-678.
- Maharaj, R., J. Arul, and P. Nadeau. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 15(1): 13-23.

- Mansour, F.S., S.A. Abd-El-Aziz, and G.A. Helal. 2006. Effect of fruit heat treatment in tree mango varieties on incidence of postharvest fungal disease. *Journal of Plant Pathology*. 88: 141-148.
- Munirah, M.S., A.R. Azmi, S.Y.C. Yong, and M.Z.N.A. Izzati. 2017. Characterization of *Lasiodiplodia theobromae* and *L. pseudotheobromae* causing fruit rot on pre-harvest mango in Malaysia. *Plant Pathology and Quarantine*. 7(2): 202-213.
- Nguyen, T.V.L, Q.D. Nguyen, and P.B.D. Nguyen. 2022. Drying kinetics and changes of total phenolic content, antioxidant activity and colour parameters of mango and avocado pulp in refractance window drying. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 72(1): 27-38.
- Pan, J., A.R. Vicente, G.A. Martínez, A.R. Chaves, and P.M. Civello. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84: 1831-1838.
- Pombo, M.A., M.C. Dotto, G.A. Martinez, and P.M. Civello. 2009. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. *Postharvest Biology and Technology*. 51: 141-148.
- Pristijono, P., J. B. Golding, and M. C. Bowyer. 2018. Postharvest UV-C treatment, followed by storage in a continuous low-level ethylene atmosphere, maintains the quality of 'Kensington Pride' mango fruit stored at 20 °C. *Horticulture*. 5(1): 1-12.
- Razali, Z., C. Somasundram, S.Z. Nurulain, W. Kunasekaran, and M.R. Alias. 2021. Postharvest quality of cherry tomatoes coated with mucilage from dragon fruit and irradiated with UV-C. *Polymers*. 13(17): 1-13.
- Safitri, A., T. Theppakorn, M. Naradisorn, and S. Setha. 2015. Effects of UV-C irradiation on ripening quality and antioxidant capacity of mango fruit cv. Nam Dok Mai Si Thong. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*. 1(1): 164-170.
- Sari, L. K., S. Setha, and M. Naradisorn. 2016. Effect of UV-C irradiation on postharvest quality of 'Phulae' pineapple. *Scientia Horticulturae*. 231: 314-320.
- Stevens, C., V.A. Khan, J.Y. Lu, C.L. Wilson, P.L. Pusey, M.K. Kabwe, E.C.K. Igwegbe, E. Chalutz, and S. Droby. 1998. The germicidal and hermetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection*. 17: 75-84.
- Toor, R.K. and G.P. Savage. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*. 99(4): 724-727.
- Veazie, P. P., J. K. Collins, and L. Howard. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*. 47: 280-285.
- Vicente, A., B. Repice, G. Martinez, A. Chaves, P. Civello, and G. Sozz. 2004. Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UV-C light and heat treatments combined with low storage temperature. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 79(2): 246-251.
- Vicente, A.R., C. Pineda, L. Lemoine, P.M. Civello, G.A. Martinez, and A.R. Chaves. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality, and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*. 35: 69-78.

- Yang, Z., S. Cao, X. SU, and Y. Jiang. 2014. Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment. Food Chemical. 161: 16-21.
- Zambrano-Zaragoza, M.L., D. Quintanar-Guerrero, R.M. González-Reza, M.A. Cornejo-Villegas, G. Leyva-Gómez, and Z. Urbán-Morlán. 2021. Effects of UV-C and edible nano-coating as a combined strategy to preserve fresh-cut cucumber. Polymers. 13(3705): 1-20.