

การใช้รังสีแกมมาเพื่อยับยั้งการงอกและรักษาคุณภาพตะไคร้สด Gamma Irradiation for Inhibiting Germination and Maintaining the Quality of Fresh Lemongrass

กัลยา ศรีพงษ์¹, ทันวาลี ศรีนนท์¹, ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์¹, ประกายดาว ยิ่งสง่า^{2,*}

¹สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

²สาขาเทคโนโลยีการจัดการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

Kanlaya Sripong¹, Thanwalee Srinon¹, Pongphen jitareerat¹, Prakaidao Yingsanga^{2,*}

¹Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi,

Bangkok 10150

²Division of Agricultural Management Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

Received 31 March 2023; Received in revised 5 July 2023; Accepted 13 July 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาประสิทธิภาพของรังสีแกมมาต่อการยับยั้งการงอกและรักษาคุณภาพตะไคร้สด ทำโดยคัดเลือกตะไคร้ที่ปราศจากตำหนิ นำตะไคร้มาลอกเอาแกนออก และตัดแต่งให้มีความยาววัดจากโคนต้นขึ้นมาประมาณ 12 นิ้ว จากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0 (ชุดควบคุม) 100 200 และ 300 Gy บรรจุตะไคร้แต่ละทรีตเมนต์ในถุงพลาสติกชนิด Low Density Polyethylene (LDPE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน (จำลองการเก็บรักษา) และย้ายออกมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (จำลองการวางจำหน่าย) พบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy สามารถยับยั้งการงอกของยอดตะไคร้ได้ โดยรังสีทั้ง 3 ความเข้มข้น สามารถยับยั้งการงอกของตะไคร้ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพของตะไคร้พบว่าการฉายรังสีปริมาณ 200 Gy สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของตะไคร้ได้ดีที่สุด และการฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบได้ดี ส่งผลให้ตะไคร้มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค (ด้านสี และ คุณภาพโดยรวม) สูงกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตามการฉายรังสีแกมมาทุกความเข้มข้นมีผลทำให้การผลิเอทิลีนของตะไคร้ลดลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจ ปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและช่วยรักษาคุณภาพของตะไคร้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฉายรังสีปริมาณ 200 Gy มีแนวโน้มที่จะช่วยรักษาคุณภาพของตะไคร้ได้ดีที่สุด สามารถยืดอายุการเก็บรักษาตะไคร้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 21 วัน และหลังจากย้ายออกมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ได้นาน 2 วัน (21 + 2 วัน)

คำสำคัญ: ตะไคร้; รังสี; การยับยั้งการงอก; การเกิดสีน้ำตาล

Abstract

This research aimed to evaluate the efficacy of gamma irradiation on shoot germination inhibition and quality maintenance in fresh lemongrasses. Lemongrass samples without any defects were sorted, and then removed the outer leaves before the stalk was cut into 12 inches in length. The stalks were irradiated with gamma rays at the doses of 0 (control), 100, 200, and 300 Gy. All samples were kept in an LDPE bag at 4°C for 21 days (simulation as the storage condition), then transferred to 25°C for 4 days (simulation as the shelf-life condition). The results demonstrated that gamma irradiation at doses of 100, 200, and 300 Gy effectively inhibited the shoot germination, with no statistically significant differences among the treatments. The evaluation of lemongrass quality revealed that gamma irradiation at 200 Gy showed the best effect to delay color changes. Furthermore, the irradiation at 200 and 300 Gy led to reduce browning at the cut surface of the shoot and leave sheets, resulting in a higher acceptant score by the consumers in terms of color and overall acceptance in comparison to non-irradiated lemongrass (control). However, gamma irradiation could reduce ethylene production as compared with the control, but had no effect on respiration rate, and the changes in vitamin C, and antioxidant capacity (DPPH method). The findings in this study indicated that gamma irradiation could inhibit germination and maintain the quality of lemongrass. In particular, gamma irradiation at 200 Gy tended to be the best treatment for maintaining the quality of lemongrass, which could be extended the storage life of lemongrass at 4°C for 21 days and 2 days at 25°C (21 + 2 days).

Keywords: Lemongrass; Radiation; Shoot inhibition; Browning

1. บทนำ

ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) เป็นหนึ่งในพืชสมุนไพรที่นิยมนำไปใช้ในการประกอบอาหารไทยหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นอาหารจำพวกยำ แกง หรือ ต้มยำต่างๆ และมีสรรพคุณสามารถบรรเทาอาการต่างๆ ได้ เช่น แก้ท้องอืด แก้ท้องเฟ้อ ขับลม และแก้วิงเวียน เป็นต้น ปัจจุบันตะไคร้เป็นพืชสมุนไพรที่เป็นที่ต้องการของตลาดในต่างประเทศ เนื่องจากปริมาณความต้องการใช้ตะไคร้สดเพื่อเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารของร้านอาหารไทยในต่างแดนเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ปัญหาของการส่งออกตะไคร้สดเพื่อการจำหน่ายคือ การงอกของยอดที่ยืดยาวขึ้นระหว่างการขนส่ง รวมทั้งบริเวณรอยตัดและโคนต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะที่ตลาดไม่

ต้องการ จากข้อมูลการวิจัยเบื้องต้นของทีมผู้วิจัยพบว่า หลังจากตัดปลายยอดของตะไคร้และเก็บที่อุณหภูมิห้องไม่นาน (ประมาณ 4 - 5 ชั่วโมง) ตะไคร้เริ่มมีส่วนของยอดใหม่งอกออกมาบริเวณรอยตัด และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่ายอดที่งอกออกมาใหม่ก็ยืดยาวเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกตะไคร้ของประเทศไทย ปัจจุบันข้อมูลการแก้ไขปัญหาการงอกของตะไคร้ในระหว่างการเก็บรักษามีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้รังสีแกมมาในการยับยั้งการงอกและควบคุมคุณภาพของของตะไคร้ เนื่องจากการฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของพืชหัวหลายชนิด เช่น มันฝรั่ง [1] กระเทียม [2] และหอม [3] และมีผลช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

มากับอาหารได้ด้วย [4, 7] การยับยั้งการงอกของพืชดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากรังสีมีผลทำลาย DNA ทำให้การแบ่งตัวของเซลล์หยุดชะงัก [5] นอกจากนี้รังสียังมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด ซึ่งส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ [6] สำหรับการใช้รังสีแกมมาเพื่อควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าเมื่อเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ได้รับรังสีที่มีระดับพลังงานสูง ทำให้พันธะทางเคมีของดีเอ็นเอขาด ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ และโปรตีน มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายในที่สุด [7] นอกจากนี้รังสีแกมมายังมีผลช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น มีผลช่วยชะลอการอ่อนนุ่มของมะละกอ [8] ชะลอการบานและยืดอายุการเก็บรักษาของเห็ด [9] ลดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักสดของมะม่วง [10] ชะลอการสุกของมะเขือเทศ [11] และยังมีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในพืช [12] จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมามีศักยภาพที่จะนำมาใช้ยับยั้งการงอกและรักษาคุณภาพตะไคร้สดได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรังสีแกมมาต่อการยับยั้งการงอกและคุณภาพของตะไคร้สดระหว่างการจำลองการขนส่งและวางจำหน่าย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลวิจัยพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการ และเป็นแนวทางในการผลิตตะไคร้เพื่อส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศให้มากขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตะไคร้

ตะไคร้พันธุ์ขาวเกษตร จากสวนเกษตรกร อ. หนองเสือ จ. ปทุมธานี ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน จากนั้นทำการคัดเลือกต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากโรคและแมลงทำลาย ไม่มีบาดแผลและรอยขีด นำมาปอกเอากาบนอกออก และตัดแต่งให้มีความยาววัดจากโคน

ต้นขึ้นมาประมาณ 12 นิ้ว บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 30 x 42 x 32 เซนติเมตร กล่องละ 5 กิโลกรัม

2.2 วิธีการทดลอง

นำตะไคร้ที่เตรียมไว้ไปฉายรังสีแกมมาที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ อ. อังครักษ์ จ. นครนายก ด้วยเครื่องฉายรังสีแบบ Carrier type รุ่น JS 8900 IR-155 โดยใช้โคบอลต์ 60 เป็นต้นกำเนิดรังสี และใช้อัตรารังสีที่ 5 kGy/hr ซึ่งการทดลองแบ่งตะไคร้ออกเป็นทรีตเมนต์ ดังนี้ 1) ไม่ฉายรังสีแกมมา (control) 2) ฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 100 Gy 3) ฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 200 Gy และ 4) ฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 300 Gy (ปริมาณรังสีที่ใช้ได้จากการทดลองเบื้องต้นของคณะผู้วิจัย) หลังจากฉายรังสีเสร็จ ขนส่งตะไคร้กลับมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน จากนั้นบรรจุตะไคร้แต่ละทรีตเมนต์ลงในถุงพลาสติกชนิด LDPE (ขนาด 12x18 นิ้ว) ปริมาณ 500 กรัมต่อถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 21 วัน (จำลองการเก็บรักษา) สุ่มตัวอย่างตะไคร้ทุกๆ 7 วัน เพื่อตรวจวัดคุณภาพของตะไคร้ และเมื่อครบ 21 วัน จึงทำการย้ายออกมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (จำลองการวางจำหน่าย) และสุ่มตะไคร้เพื่อตรวจวัดคุณภาพของตะไคร้ทุกๆ 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยในแต่ละทรีตเมนต์มี 4 ซ้ำๆ ละ 1 ถุง

2.3 การบันทึกผลการทดลอง

2.3.1 การงอกของยอดตะไคร้

สังเกตการงอกของยอดตะไคร้และนับจำนวนต้นที่งอก พร้อมทั้งวัดความยาวของยอดที่งอก จากนั้นนำจำนวนต้นที่นับได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การงอกดังสมการ

$$\% \text{ การงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นตะไคร้ที่งอก}}{\text{จำนวนต้นตะไคร้ทั้งหมด}} \times 100$$

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีต้นและรอยตัดบริเวณปลายยอดและโคนกาบใบ

การวัดสีต้น รอยตัดบริเวณปลายยอด และรอยตัดบริเวณโคนกาบใบของตะไคร้ ทำโดยใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300) รายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ได้แก่ L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าสีเขียว - แดง) b* (ค่าสีน้ำเงิน - เหลือง) และค่า Hue angle (ค่าโทนสี)

2.3.3 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล [13]

การวิเคราะห์ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ทำโดยนำค่า L* a* และ b* ที่วัดโดยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR 300) มาคำนวณโดยใช้สมการ ดังนี้

$$\text{Browning index} = [100 * (X - 0.31)] / 0.172$$

$$\text{เมื่อ } X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*)$$

2.3.4 การผลิตเอทิลีน และอัตราการหายใจ [14]

นำตะไคร้เก็บในกล่องปิดสนิทที่มีปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 หรือ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่จำลองสภาพการเก็บรักษาและการวางจำหน่าย) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซภายในกล่องด้วยกระบอกฉีดยาปริมาตร 3 มิลลิลิตร (สำหรับวิเคราะห์เอทิลีน) และ 1 มิลลิลิตร (สำหรับวิเคราะห์อัตราการหายใจ) แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatograph (ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC B14) ซึ่งใช้ column ชนิด Porapak Q (Mesh 80/100) และ detector เป็นแบบ flame ionization detector (FID) ตั้งอุณหภูมิของ column ที่ 150 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของ injector ที่ 110 องศาเซลเซียส โดยใช้แก๊สไนโตรเจนและไฮโดรเจนเป็น carrier gas สำหรับวิเคราะห์เอทิลีน และแก๊สฮีเลียมเป็น carrier gas

สำหรับวิเคราะห์อัตราการหายใจ รายงานอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจในหน่วย mg C₂H₄ / kg/ hr และ mg CO₂ / kg/ hr ตามลำดับ

2.3.5 ปริมาณ Ascorbic acid [15]

นำตัวอย่างตะไคร้ 2.5 กรัม มาเติมสารละลาย Metaphosphoric acid ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer (ยี่ห้อ Polytron รุ่น PT 3100) เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำส่วนใสที่ได้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมสารละลาย Indophenol ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร Thiourea ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 2,4-Dinitrophenyl-hydrazine (DNP) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเติม Sulfuric acid ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Shimadzu รุ่น UV - 1800, Japan) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ใช้ Metaphosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน Ascorbic acid รายงานผลในหน่วย mg/100 g fresh weight

2.3.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH [16]

ชั่งตัวอย่างตะไคร้ 2.5 กรัม เติม methanol ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer (ยี่ห้อ Polytron รุ่น PT 3100) นาน 30 วินาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge (ยี่ห้อ Kubota รุ่น 6000) ที่ความเร็ว

15,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ดูด ส่วนใสที่ได้ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radicals (DPPH) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปริมาตร 2,850 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที

นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV 1800) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้ methanol เป็น blank นำค่าที่ได้มา คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูลอิสระของ DPPH จากสูตร

$$\text{DPPH Scavenging Activity (\%)} = \frac{(\text{DPPH initial} - \text{DPPH sample})}{\text{DPPH initial}} \times 100$$

2.3.7 การยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพ ของตะไคร้ พิจารณาจากสีและลักษณะปรากฏโดยรวม

ของตะไคร้ ทำโดยการให้คะแนนด้วยระบบ hedonic scale และให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน ซึ่งแบ่งระดับคะแนน ดังนี้

- | | | |
|-------------------------|------------------------|----------------|
| 1 คะแนน = ชอบน้อยที่สุด | 2 คะแนน = ชอบน้อย | 3 คะแนน = เฉยๆ |
| 4 คะแนน = ชอบมาก | 5 คะแนน = ชอบมากที่สุด | |

2.3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูลทางเดียว (One way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SAS version 9.0 (SAS Institute, Cary, N.C., USA)

เปอร์เซ็นต์การงอกของยอดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 7 มีการงอกเท่ากับ 62.04% ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสี แกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีเปอร์เซ็นต์ การงอกเพียง 20.66 28.96 และ 28.98% ตามลำดับ หลังจากนั้นตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีเปอร์เซ็นต์การงอกของ ยอดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยวัน สุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (วันที่ 21) ตะไคร้ในชุดควบคุมมีการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 70.83% ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มี การงอกเท่ากับ 52.91 31.55 และ 35.32% ตามลำดับ เช่นเดียวกับเมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อย้ายตะไคร้มา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน พบ ว่าตะไคร้มีการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 100% ในทุกทรีตเมนต์ (Figure 1)

3. ผลการวิจัย

3.1 การงอกของยอดตะไคร้

รังสีแกมมามีผลช่วยชะลอการงอกของยอด ตะไคร้ในระหว่างการเก็บรักษา โดยรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy สามารถชะลอการงอกได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในระหว่างเก็บรักษาตะไคร้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตะไคร้ในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมี

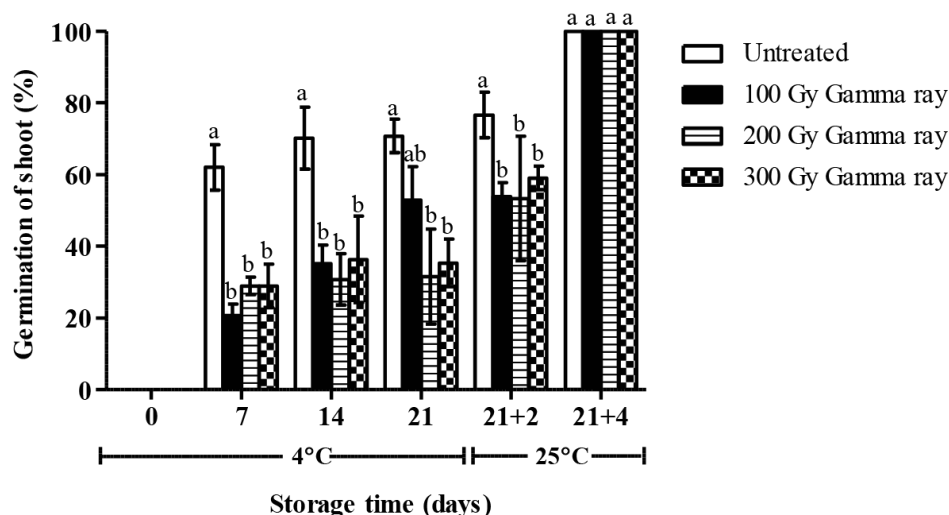


Figure 1 Shoot germination of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของตะไคร้

ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 และ 300 Gy มีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า L^* โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (วันที่ 21) ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy มีค่า L^* เท่ากับ 68.45 และ 69.57 ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 Gy มีค่า L^* ไม่แตกต่างจากตะไคร้ที่ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) คือ 74.69 และ 73.44 ตามลำดับ แต่เมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าตะไคร้ที่ฉายรังสี 300 Gy มีค่า L^* เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างทางสถิติกับตะไคร้ที่ฉายรังสี 100 Gy และตะไคร้ในชุดควบคุมคือ 75.83 73.64 และ 72.32 ตามลำดับ ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 Gy มีค่า L^* ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 69.37 (Figure 2A)

ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และพบว่าในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่า a^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อย้ายออกมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตะไคร้ที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 และ 300 Gy มีค่า a^* ต่ำกว่าตะไคร้ในชุดควบคุมและตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 Gy อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วันที่ 21+4) ตะไคร้ที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 และ 300 Gy มีค่า a^* เท่ากับ -7.80 และ -6.59 ส่วนตะไคร้ในชุดควบคุมและตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 Gy มีค่า a^* เท่ากับ -5.18 และ -4.57 ตามลำดับ (Figure 2B)

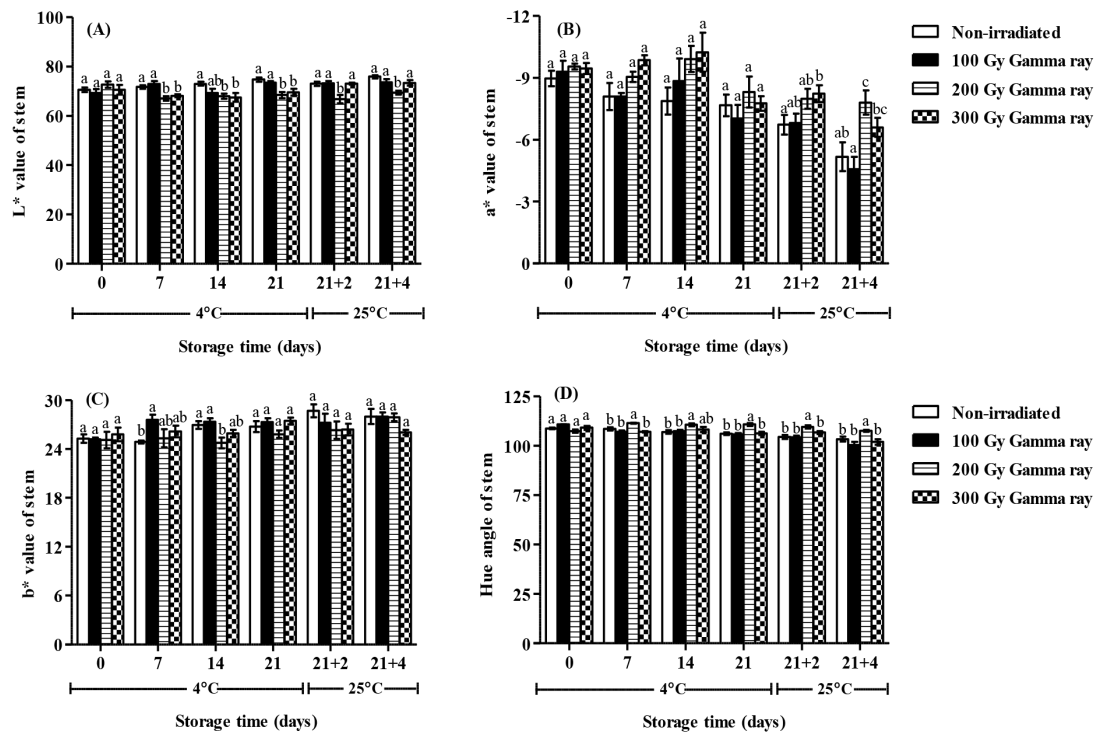


Figure 2 L* (A), a* (B), b* (C) values and Hue angle (D) of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy มีค่า b* ต่ำกว่าตะไคร้ในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 24.76 และ 25.91 ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสี 100 Gy มีค่า b* ไม่แตกต่างทางสถิติกับตะไคร้ในชุดควบคุมคือ 27.36 และ 26.94 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษาตะไคร้เป็นเวลา 21 วัน ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับเมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน (Figure 2C)

ค่าโทนีสี (Hue angle) ของตะไคร้ค่อยๆ ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา การฉายรังสีปริมาณ 200 Gy

สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ได้ดีที่สุด โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วันที่ 21+4) มีค่า Hue angle เท่ากับ 107.57 ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 และ 300 Gy มีค่า Hue angle ไม่แตกต่างทางสถิติกับตะไคร้ในชุดควบคุมคือ 100.37 101.96 และ 103.33 ตามลำดับ (Figure 2D)

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของตะไคร้ได้

3.3 การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณรอยตัด

ค่าความสว่าง หรือค่า L* บริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบของตะไคร้ หากค่า L* ต่ำแสดงถึงบริเวณรอยตัดมีสีเข้มขึ้นหรือเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น จาก

ผลการทดลองพบว่าในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่า L^* ค่อนข้างคงที่ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนั้นตะไคร้ในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมีค่า L^* ลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วันที่ 21+4) มีค่าเท่ากับ 64.64 ส่วนการฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีผลช่วยชะลอการลดลงของค่า L^* เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และพบว่าตะไคร้ที่ฉายรังสีทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่า L^* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.00 - 68.58 (Figure 3A)

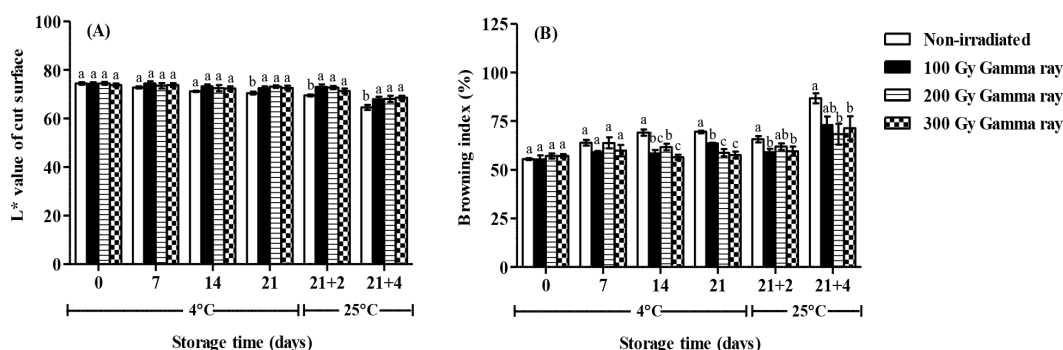


Figure 3 L^* value (A) and browning index (B) of the cut surface of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

3.5 การผลิตเอทิลีน

ตะไคร้ทั้งที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาและไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงในวันแรก (วันที่ 0) ซึ่งมีการผลิตเอทิลีนเฉลี่ยเท่ากับ 124.29 - 139.48 $\text{mg C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ หลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และพบว่าตะไคร้ในชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 8.29 $\text{mg C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีการผลิตเอทิลีนลดลงเท่ากับ

3.4 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด

ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน โดยในช่วง 7 แรกของการเก็บรักษาตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนั้นตะไคร้ที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (ชุดควบคุม) มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุด โดยเฉพาะเมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตะไคร้ในชุดควบคุมมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุดเท่ากับ 86.75% ในขณะที่ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุม คือ 73.06 68.35 และ 71.42% ตามลำดับ (Figure 3B)

4.93 4.99 และ 6.21 $\text{mg C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ ตามลำดับ เมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน พบว่าตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง โดยตะไคร้ในชุดควบคุมมีการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดคือ 30.48 $\text{mg C}_2\text{H}_4/\text{kg/hr}$ ในขณะที่ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีการผลิตเอทิลีนลดลงเท่ากับ 23.19 20.71 และ 17.10 $\text{mg C}_2\text{H}_4/\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ ตามลำดับ (Figure 4A)

3.6 อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจของตะไคร้หลังจากการฉายรังสี (วันที่ 0) พบว่าตะไคร้ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างทางสถิติกับตะไคร้ในชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี โดยตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีอัตราการหายใจเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 - 1.51 mg CO₂/kg/hr หลังจากนั้นอัตราการหายใจของตะไคร้

ในแต่ละทรีตเมนต์ลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน และเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อย้ายตะไคร้ออกมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน อย่างไรก็ตาม ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีอัตราการหายใจใกล้เคียงกัน และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4B)

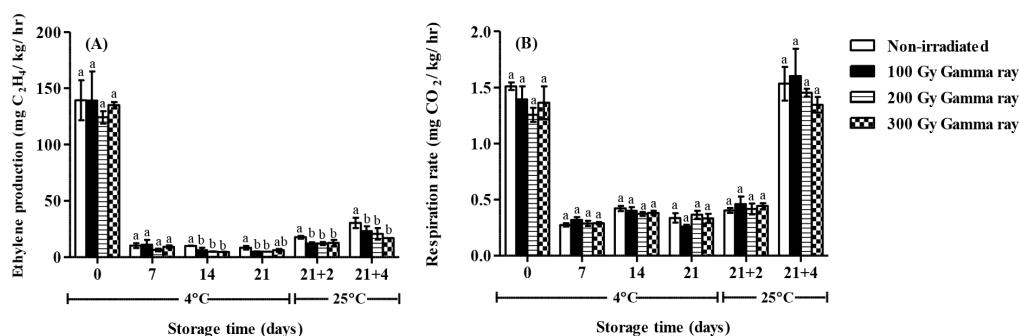


Figure 4 Ethylene production (A) and respiration rate (B) of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

3.7 ปริมาณ Ascorbic acid

ปริมาณ ascorbic acid ของตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ascorbic acid เมื่อเปรียบเทียบกับตะไคร้ในชุดควบคุม โดยตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีปริมาณ ascorbic acid ใกล้เคียงกันและมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งมีปริมาณ ascorbic acid เริ่มต้น (วันที่ 0) เฉลี่ยเท่ากับ 1.28 - 1.59 mg/100 g fresh weight และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 21+4) ปริมาณ ascorbic acid ลดลงเท่ากับ 0.58 - 0.65 mg/100 g fresh weight (Figure 5A)

3.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสีแกมมามีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษา ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 61.37 และ 62.06% ส่วนตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 Gy มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมคือ 55.79 และ 55.69% ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษาตะไคร้นาน 14 - 21 วัน และย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงและมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวันสุดท้ายของเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (วันที่ 21+4) ตะไคร้ทุกทรีตเมนต์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 59.68 - 61.63% (Figure 5B)

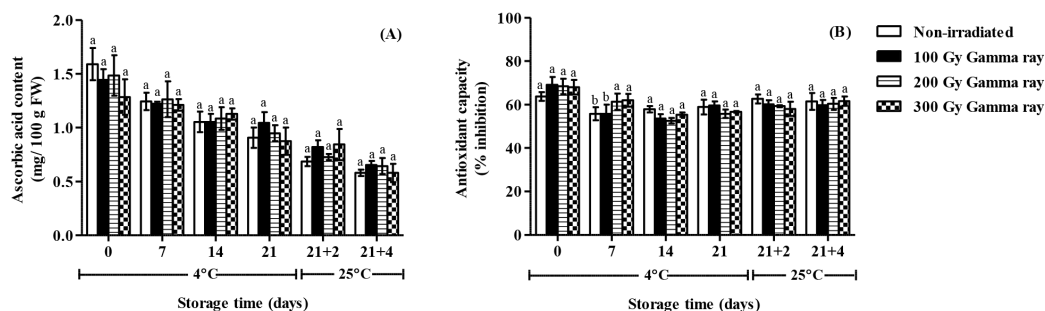


Figure 5 Ascorbic acid content (A) and antioxidant capacity (B) of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

3.9 การยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อสีของตะไคร้ฉายรังสีแกมมาเปรียบเทียบกับตะไคร้ที่ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) พบว่าในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน ตะไคร้ฉายรังสีมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม โดยเฉพาะตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 300 Gy มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุดคือ 3.80 คะแนน รองลงมาได้แก่ ตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 และ 100 Gy คือ 3.75 และ 3.25 คะแนน ตามลำดับ ส่วนตะไคร้ในชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำที่สุดคือ 3.05 คะแนน เช่นเดียวกับเมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน ตะไคร้ในชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเพียง 2.00 คะแนน ในขณะที่ตะไคร้ฉายรังสีมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคอยู่ในระดับ 2.35 - 2.65 คะแนน (Figure 6A)

การยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพโดยรวมของตะไคร้ ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy เปรียบเทียบกับตะไคร้ที่ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม) ในระหว่างเก็บรักษาตะไคร้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับตะไคร้ที่ผ่านการฉายรังสีมากกว่าตะไคร้ที่ไม่ฉายรังสี และตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าตะไคร้ที่ฉายรังสีปริมาณ 100 Gy แต่เมื่อย้ายตะไคร้มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน พบว่าตะไคร้ที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.05 - 2.25 คะแนน ส่วนตะไคร้ในชุดควบคุมมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำที่สุด คือ 1.80 คะแนน (Figure 6B)

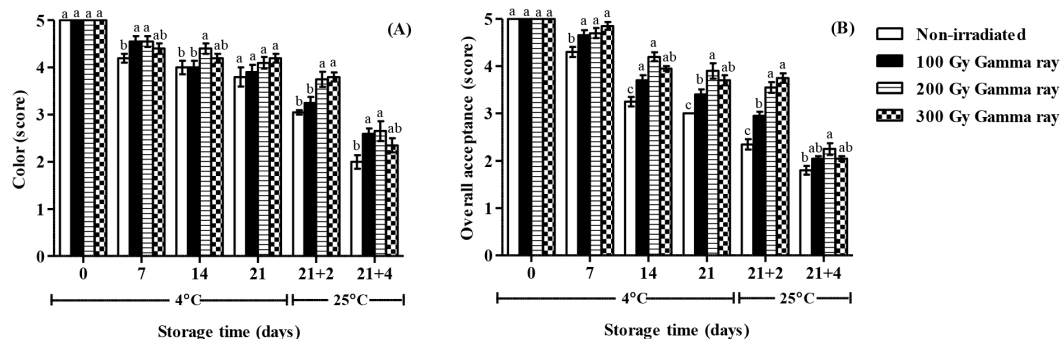


Figure 6 Color (A) and overall acceptance (B) scores of lemongrass irradiated with gamma ray at doses of 100, 200, and 300 Gy compared to non-irradiated sample (control) during storage at 4°C for 21 days and 25°C for 4 days. The vertical bars represent the mean of each replication, and the different letters above the bars show significant differences in the treatments.

4. วิจัยและข้อเสนอแนะ

ตะไคร้เป็นพืชสมุนไพรที่เป็นที่ต้องการทั้งบริโภคภายในประเทศและส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ การจำหน่ายตะไคร้สดจำเป็นต้องมีการตัดแต่ง โดยการตัดส่วนของใบและรากของตะไคร้ออก รวมทั้งแกะเอากาบใบด้านนอกบางส่วนออกเพื่อความสวยงาม อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการจำหน่ายหรือเก็บรักษา มักพบว่าตะไคร้จะงอกส่วนของยอดและรากออกมาใหม่ รวมทั้งบริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของตลาด และทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น งานวิจัยนี้พบว่าการฉายรังสีแกมมามีผลชะลอการงอกของยอดตะไคร้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากรังสีมีผลทำลาย DNA ในเซลล์ของพืชทำให้การแบ่งเซลล์หยุดชะงักลง [5] รวมทั้งรังสีมีผลกระตุ้นให้เกิด reactive oxygen species (ROS) ภายในเซลล์พืช ซึ่งส่งผลกระทบต่อ DNA เอนไซม์ หรือโปรตีนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช [6] จากผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยหลายๆ ฉบับที่ได้รายงานถึงประสิทธิภาพของการใช้รังสีแกมมาในการยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง [1] กระเทียม [2] และหอมหัวใหญ่ [3] นอกจากนี้รังสีแกมมาสามารถชะลอการบานและยืดอายุการเก็บรักษาของเห็ดหลายชนิด [9] อย่างไรก็ตาม

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อการยับยั้งการงอกขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และปริมาณของรังสีที่พืชได้รับ [5] สำหรับตะไคร้พบว่า การใช้รังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy สามารถยับยั้งการงอกของตะไคร้ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านอื่นๆ ของตะไคร้ การฉายรังสี 100 - 300 Gy สามารถลดเปอร์เซ็นต์การงอกของตะไคร้ได้นาน 21 + 2 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาตะไคร้เป็นเวลา 21 + 4 วัน พบว่าตะไคร้มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับตะไคร้ในชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเกิดจากความชื้นภายในถุงที่เพิ่มสูงขึ้น โดยสังเกตได้จากหยดน้ำที่เกาะภายในถุง ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลจากอัตราการหายใจของตะไคร้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อย้ายออกมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น (จากเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ย้ายมาไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้เกิดการสะสมของน้ำที่เกิดจากการหายใจ ทำให้ความชื้นภายในถุงเพิ่มขึ้น และมีผลกระตุ้นไปกระตุ้นการงอกของตะไคร้ อย่างไรก็ตาม การฉายรังสีแกมมาทุกความเข้มข้นสามารถชะลอการยืดยาวของยอดตะไคร้ที่กำลังงอกได้เมื่อเปรียบเทียบกับตะไคร้ที่ไม่ฉายรังสี (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

นอกจากรังสีแกมมาจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของตะไคร้ ยังมีผลช่วยรักษาคุณภาพของ

ตะไคร้ โดยมีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงสี และลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบของตะไคร้ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ไม่ว่าจะเป็นสี หรือการเกิดสีน้ำตาล นับเป็นปัจจัยแรกๆ ที่ผู้บริโภคมักจะใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเลือกซื้อ สำหรับสีของตะไคร้ โดยทั่วไปลำต้นตะไคร้จะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีเขียวจนกลายเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาลตามลำดับเมื่อเก็บรักษาตะไคร้เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าการฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของตะไคร้ โดยเฉพาะการฉายรังสีปริมาณ 200 Gy มีประสิทธิภาพดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่ระบุว่ารังสีแกมมาปริมาณ 0.5 - 4 kGy สามารถชะลอการเปลี่ยนสีของมะเขือเทศ [11] สับปะรด [17] และ แอปเปิ้ล [18] เนื่องจากการฉายรังสีมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ [18, 19] นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสียังเกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีนของพืช งานวิจัยนี้พบว่ารังสีแกมมาช่วยลดการผลิตเอทิลีนของตะไคร้ลงได้อย่างมาก ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้เอทิลีนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและการเสื่อมสภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้พบว่าตะไคร้ทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสีแกมมา (control) มีการผลิตเอทิลีนสูงในวันแรก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากบาดแผลที่เกิดจากการตัดแต่งตะไคร้กระตุ้นให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตะไคร้ทุกหัตถ์มีการผลิตเอทิลีนลดลง โดยเฉพาะตะไคร้ที่ฉายรังสีแกมมามีการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม เช่นเดียวกับที่พบในแครอท [20] มะเขือเทศ [11] และสับปะรด [17] ทั้งนี้รังสีมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate synthase (ACC synthase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสังเคราะห์เอทิลีน [21] นอกจากนี้ การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบของตะไคร้

เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของตะไคร้ ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเกิดจากการที่ผักและผลไม้ถูกตัดแต่งหรือหั่น ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อถูกทำลาย ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาถูกปลดปล่อยออกมาออกซิไดซ์กับออกซิเจนในอากาศ โดยมีเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งให้เกิดสีน้ำตาล [22] สำหรับในการวิจัยนี้พบว่าการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของตะไคร้ค่อยๆ เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับค่า L^* ที่มีค่าลดลง จากการทดลองพบว่าตะไคร้ที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 และ 300 Gy เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม (ไม่ฉายรังสี) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อตะไคร้ที่ฉายรังสีแกมมา มากกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม ทั้งนี้การที่รังสีแกมมาช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของตะไคร้ได้ อาจเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เช่นเดียวกับที่มีรายงานในเห็ดแชมปิญอง โดย Gautam et al. (1998) รายงานว่ารังสีแกมมาปริมาณ 200 Gy มีผลช่วยลดกิจกรรมเอนไซม์ PPO ส่งผลให้เห็ดแชมปิญองที่ฉายรังสีเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าเห็ดที่ไม่ฉายรังสี [23] นอกจากนี้ Fernandes et al. (2012) รายงานว่ารังสีแกมมามีผลช่วยลดอัตราการหายใจและการสูญเสีย น้ำ ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษา [9] อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบว่าการฉายรังสีแกมมาไม่มีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักสดของตะไคร้ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) และพบว่าตะไคร้ทุกหัตถ์มีการสูญเสีย น้ำหนักต่ำมาก ซึ่งตลอดการเก็บรักษามีการสูญเสีย น้ำหนักเฉลี่ยเพียง 0.5% ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าการบรรจุตะไคร้ในถุงชนิด LDPE ที่ปิดสนิทมีผลช่วยรักษาความชื้นภายในถุง ตลอดจนลดการผ่านเข้าออกของก๊าซ ส่งผลให้การสูญเสีย น้ำตาลลดลง [24] นอกจากนี้การสูญเสีย น้ำหนักจะมีความเกี่ยวข้องกับการหายใจของพืช จากการทดลองนี้พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาตะไคร้ทุกหัตถ์มีการหายใจสูง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความเครียดที่เกิดขึ้นจากการตัด

แต่งและจากการฉายรังสี อย่างไรก็ตามอัตราการทำลายของตะไคร้ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาในห่อเยนที่ 4 องศาเซลเซียส และพบว่าตะไคร้ในแต่ละห่อที่เตรียมมีการทำลายไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดการเก็บรักษาในทางตรงกันข้ามงานวิจัยของ Wichitkunanan and Chaiprasart (2019) พบว่ารังสีแกมมาที่ปริมาณ 400 Gy สามารถลดอัตราการทำลายและการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วง [10] ในขณะที่งานวิจัยของ Akamine and Goo (1971) พบว่ารังสีแกมมาปริมาณ 250 - 1,000 Gy มีผลทำให้อัตราการทำลายของผลเสาวรสเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในชุดควบคุม [25] จากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าชนิดของพืชและปริมาณรังสีที่พืชได้รับมีผลต่ออัตราการทำลายของพืชที่แตกต่างกัน

นอกจากคุณภาพภายนอกของตะไคร้ที่สังเกตได้ งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีและสารต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ เนื่องจากวิตามินซีเป็นสารสำคัญที่พบในตะไคร้และมักจะสูญเสียง่ายในระหว่างการเก็บรักษาและเมื่อได้รับความเครียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการฉายรังสีที่ทำให้เกิดความความร้อน [26] ผลการทดลองนี้พบว่า การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 - 300 Gy ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี แต่ปริมาณวิตามินซีในตะไคร้ทั้งที่ฉายและไม่ฉายรังสีมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim and Yook (2009) ที่ชี้ให้เห็นว่า การฉายรังสีให้กับกวีที่ 1 kGy ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี [27] และเช่นเดียวกันกับที่พบในสตรอเบอร์รี่ ที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300 - 900 Gy [28] ทั้งนี้วิตามินซีเป็นสารที่ช่วยป้องกันและกำจัดอนุมูลอิสระได้ จึงมีความสอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ ซึ่งพบว่าตะไคร้ทุกห่อที่เตรียมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดการเก็บรักษา เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kim and Yook (2009) และ Maraai and Elsayy (2017) ที่รายงานว่าการฉายรังสีแกมมาให้กับกวี [27] และสตรอเบอร์รี่ [28] ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

ปริมาณวิตามินซีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม Nakornpanom and Sirisoon-taralak (2014) รายงานว่าการฉายรังสีมีผลต่อสารสำคัญและสารต้านอนุมูลอิสระภายในของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี ปริมาณรังสีที่ใช้ และชนิดของผลิตภัณฑ์ [29]

5. สรุปผลการวิจัย

การฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอการงอกของตะไคร้ได้ โดยรังสีแกมมาปริมาณ 100 200 และ 300 Gy มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพของตะไคร้ พบว่าการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 Gy มีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของตะไคร้ได้ดีที่สุด และการฉายรังสีปริมาณ 200 และ 300 Gy ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่ปลายยอดและโคนกาบใบของตะไคร้ได้ดี ส่งผลให้ตะไคร้มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าตะไคร้ในชุดควบคุม นอกจากนี้ยังการฉายรังสีแกมมาทุกความเข้มข้นมีผลช่วยลดอัตราการผลิตเอทิลีน แต่ไม่มีผลต่อการหายใจ ปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตะไคร้ จากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมาปริมาณ 200 Gy มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอก และมีแนวโน้มที่จะช่วยรักษาคุณภาพของตะไคร้ในระหว่างการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายได้ดีที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2565 รหัสโครงการ 169917 และคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ United Graduated School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University, Japan และศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยนี้

7. References

- [1] Mahto, R. and Das, M., 2014, Effect of gamma irradiation on the physico-mechanical and chemical properties of potato (*Solanum tuberosum* L.), cv. 'Kufri Sindhuri', in non-refrigerated storage conditions, *Postharvest Biol. Technol.* 92: 37-45.
- [2] Sharma, P., Sharma, S.R., Dhall, R.K., Mittal, T.C. and Bhatia, S., 2020, Physico-chemical behavior of γ -irradiated garlic bulbs under ambient storage conditions, *J. Stored Prod. Res.* 87: 1-11.
- [3] Sharma, P., Sharma, S.R., Dhall, R.K. and Mittal, T.C., 2020, Effect of γ -radiation on post-harvest storage life and quality of onion bulb under ambient condition, *J. Food Sci. Technol.* 57(7): 2534-2544.
- [4] Nathawat, N.S., Joshi, P., Chhipa, B.G., Hajare, S., Goyal, M., Sahu, M.P. and Singh, G., 2013, Effect of gamma radiation on microbial safety and nutritional quality of kachri (*Cucumis callosus*), *J. Food Sci. Technol.* 50(4): 723-730.
- [5] Majeed, A., Muhammad, Z. and Ullah, R., 2018, Gamma irradiation effect on germination and general growth characteristics of plants, *Pak. J. Bot.* 50(6): 2449-2453.
- [6] Majeed, A., Muhammad, Z., Ullah, R., Ullah, Z., Ullah, R., Chaudhry, Z. and Siyar, S., 2017, Effect of gamma irradiation on growth and post-harvest storage of vegetables, *PSM Biol. Res.* 2(1): 30-35.
- [7] Munir, M.T. and Federighi, M., 2020, Control of foodborne biological hazards by ionizing radiations, *Foods* 9(7): 1-23.
- [8] Dinnocenzo, M. and Lajolo, F.M., 2001, Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya, *J. Food Biochem.* 25: 425-438.
- [9] Fernandes, A., Antonio, A.L., Oliveira, M.B.P.P., Martins, A. and Ferreira, I.C.F.R., 2012, Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review, *Food Chem.* 135: 641-650.
- [10] Wichitkunan, P. and Chaiprasart, P., 2019, Effect of gamma radiation on post-harvest quality in "Nam Dok Mai No. 4" mango, *Agricultural Sci. J.* 50(1): 45-50. (in Thai)
- [11] Mazumder, M.N.N. and Misran, A., 2022, Potential of gamma irradiation on post-harvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.): a review, *Food Res.* 6(4): 47-58.
- [12] Hussain, P.R., Wani A.M., Meena, R.S. and Dar M.A., 2010, Gamma irradiation induced enhancement of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and antioxidant activity in peach (*Prunus persica* cv. *Elberta*), *Radiat. Phys. Chem.* 79: 982-989.
- [13] Zambrano-Zaragoza, M.L., Mercado-Silva, E., Del-Real, L.A., Gutiérrez-Cort, E., Cornejo-Villegas, M.A. and Quintanar-Guerrero, D., 2014, The effect of nano-coatings with α -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut 'Red Delicious' apples, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 22: 188-196.

- [14] Pangaribuan, D.H., 2006, Ethylene production and respiration rate in fruit and sliced tomatoes, *J. Agrotrop.* 6(1): 15-21.
- [15] Roe, J.H., Milles, M.B., Oesterling M.J. and Damron C.M., 1948, The determination of diketo-l-gulonic acid, dehydro-l-ascorbic acid and l-ascorbic acid in the same tissue extract by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method, *J. Biol. Chem.* 174: 201-208.
- [16] Pothitirat, W., Chomnawang, M.T., Supabphol, R. and Gritsanapan, W., 2009, Comparison of bioactive compounds content, free radical scavenging and anti-acne inducing bacteria activities of extracts from the mangosteen fruit rind at two stages of maturity, *Fitoterapia* 80: 442-447.
- [17] Jenjob, A., Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Wongs-Aree, C. and Aiamla-Or, S., 2017, Effect of harvest seasonal and gamma irradiation on the physicochemical changes in pineapple fruit cv. Pattaviva during stimulated sea shipment, *Food Sci. Nutr.* 5: 997-1003.
- [18] Tu, M., 2020, Impact of gamma irradiation on post-harvest disorders in 'Bartlett' pears, Master Thesis, Chapman University, California, 80 p.
- [19] Byuna, M.M., Joa, C., Leeb, K.H. and Kyung-Su Kim, K.S., 2022, Chlorophyll breakdown by gamma irradiation in a model system containing linoleic acid, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79: 145-150.
- [20] Chervin, C., Triantaphylides, C., Libert, M.F., Siadous, R. and Boisseau, P., 1992, Reduction of wound-induced respiration and ethylene production in carrot root tissues by gamma irradiation, *Postharvest Biol. Technol.* 2: 7-17.
- [21] Larrigaudière, C.A., Lateché, J.C., Pech, J.C. and Triantaphylides, C., 1991, Relationship between stress ethylene production induced by gamma irradiation and ripening of cherry tomatoes, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116(6): 1000-1003.
- [22] Jiang, Y., Duan, X., Qu, H. and Zheng, S., 2016, Browning: enzymatic browning, *Food Sci.* 87: 508-514.
- [23] Gautam, S., Shanna, A. and Thomas, P., 1998, Gamma irradiation effect on shelf-life, texture, polyphenol oxidase and microflora of mushroom (*Agaricus bkpours*), *Int. J. Food Sci. Nutr.* 49: 5-10.
- [24] Hailu, M., Workneh, T.S. and Belew, D., 2014, Effect of packaging materials on shelf life and quality of banana cultivars (*Musa spp.*), *J. Food Sci. Technol.* 51(11): 2947-2963.
- [25] Akamine, E.K. and Goo, T., 1971, Respiration of gamma-irradiated fresh fruits, *J. Food Sci.* 36: 1074-1077.
- [26] Ramírez-Cahero, H.F. and Valdivia-López, M.A., 2017, Effect of gamma radiation on sugars and vitamin C: radiolytic pathways, *Food Chem.* 245(2): 4-12.
- [27] Kim, K.H. and Yook, H.S., 2009, Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward), *Radiat. Phys. Chem.* 78: 414-421.

- [28] Maraiei, R.W. and Elsaywy, K.M., 2017, Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by γ -irradiation, *J. Radiat. Res. Appl. Sci.* 5: 1-8.
- [29] Nakornpanom, N.N. and Sirisoontaralak, P., 2014, The effect of irradiation on bioactive compounds in plant and plant products, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Bangkok, 17 p.