Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 127 - 130 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 127 - 130 (2567)

ผลของการใช้ฟองขนาดไมโครและนาโนร่วมกับกระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง (NaOCl/ UVC) ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of Micro-nano Bubbles Combined with Advanced Oxidation Process (NaOCl/ UVC) on Reducing of Microbial Contamination of Fresh-cut 'Cos' Lettuce

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] พรพรรณ เล็กขำ[1] และสุวนันท์ ยอดสาร[1]
Nutthachai Pongprasert[1,2], Varit Srilaong[1,2], Pornpan Lekkham[1] and Suwanan Yodsarn[1]

Abstract

An increased number of outbreaks associated with fresh-cut produce brought the necessity to deal with microbial decontamination methods of the fresh-cut products. This research aimed to study the effect of micro-nano bubbles combined with advanced oxidation process (NaOCl/UVC) on reducing of microbial contamination of fresh-cut 'cos' lettuce. 'Cos' lettuce was sanitized with water (control), sodium hypochlorite (200 ppm), and micro-nano bubbles (MNBs) combined with NaOCl/UVC (200 ppm, 30W UVC) for 5 min. Washed lettuce were packed in clam shell box then stored at 4 °C for 9 days. Total bacteria counts, coliform counts and yeast & mold on fresh-cut 'cos' lettuce after washed were reduced by 1–2 log CFU/g using MNBs + NaOCl/UVC, which was bettet than that achieved using 200 ppm NaOCl. The quality of washed lettuce were also unaffected by treatment with MNBs + NaOCl/UVC as indicated by no changes of leaf color (L*, a*, b* and Hue value) during storage. However, lettuce washed with MNBs + NaOCl/UVC showed a higher level of phenolic compound as compare with the control at day 6 and 9 of storage. In conclusion, this new technology had the potential to reducing of microbial contamination of fresh-cut 'cos' lettuce during cold storage and improve product safety, while not affecting quality throughout the shelf life of the finished products

Keywords: micro- nano bubbles, advanced oxidation process, fresh cut lettuce

บทคัดย่อ

ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นปัญหาที่สำคัญ ในกระบวนการผลิตจึงต้องมีวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้ฟองขนาดไมโครและนาโน (MNBs) ร่วมกับกระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง (AOPs, NaOCl/UVC) ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยล้างผักกาดหอมคอสตัดแต่งในน้ำ MNBs + NaOCl/UVC (200 ppm, 30W UVC) เปรียบเทียบกับผักกาดหอมคอสที่ล้างด้วยสารละลาย sodium hypochlorite (ความเข้มข้น 200 ppm) และล้างด้วยน้ำธรรมดา (น้ำกรอง RO) เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้นทำการบรรจุในกล่อง clam shell เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน พบว่าการใช้ MNBs + NaOCl/UVC สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน (total plate count, coliform และ yeast& mold) ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1-2 log CFU/g ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากกว่าการล้างด้วยสารละลาย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 200 ppm นอกจากนี้กระบวนการล้างด้วย MNBs + NaOCl/UVC ยังไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของผักกาดหอมคอสตัดแต่งโดยพิจารณาจากค่าสีของใบ (L*, a*, b* and Hue value) ที่มีสีแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าผักกาดหอมคอสตัดแต่งที่ล้างด้วยกระบวนการ MNBs + NaOCl/UVC มีค่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ดังนั้นเทคโนโลยีนี้มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนและรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งในระหว่างการวางจำหน่าย

คำสำคัญ: ฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน กระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูง ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับสังคมในยุคปัจจุบันที่ผู้บริโภคไม่มีเวลาในการประกอบอาหารก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้ผู้บริโภคเลือกซื้อผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ส่งผลให้ตลาดของผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในกระบวนการผลิตผักผลไม้ตัดแต่งนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำให้มั่นใจว่าผักและผลไม้นั้นสะอาดและปลอดภัยต่อการบริโภค โดยเฉพาะปลอดภัยต่อการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ซึ่งได้มีการกำหนดมาตรฐานปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ยอมให้ตรวจพบได้ นอกจากนี้เนื่องจากผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การฉีก การหั่น การตัดแต่ง ขั้นตอนดังกล่าวส่งผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพที่เร็วส่งผลให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง ดังนั้นศึกษาถึงเทคโนโลยีใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนตลอดจนสามารถรักษาคุณภาพของผักผลไม้ตัดแต่งจึงเป็นสิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัย เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (micro/nano bubbles, MNBs) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาโดยประเทศญี่ปุ่น ฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 50 ไมโครเมตร คุณสมบัติเด่นของ MNBs คือมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซต่างๆในของเหลว (Takahashi *et al*., 2007a, b) กระบวนการออกซิเดชันชั่นสูง (advance oxidation processes, AOPs) เป็นกระบวนการทางเคมีวิธีการหนึ่งซึ่งอาศัยสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) ที่มีค่าศักย์ออกซิเดชันสูง โดยหลักการของกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงนี้คือ การสร้างไฮดรอกซิลแรดิคอล (hydroxyl radical, •OH) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำลายผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจุบันได้รับความสนใจและได้มีการประยุกต์ใช้ AOPs มาใช้ในกระบวนการล้างผลผลิตทางการเกษตรเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (Wang *et al*., 2022) อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี MNBs ร่วมกับ AOPs เพื่อใช้ในกระบวนการล้างทำความสะอาดผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องล้างผักผลไม้ตัดแต่งด้วยเทคโนโลยีฟองขนาดไมโครและนาโนร่วมกับกระบวนการออกซิเดชั่นชั้นสูงชนิด UV/ sodium hypochlorite (NaOCl) ในการลดการลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน ตลอดจนยืดอายุการวางจำหน่ายของผักกาดหอมคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ใช้ผักกาดหอมคอสจากตลาดค้าส่งในกรุงเทพมหานคร โดยเป็นผักกาดหอมคอสที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปรนิกส์ เมื่อทำการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ ทำการล้างผักเบื้องต้นด้วยน้ำประปาเพื่อขจัดเศษดินออกจากต้น หลังจากนั้นทำการสะเด็ดน้ำและหั่นตัดแต่งเป็นชิ้นขนาดเล็ก (4 × 5 ซม.) หลังจากนั้นนำผักกาดหอมคอสที่ผ่านการตัดแต่งแล้วมาทำการล้างด้วยวิธีการต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยแบ่งชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ผักสลัดตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำธรรมดา (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ผักสลัดตัดแต่งที่ล้างด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที

ชุดการทดลองที่ 3 ผักสลัดตัดแต่งที่ล้างด้วยระบบ AOPs ที่ประกอบด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm รังสี UVC (30 วัตต์) และฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที

หลังจากการล้างตามกรรมวิธีต่างๆ แล้วนำผักกาดหอมคอสตัดแต่งมาทำการบรรจุในกล่องพลาสติก calm shell น้ำหนัก 50 กรัมต่อกล่อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน เพื่อจำลองการวางจำหน่าย หลังจากครบกำหนด 3 วันแล้ว นำผักกาดหอมคอสมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 23 ± 1 องศา โดยทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 3 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน (total plate count, coliform และ yeast & mold) การเปลี่ยนแปลงสีใบ (L*, a*, b* และ hue value) และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการทดสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมคอสหลังจากการล้างตัดแต่งตามกรรมวิธีต่างๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (Fig. 1) แต่ผักกาดคอสตัดแต่งทุกตัวอย่างมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผักตัดแต่งพร้อมบริโภคที่กำหนดให้ไม่เกิน 6 log CFU/g (กรมการค้าภายใน, 2560) โดยผักกาดหอมคอสตัดแต่งที่ล้างด้วยกระบวนการออกซิเดชันชั่นสูงโดยใช้สารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm ร่วมกับรังสี UVC (30 วัตต์) และฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกวาชุดควบคุม และชุดที่ล้างด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงใน Fig. 1(A) เช่นเดียวกับปริมาณโคลิฟอร์ม ยีสต์และรา ที่พบว่าการล้างด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm ร่วมกับรังสี UVC (30 วัตต์) และฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโคลิฟอร์ม ยีสต์และราได้ดีที่สุด ($P<0.05$) ดังแสดงใน Fig. 1(B) และ (C)

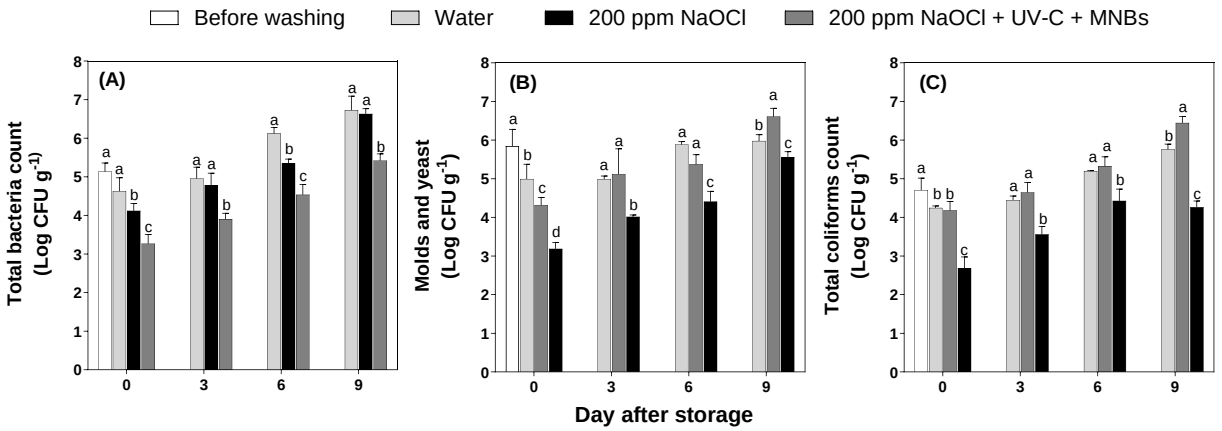

Fig.1 Changes in total bacteria count (A), molds and yeast (B) and total coliforms count (C) of fresh cut 'cos' lettuce after sanitized with different treatments. Store at 4± 1°C for 9 days. The vertical bar indicates ±SE (n = 3).

ความแตกต่างของสีผักกาดหอมคอสตัดแต่ง แสดงใน Fig. 2 การเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดหอมคอสตัดแต่ง จากการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่มีการร่วมกับรังสี UVC (30 วัตต์) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผักกาดหอมคอสตัดแต่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และชุดที่ล้างด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที หลังจากการเก็บรักษาที่ 0, 3, 6 และ 9 วัน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ (หทัยทิพย์และสุภัทรชา, 2557) ที่การฉาย UV-C ที่ระดับ 1.6-3.2 kJ/m2 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงท้ายของการเก็บรักษา

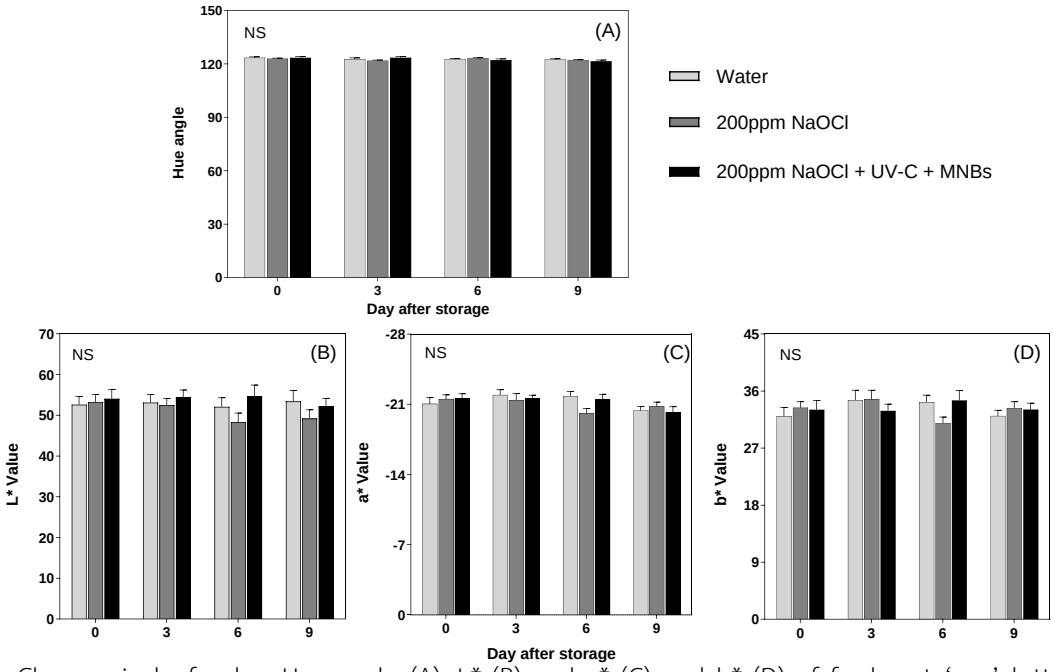

Fig.2 Changes in leaf color, Hue angle (A), L* (B) and a* (C) and b* (D) of fresh cut 'cos' lettuce after sanitized with different treatments. Store at 4± 1°C for 9 days. The vertical bar indicates ±SE (n = 3).

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผักกาดหอมคอสตัดแต่งในชุดการทดลองที่ใช้เทคนิค AOPs เป็นเวลา 5 นาที มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (Fig. 3) โดยในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผักกาดหอมคอสตัดแต่งที่ใช้เทคนิค AOPs มีค่าสูงกว่าในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ล้างด้วยสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 200 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งผลการทดลองแตกต่างจากงานวิจัยของ (หทัยทิพย์และสุภัทรชา, 2557) ที่รังสี UV-C ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างการฉาย UV-C กับกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของผลิตผล เช่น ผลการวิจัยของ Perkins-Veazie *et al*. (2008) ที่ศึกษาในผลบลูเบอรี่และแตงโมตัดแต่งพร้อมบริโภค (Artes-Hernandez *et al*., 2010) ที่ไม่พบการเพิ่มขึ้นของสารต้านออกซิเดชัน

ได้แก่ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ภายหลังจากการฉายรังสี UV-C และในขณะที่การฉาย UV-C ที่ระดับ 0.43-4.3 kJ/m2 ช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสตรอเบอรี่ได้ (Erkan *et al*., 2008)

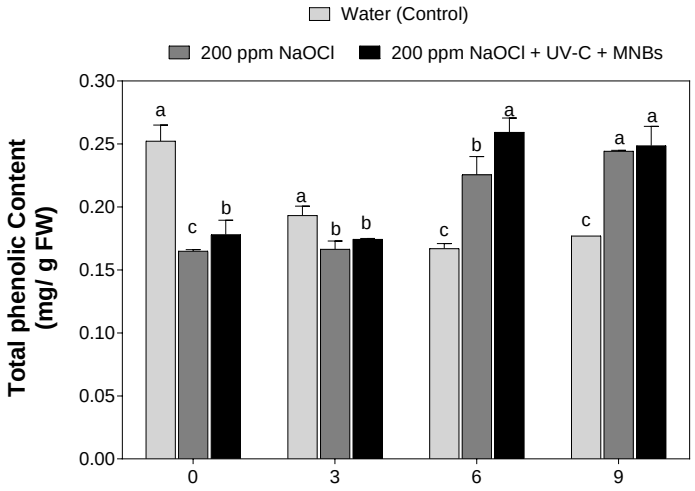

Fig.3 Changes in phenolic content of fresh cut 'Cos' lettuce after sanitized with different treatments. Store at 4± 1°C for 9 days. The vertical bar indicates ±SE (n = 3).

สรุป

จากผลการทดลองสามารถสรุปว่าการล้างด้วยกระบวนการออกซิเดชันชั่นสูงโดยใช้สารละลาย NaOCl (200 ppm) ร่วมกับรังสี UVC (30 วัตต์) และฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนและรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งในระหว่างการวางจำหน่าย ซึ่งความสำเร็จของโครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารอื่นได้อย่างแพร่หลายในอนาคต

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ 2567 และการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ประเทศญี่ปุ่น ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์บางส่วนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2560. คู่มือมาตรฐานสินค้าเกษตรในตลาดกลาง. กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพมหานคร.

หทัยทิพย์ นิมิตเกียรติไกล และสุภัทรชา ไชยชมภู. 2557. การฉายรังสี UV-C ต่อการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของแก้วมังกรตัดแต่งพร้อมบริโภค. แก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 1): 583-588.

Artes-Hernandez, F., P.A. Robles, P.A. Gomez, A.T. Callejas and F. Artes. 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. Postharvest Biol. Technol. 55: 114-120.

Erkan, M., S. Wang and C. Wang. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 48: 163-171.

Perkins-Veazie, P., J.K. Collins and L. Howard. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest. Biol. Technol. 47: 280-285.

Takahashi, M., K. Chiba and P. Li. 2007a. Formation of hydroxyl radicals by collapsing ozone microbubbles under strongly acidic conditions. J. Phys. Chem. B 111: 11443–11446.

Takahashi, M., K. Chiba and P. Li. 2007b. Free-radical generation from collapsing microbubbles in the absence of a dynamic stimulus. J. Phys. Chem. B 111: 1343–1347.

Wang, H., M. Hasani, F. Wu and K. Warriner. 2022. Pre-oxidation of spent lettuce wash water by continuous advanced oxidation process to reduce chlorine demand and cross-contamination of pathogens during post-harvest washing. Food Micro. 103 :103937.