

การฉายรังสี UV-C ต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพ ของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค

UV-C irradiation on microbial control and quality of fresh-cut dragon fruit

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล^{1*} และ สุภัทรา ไชยชมภู¹

Hataitip Nimitkeatkai^{1*} and Supatcha Chaichomphu¹

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของรังสี UV-C ต่อเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของแก้วมังกร [*Hylocereus undatus* (Haw) Britt. and Rose] ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยทำการฉายรังสี UV-C กับชิ้นแก้วมังกรตัดแต่งบนถาดโฟมนาน 0 (ชุดควบคุม), 5 และ 10 นาที ซึ่งแก้วมังกรจะได้รับรังสีที่ระดับความเข้มเท่ากับ 0, 1.6 และ 3.2 kJ/m² ตามลำดับ แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน จากการทดลองพบว่า การใช้รังสี UV-C สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และการจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโป-คลอไรท์ 50 ppm นาน 3 นาที โดยเฉพาะเมื่อใช้รังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m² มีผลทำให้แก้วมังกร ตัดแต่งพร้อมบริโภค มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ต่ำที่สุดในระหว่างการเก็บรักษา (P<0.05) อย่างไรก็ตามรังสี UV-C ไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (วิธี DPPH) ของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำสำคัญ: การฉายรังสี UV-C, แก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค, เชื้อจุลินทรีย์, คุณภาพ, ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

ABSTRACT: The effectiveness of UV-C irradiation on microorganism and quality of fresh-cut dragon fruit [*Hylocereus undatus* (Haw) Britt. and Rose] was investigated. Fresh-cut of dragon fruit cubes were placed on foam tray and irradiated with UV-C for 0 (control), 5 and 10 min which equal to 0, 1.6 and 3.2 kJ/m², respectively. Samples were wrapped with polyvinylchloride film before storage at 5±1 °C for 9 days. The result showed that UV-C treatment reduced microbial contamination compared to those of control and dipping in sodium hypochlorite 50 ppm for 3 min. Treatment with 3.2 kJ/m² UV-C on fresh-cut dragon fruit showed the lowest total bacterial growth, coliforms, yeast and mold during storage (P<0.05). However, UV-C irradiation had no significant effected on flesh color difference, titratable acidity, total phenolic compound and antioxidant capacity (DPPH method) of fresh-cut dragon fruit.

Keywords: UV-C irradiation, fresh-cut dragon fruit, microorganism, quality, antioxidant capacity

¹ สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหารในธุรกิจเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

Division of Food Safety in Agri-business, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao

* Corresponding author: hataakira@hotmail.com

บทนำ

แก้วมังกรเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีคุณค่าทางอาหารสูง ปลูกง่าย สามารถปลูกได้ในทั่วทุกภาคของประเทศไทย อีกทั้งยังให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ในปัจจุบันการบริโภคแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยประหยัดเวลาในการเตรียม เพิ่มความสะดวกสบาย และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี ดังนั้นความต้องการของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ปัญหา ที่พบในการแปรรูปแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค คือปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เนื่องจากการตัดหรือหักทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของพืชถูกทำลาย จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่รวดเร็ว ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค และเน่าเสียได้เร็ว ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น (จริงแท้, 2542) การลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และโอโซน ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้สารเคมีและมีค่าใช้จ่ายสูง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ารังสี UV-C ช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและเชื้อรา (Sasthy et al., 2000; Liu et al., 2000) พบว่า รังสี UV-C สามารถยับยั้งเชื้อราดำและราสีเทา บนผลของมะเขือเทศที่ถูกปลูกเชื้อ นอกจากนี้ยังช่วยคงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้ โดยชะลอการสลายคลอโรฟิลล์ ลดอัตราการหายใจ และเพิ่มความสามารถในการต้านออกซิเดชันในบล็อกโคลี (Costa et al., 2006) เนื่องจากรังสี UV-C จัดเป็นหนึ่งในที่มาของอนุมูลอิสระภายใต้สภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อม พืชจึงมีกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระที่สร้างเพิ่มขึ้นภายใต้สภาวะดังกล่าว (จริงแท้, 2549) อย่างไรก็ตามรังสี UV-C มีช่วงคลื่นแสงสั้น จึงมีพลังงานสูงหากใช้ความเข้มแสงมากเกินไปกับผลิตผลบางชนิดที่มีความทนทานต่อรังสี

น้อยอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาประสิทธิภาพของ UV-C ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค

วิธีการศึกษา

นำแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาวเปลือกแดง ที่ได้จากสวนเกษตรกรในอำเภอแม่กา จังหวัดพะเยา มาล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำมาปอกเปลือก และหั่นชิ้นแก้วมังกรตามแนวตั้งแบ่งเป็น 6 ชิ้นต่อผล บรรจุลงในถาดโฟม จากนั้นทำการฉายรังสี UV-C นาน 0 (ชุดควบคุม), 5 และ 10 นาที ซึ่งแก้วมังกรจะได้รับรังสีที่ระดับความเข้มเท่ากับ 0, 1.6 และ 3.2 kJ/m² ตามลำดับ แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaO-Cl) 50 ppm นาน 3 นาที บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน เป็นเวลา 9 วัน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ีส์ต์และรา โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (Himedia Laboratories Pvt. Ltd., India), Deoxycholate Agar (Himedia Laboratories Pvt. Ltd., India) และ Potato Dextrose Agar (Himedia Laboratories Pvt. Ltd., India) ตามลำดับ นับจำนวนโคโลนีแล้วรายงานผลเป็นค่า log CFU/g และตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อโดยเครื่อง colorimeter (ΔE ; $(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2$)^{1/2} เมื่อ L = ค่าความสว่าง, a = ค่าสีแดง-เขียว, b = ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH-radical scavenging assay วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's multiple range test

ผลการศึกษา

แก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเท่ากับ $2.92 \log \text{CFU/g}$ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1A) แก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการฉายรังสี UV-C มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่าชุดควบคุม และชุดที่แช่ในสารละลาย NaOCl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$) โดยเฉพาะเมื่อใช้รังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m^2 เช่นเดียวกับปริมาณโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ที่พบว่า การฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m^2 มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคลิฟอร์ม ยีสต์และราได้ดีที่สุด ($P < 0.05$) (Figure 1B, C) ส่วนการฉายรังสี UV-C กับแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระดับ 1.6 kJ/m^2 ไม่มีผลต่อการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ โดยมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

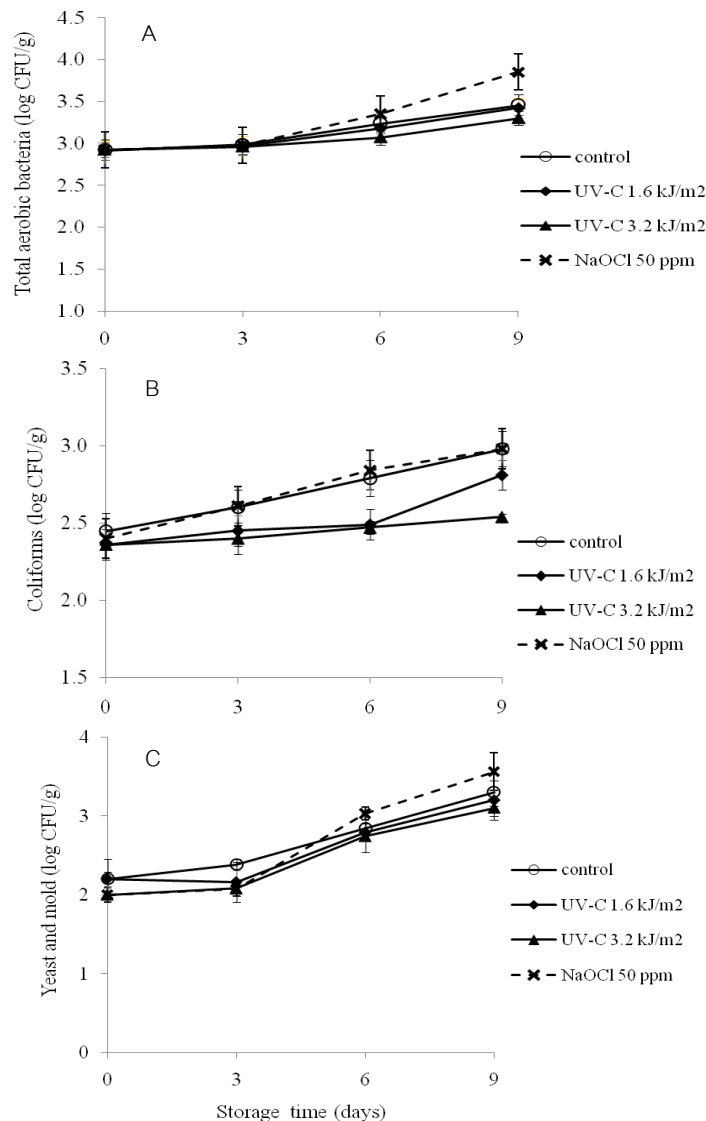


Figure 1 Total aerobic bacteria (A), coliforms (B) and yeast/mold (C) of fresh-cut dragon fruit pre-treated with UV-C at 0, 1.6 and 3.2 kJ/m^2 before storage at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ for 9 days. Vertical bars represent SD (n=3)

ความแตกต่างของสีเนื้อแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค แสดงในรูปของค่า ΔE (Figure 2A) การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคในทุกชุดทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าสีของเนื้อแก้วมังกรมีการเปลี่ยนแปลงจากวันแรกจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา โดยเนื้อแก้วมังกรมีการเปลี่ยนแปลงจากขาวชุนเป็นลักษณะใสหรือฉ่ำน้ำ จากการทดลองพบว่า การฉายรังสี UV-C ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมหลังจากการเก็บรักษาที่ 3 และ 6 วัน แต่เมื่อฉายรังสีที่ระดับ 3.2 kJ/m² มีผลทำให้เนื้อแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงสีมากกว่าชุด

ควบคุมในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อแก้วมังกรเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแช่ในสารละลาย NaOCl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณกรดที่ไ้เตตราห์ได้ของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 2B) โดยพบว่าภายหลังจากการฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 1.6 และ 3.2 kJ/m² (วันที่ 0) มีผลทำให้กรดที่ไ้เตตราห์ได้ของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณต่ำกว่าในชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย NaOCl อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณกรดที่ไ้เตตราห์ได้ในแต่ละชุดทดลองระหว่างการเก็บรักษา ($P>0.05$)

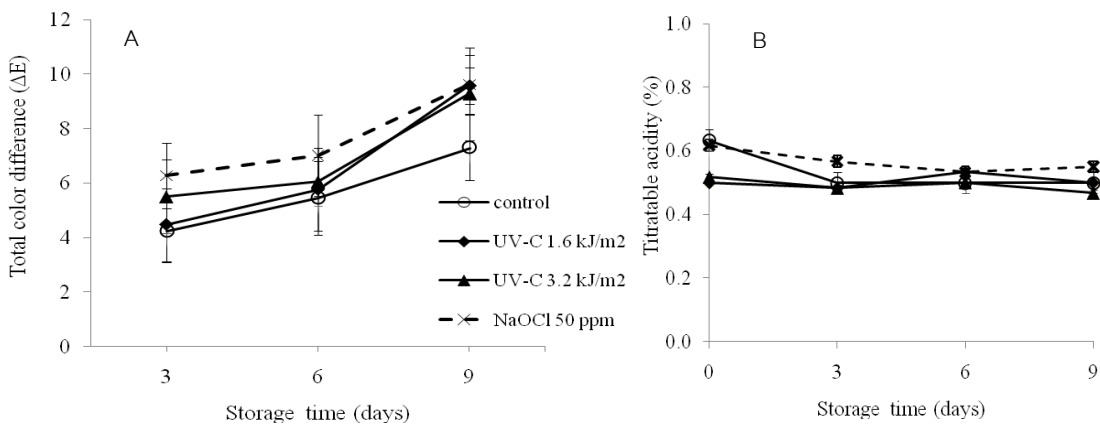


Figure 2 Total color difference (A) and titratable acidity (B) of fresh-cut dragon fruit pre-treated with UV-C at 0, 1.6 and 3.2 kJ/m² before storage at 5±1°C for 9 days. Vertical bars represent SD (n=3)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา (Figure 3A) โดยแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการฉายรังสี UV-C และชุดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย NaOCl มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าในชุดควบคุม หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของแต่ละชุดทดลอง ($P>0.05$) ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อม

บริโภค มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (Figure 3B) โดยในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการฉาย UV-C และที่ผ่านการแช่ในสารละลาย NaOCl มีค่าสูงกว่าในชุดควบคุม อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติของความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($P>0.05$)

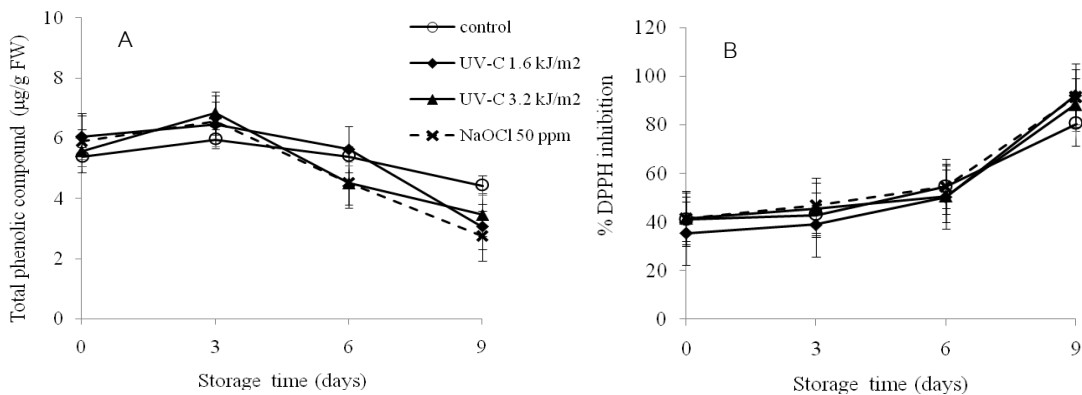


Figure 3 Total phenolic compound (A) and %DPPH inhibition (B) of fresh-cut dragon fruit pre-treated with UV-C at 0, 1.6 and 3.2 kJ/m² before storage at 5±1°C for 9 days. Vertical bars represent SD (n=3)

วิจารณ์

แก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการฉาย UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m² มีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับ UV-C อาจเนื่องจากรังสี UV-C มีผลต่อองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์จุลินทรีย์โดยเฉพาะ DNA ที่สามารถดูดซับรังสีได้ จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความผิดปกติในการเชื่อมต่อของเบสบนสาย DNA ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ เช่นเดียวกับที่มีรายงานการใช้รังสี UV-C ที่ระดับ 4.8-7.2 kJ/m² กับแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค (Artes-Hernandez et al., 2010) ประสิทธิภาพของรังสี UV-C ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ในแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค ขึ้นอยู่กับระดับของรังสี โดยเฉพาะที่ระดับ 6.4 kJ/m² จะมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีกว่าที่ระดับ 3.2 และ 1.6 kJ/m² ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่ระดับดังกล่าว มีผลทำให้เนื้อแก้วมังกรมีลักษณะฉ่ำน้ำตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ไม่แสดงข้อมูล)

การฉาย UV-C ที่ระดับ 1.6-3.2 kJ/m² มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงท้ายของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าการฉาย UV-C ที่ระดับดังกล่าวไม่มีผลต่อ

คะแนนความชอบด้านสีเนื้อและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค (ไม่แสดงข้อมูล) นอกจากนี้รังสี UV-C ยังไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค จากการศึกษที่ผ่านมายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างการฉาย UV-C กับกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลการวิจัยของ Perkins-Weazie et al. (2008) ในผลบลูเบอร์รี่และแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค (Artes-Hernandez et al., 2010) ที่ไม่พบการเพิ่มขึ้นของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ภายหลังจากการฉายรังสี UV-C ในขณะที่การฉาย UV-C ที่ระดับ 0.43-4.3 kJ/m² ช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสตรอเบอรี่ได้ (Erkan et al., 2008)

สรุป

การฉายรังสี UV-C ที่ระดับ 3.2 kJ/m² สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และราได้ โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และ

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยการอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางขายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- Artes-Hernandez, F., Robles P.A., Gomez P.A., Tomas-Callejas A., and Artes F. 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biol. Technol.* 55: 114-120.
- Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R., and Martinez, G.A. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biol. Technol.* 39: 204-210.
- Erkan, M., Wang, S., and Wang, C. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 48: 163-171.
- Liu, J., Steven, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Adeyeye, O., Kabwe, M.K., Pusey, P.L., Chaltuz, E., Sultana, T., and Droby, S. 2000. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *J. Food Protect.* 56: 868-872.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., and Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest. Biol. Technol.* 47: 280-285.
- Sastry, S.K., Datta, A.K., and Worobo, R.W. 2000. Ultraviolet light. *J. Food Sci. Sup.* 65: 90-92.