Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 27-30 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 27-30 (2559)

ผลของการฉายรังสียูวี-ซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในมะละกอสุกหั่นชิ้นพันธุ์เรดมาราดอล

Effect of Ultraviolet-C Radiation on Microbial Population Changes in Fresh-cut 'Red Maradol' Papaya

ชลิดา ฉิมวารี[1,2] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2] และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล[3]
Chimvaree, C.[1,2], Boonyaritthongchai, P.[1,2] and Poubol, J.[3]

Abstract

This research studied the effect of ultraviolet-C (UV-C) radiation on microbial population changes in fresh-cut 'Red Maradol' ripe papaya. 'Red Maradol' ripe papaya fruit at a consumption stage was washed with 200 mg/L sodium hypochlorite solution. Fruit was peeled and cut into 2 cm^3 pieces. Fresh-cut 'Red Maradol' ripe papayas were packed in foam tray and irradiated with UV-C at the dose of 1.2, 2.4 and 3.6 kJ/m^2 and were compared to un-irradiated fresh-cut ripe papaya (control). Trays were wrapped with 10 µm polyvinylchloride films and stored at 7 ^oC for 6 days. The total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds content were determined every 2 days. It was found that the UV-C irradiated at all doses delayed the growth of total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds in fresh-cut ripe papaya. UV-C irradiation at 3.6 kJ/m^2 was the best treatment to delay the growth of microorganisms. At the end of storage, UV-C irradiation at 3.6 kJ/m^2 reduced the growth of total microbial, coliforms, lactic acid bacteria, yeasts and molds to about 1.9, 1.4, 0.9 and 0.9 log CFU/g, respectively as compared to control. Fresh-cut ripe papaya had the shelf-life of 6 days.

Keywords: fresh-cut ripe papaya, UV-C, microorganisms

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการฉายรังสียูวี-ซีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นพันธุ์เรดมาราดอล โดยนำผลมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอลที่มีระยะสุกพร้อมบริโภคมาล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นปอกเปลือกผลมะละกอและตัดเป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นพันธุ์เรดมาราดอลบนถาดโฟมแล้วนำไปฉายรังสียูวี-ซีที่ปริมาณรังสี 1.2 2.4 และ 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ไม่ผ่านการฉายรังสียูวี-ซี (ชุดควบคุม) หุ้มถาดโฟมด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ที่มีความหนา 10 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราในเนื้อมะละกอหั่นชิ้นทุก ๆ 2 วัน ผลการทดลองพบว่าการฉายรังสียูวี-ซีทุกระดับช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิดในเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นได้ โดยการฉายรังสียูวี-ซีที่ปริมาณรังสี 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ดีที่สุด โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าการฉายรังสียูวี-ซีที่ปริมาณรังสี 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร ช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ได้ประมาณ 1.9 1.4 0.9 และ 0.9 log CFU/g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จึงมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน โดยไม่เกินจำนวนจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจนับได้ (Microbial detectable; 2.4 log_{10}CFU/g)

คำสำคัญ: มะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค, ยูวี-ซี, จุลินทรีย์

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

[3] สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[3] Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่สำคัญทางเศรษฐกิจ มีรสชาติอร่อยเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้ความต้องการของตลาดเพิ่มสูงขึ้น มะละกอพันธุ์เรดมาราดอล หรือรู้จักกันในชื่อพันธุ์ปลักไม้ลาย หรือพันธุ์ฮอลแลนด์ เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ผลขนาดเล็ก ช่องว่างภายในแคบ ทนทานต่อการขนส่ง จึงเป็นที่ต้องการของตลาด เมื่อนำผลมะละกอสุกมาจำหน่ายในรูปมะละกอหั่นชิ้นพร้อมบริโภค เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลมะละกอสุก อย่างไรก็ตามควรมีวิธีการเตรียมที่ถูกสุขลักษณะ เก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีอายุการวางจำหน่ายได้นาน (King and Bolin, 1989) เนื่องจากผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ ในระหว่างการตัดแต่งทำให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้หั่นชิ้นที่ได้มีความบอบบางและง่ายต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย และก่อให้เกิดโรค ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นมีความจำเป็นที่ต้องทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อป้องกันการเจริญและลดการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการตัดแต่งและการวางจำหน่าย การฆ่าเชื้อสามารถทำได้ทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

รังสียูวี-ซี (UV-C) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแถบสีน้ำเงินของสเปกตรัมแสงกับแถบของรังสีเอกซ์ มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-280 นาโนเมตร (สมบุญ, 2538) ซึ่งรังสียูวี-ซี เป็นรังสีที่ไม่ก่อให้เกิดไอออน (non-ionization) เมื่อนำมาใช้กับพืชจะซึมผ่านเพียงแค่พื้นผิวเท่านั้น (Luckey, 1980) การฉายรังสียูวี-ซี เป็นวิธีการฆ่าจุลินทรีย์ทางกายภาพ ซึ่งมีรายงานว่าการใช้รังสียูวี-ซีที่ความเข้มตั้งแต่ 0.5 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยที่ความเข้ม 1 และ 1.5 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรรี่ได้ดีกว่าที่ความเข้มต่ำกว่า 1 กิโลจูลต่อตารางเมตร (Marquenie *et al*., 2002) การฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 4.1 กิโลจูลต่อตารางเมตร ให้กับแตงโมหั่นชิ้นสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากกว่า 1 log CFU/g และการใช้รังสียูวี-ซีที่ความเข้มสูงกว่านี้ไม่มีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์แตกต่างกันทางสถิติ (Fonseca and Rushing, 2006) และการฉายรังสียูวี-ซีกับเนื้อแก้วมังกรหั่นชิ้นที่ความเข้ม 3.6 และ 7.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดได้ดีกว่าการฉายรังสียูวี-ซีก่อนการตัดแต่ง (โชคอนันต์, 2550) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสียูวี-ซี ที่ความเข้มต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นพร้อมบริโภคพันธุ์เรดมาราดอล

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแปรรูปและการฉายรังสียูวี-ซีของเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นพันธุ์เรดมาราดอล

คัดเลือกผลมะละกอสุกพันธุ์เรดมาราดอลจากสวนในจังหวัดปราจีนบุรีที่ผิวมีสีเหลืองร้อยละ 75 น้ำหนักประมาณ 1,300 กรัม ไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาล้างฝุ่นออกด้วยน้ำประปาและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ตัดส่วนขั้วและส่วนท้ายผลออก แล้วตัดให้เป็นชิ้นขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาหั่นชิ้นและฉายรังสียูวี-ซี ที่ความเข้มแสง 1.2 2.4 และ 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร ตามลำดับ บรรจุเนื้อมะละกอหั่นชิ้น น้ำหนัก 120 กรัม ลงในถาดโฟมก้นลึก หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์หนา 10 ไมโครเมตร เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ในเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นทุกๆ 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยโปรแกรม SAS 6 (Microsoft Corporation)

2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นพันธุ์เรดมาราดอล

การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา ทำโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany), Deoxycholate agar (HiMedia Laboratories; Mumbai, India), de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS; Merck; Darmstadt, Germany) และ Potato dextrose agar (PDA; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) ตามลำดับ โดยชั่งเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ลงในถุง Stomacher ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วตีปั่นกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง stomacher (Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) ทำการเจือจางตัวอย่าง (dilution plate count) สำหรับตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม และแล็กติกแอซิดแบคทีเรีย โดยเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันโดยหมุนสลับซ้ายขวาอย่างละ 5 ครั้ง จากนั้นวางไว้ให้อาหารแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และบ่มไว้ 72 ชั่วโมง สำหรับตรวจหาแล็กทิกเอซิดแบคทีเรีย จากนั้นเจือจางตัวอย่างต่อด้วย

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 แล้วดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (spread plate technique) PDA บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน นับจำนวนโคโลนีและรายงานผลเป็นค่า Colony Forming Unit ต่อกรัม (CFU/g)

ผลและวิจารณ์

ผลของการฉายรังสียูวี-ซีเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา เนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นภายหลังที่ฉายรังสียูวี-ซี พบว่ามะละกอมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และรา อยู่ในช่วง 1.36-2.46, 1.55-2.26, 1.13-1.91 และ 0.95-1.59 log CFU/g ตามลำดับ (Figure 1 A-D) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณจุลินทรีย์ต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ ($\leq$ 2.4 log CFU/g) โดยเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดการเจริญของเชื้อโคลิฟอร์มและแล็กทิกแอซิดแบคทีเรียได้โดยไม่เกินจำนวนจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจนับได้ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยไม่เกินจำนวนจุลินทรีย์ต่ำสุดที่สามารถตรวจนับได้ ในช่วง 2 และ 4 วันแรกของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรังสียูวี-ซี ไปมีผลทำให้ DNA และโครงสร้างของ pyrimidine dimers เกิดความเสียหาย (Mitchell และคณะ, 1992) ทำให้เกิดการแตกหักของ single และ double strand DNA (Slieman and Nicholson, 2000) และชักนำให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซม (Cieminis *et al*., 1987)

ภายหลังจากที่เก็บมะละกอที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1A) โดยเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด (1.9 log CFU/g) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าแตงโมหั่นชิ้นที่ผ่านการฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 4.1 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่า 1 log CFU/g (Fonseca และ Rushing, 2006)

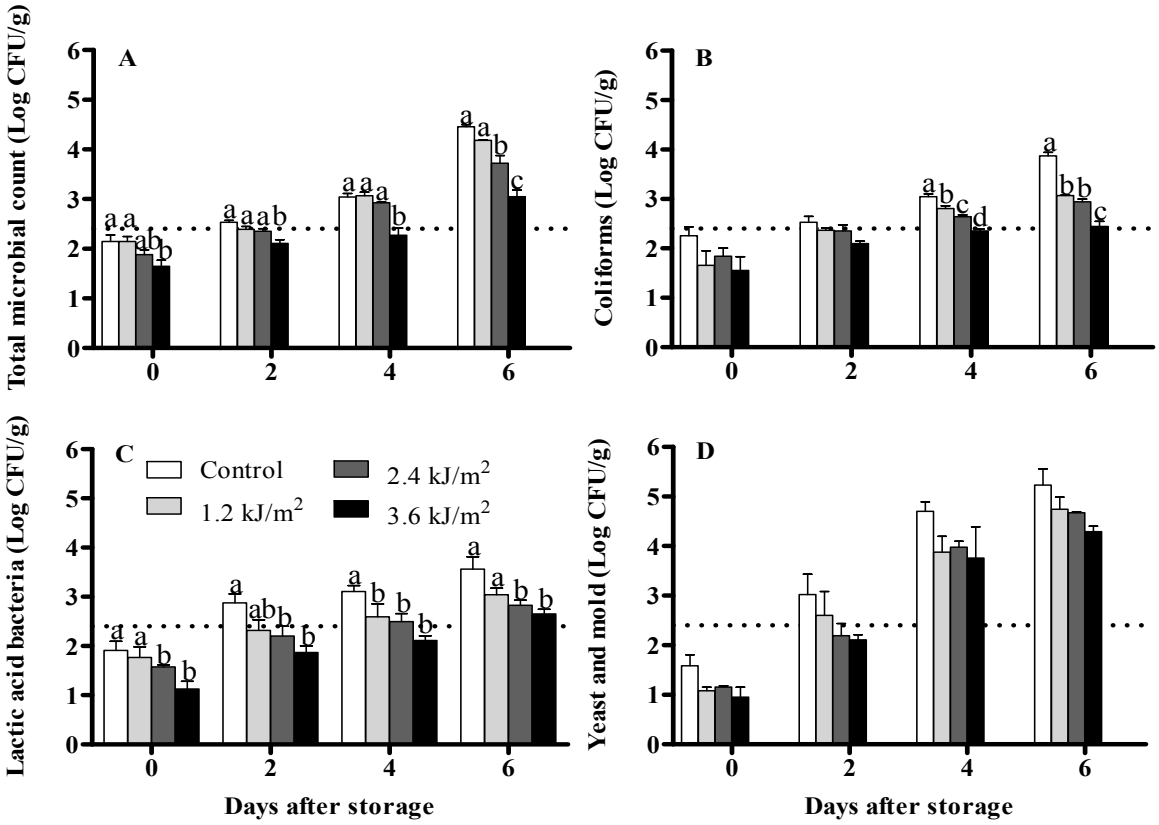

Figure 1 Total microbial (A), coliforms (B), lactic acid bacteria (C), yeast and molds (D) of fresh-cut 'Red Maradol' papaya treated with 1.2, 2.4 and 3.6 kJ/m^2 UV-C. Papaya cubes were packed in foam tray and wrapped with PVC films, and then stored at 7°C for 6 days. Dotted line represents microbial counts below the detection level

และยังพบว่าเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ฉายรังสียูวี-ซี สามารถลดปริมาณโคลิฟอร์มได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (Figure 1B) โดยมะละกอที่ฉายรังสียูวี-ซี ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร ลดปริมาณโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด (1.4 log CFU/g) รองลงมาคือที่ความเข้ม 2.4 และ 1.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร การใช้รังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 1.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดปริมาณ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มของโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนในหน่อไม้ฝรั่งได้ (Poubol *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ฉายรังสียูวี-ซี สามารถลดปริมาณแล็กทิกแอซิดแบคทีเรียได้ดีกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1C) โดยที่ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถลดปริมาณแล็กทิกแอซิดแบคทีเรียได้ดีที่สุด (0.9 log CFU/g) รองลงมาคือที่ความเข้ม 2.4 และ 1.2 กิโลจูลต่อตารางเมตร สำหรับปริมาณยีสต์และรามีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกชุดการทดลอง (Figure 1D) โดยเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นที่ฉายรังสียูวี-ซี ความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นช้ากว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามปริมาณยีสต์และราของเนื้อมะละกอสุกหั่นชิ้นในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับที่มีรายงานในเมล็ดทับทิมพร้อมบริโภค (Lopez-Rubira *et al*., 2005) ประสิทธิภาพการฉายรังสียูวี-ซีต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์แตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตผล เช่นการฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้ม 1.17 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และราในถั่วลิสงป่นได้ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2555)

สรุปผล

การฉายรังสียูวี-ซีที่ระดับความเข้ม 3.6 กิโลจูลต่อตารางเมตร ให้กับเนื้อมะละกอหั่นชิ้นช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม แล็กทิกแอซิดแบคทีเรีย ยีสต์และราได้ดีกว่าการฉายรังสียูวี-ซีที่ความเข้มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือในการทำวิจัย และสนับสนุนการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, พัทธนันท์ ยาทิพย์ และ พริมา พิริยางกูร. 2555. ผลของการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตซีต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในถั่วลิสงป่น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3 พิเศษ): 645-648.

โชคอนันต์ จันทร์สำราญกุล. 2550. ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาและการฉายรังสียูวี-ซี ต่อคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมบุญ จิรชาญชัย. 2538. What happens when you meet me? นิวเคลีย์ปริทัศน์ 10 (2): 1-9.

Cieminis, K.G.K., V.M. Ranceliene, A,J. Prijalgauskiene, N.V. Tiunaitiene, A.M. Rudzianskaite and Z.J. Janceys. 1987. Chromosome and DNA damage and their repair in higher plants irradiated with short-wave ultraviolet light. Mutat Research 181:1 9-16.

Fonseca, J.M. and J.W. Rushing. 2006. Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. Postharvest Biology and Technology 40: 256-261.

King, A.D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruit and vegetable. Food Science and Technology International 43: 132-135.

Lopez-Rubira, V., A. Conesa, A. Allende and F. Artes. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. Postharvest Biology and Technology 37: 174-185.

Luckey, T.D. 1980. Hormesis with ionizing radiation. CRD Press, Boca Roton, Florida. pp. 1-122.

Marquenie, D., C.W. Michiels, A.H. Geeraerd, A. Schenk, C. Soontjiens, J.F. Van Impe and B.M. Nicolai. 2002. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. International Journal of Food Microbiology 73: 187-196.

Poubol, J., P. Phiriyangkul and P. Boonyaritthongchai. 2015. Combination of Chitosan Coating and Ultraviolet-C Irradiation for Reducing Escherichia coli and Salmonella sp. on Asparagus Spears. International Journal of Food Engineering 1 (1): 50-54.

Slieman, T.A. and W.L. Nicholson. 2000. Artificial and solar UV radiation induces stand breaks and cyclobutane pyrimidine dimers in *Bacillus subtilis* spore DNA. Apply and Enviromental Microbiology 66:1 199-205.