

ผลของแสงยูวี กรดอินทรีย์ และคลื่นเสียงความถี่สูงต่อ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินี

Effect of uv-light, organic acids and ultrasound on *Staphylococcus aureus* of cherry tomatoes

บุษกร ทองใบ^{1*}

Bussagon Thongbai^{1*}

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ศึกษาผลของแสงยูวี กรดอินทรีย์ และคลื่นเสียงความถี่สูงต่อ *Staphylococcus aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินี โดยผลมะเขือเทศราชินีที่ล้างสภาพปนเปื้อนมีปริมาณ *S. aureus* เริ่มต้น 5.68 log CFU/g นำมะเขือเทศที่มี *S. aureus* ปนเปื้อนมาล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (SDW) เป็นชุดควบคุม ฉายแสงยูวี (UV) กรดแลกติก (2 % v/v) (L) กรดมาลิก (2 % w/v) (M) คลื่นความถี่สูง 40 kHz (US) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลกติก (UV-L) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดมาลิก (UV-M) กรดแลกติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (L+US) กรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (M+US) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลกติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง [UV-(L+US)] และฉายแสงยูวีตามด้วยกรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง [UV-(M+US)] เป็นเวลา 5 นาที พบว่าปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินีลดลงเหลือ 4.57, 3.95, 3.90, 3.27, 4.46, 3.40, 3.34, 3.92, 3.39, 3.84 และ 3.24 log CFU/g ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L เป็นชุดทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินีได้สูงโดยลดได้ 2.44, 2.41, 2.34, 2.29 และ 2.28 log CFU/g ตามลำดับ ($P > 0.05$) โดยกรดมาลิก (2 % w/v) เป็นวิธีที่เหมาะสมและมีศักยภาพสำหรับใช้เป็นวิธีการล้างเพื่อลดปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนและเพิ่มความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยาของมะเขือเทศราชินีสดได้

คำสำคัญ: กรดมาลิก, คลื่นเสียงความถี่สูง, แสงยูวี, มะเขือเทศราชินี

ABSTRACT: The aim of this research was to evaluate the effect of ultraviolet light, organic acids and ultrasound on *Staphylococcus aureus* of cherry tomatoes. The initial *S. aureus* of tomato fruit was 5.68 log CFU/g. Inoculated cherry tomato fruits were washed with sterile distilled water (SDW) as control, UV-light (UV), 2.0% lactic acid (L), 2.0% malic acid (M), 40 kHz ultrasound (US), combination of UV and lactic acid (UV-L), combination of UV and malic acid (UV-M), combination of lactic acid and US (L+US), combination of malic acid and US (M+US), combination of lactic acid and US (L+US), combination of malic acid and US (M+US), combination of UV and lactic acid with US [UV-(L+US)] and combination of UV and malic acid with US [UV-(M+US)] for 5 min. The results showed that *S. aureus* population of cherry tomatoes were decreased to 4.57, 3.95, 3.90, 3.27, 4.46, 3.40, 3.34, 3.92, 3.39, 3.84 and 3.24 log CFU/g, respectively, ($P \leq 0.05$). In addition, UV-(M+US), M, UV-M, M+US and UV-L were effective treatments in reducing *S. aureus* count of cherry tomatoes by 2.44, 2.41, 2.34, 2.29 and 2.28 log CFU/g, respectively ($P > 0.05$). The appropriate treatment of 2.0% malic acid has a potential as washing treatment for reducing *S. aureus* and enhancing the microbiological safety of fresh cherry tomatoes.

Keywords: Malic acid, Ultrasound, UV-light, Cherry tomato

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150

Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

* Corresponding author: ningbussagon@gmail.com

บทนำ

มะเขือเทศราชินี (cherry tomato) เป็นมะเขือเทศที่นิยมบริโภคสดเป็นผลไม้และมีปริมาณการบริโภคเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากต้องการดูแลสุขภาพให้แข็งแรงและห่างไกลจากโรคที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่ไม่ดีต่อสุขภาพ เพราะในผลมะเขือเทศอุดมด้วยสารอาหารชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น วิตามินเอ วิตามินซี โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โยอาอาหาร และไลโคปีน (lycopene) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) การรับประทานมะเขือเทศจึงช่วยให้กระเพาะอาหารและลำไส้ทำงานได้ดี ช่วยคงความสดชื่นให้กับผิวหนังและผิวกาย และช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและมะเร็งต่อมลูกหมากได้อีกด้วย (กรณีการณ์, 2553) แต่การรับประทานผลมะเขือเทศราชินีสดอาจเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผลมะเขือเทศ ซึ่งอาจเกิดการปนเปื้อนได้ในระหว่างกระบวนการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการขนส่ง โดยจุลินทรีย์ที่ต้องกังวลและระวังอย่างมากจากการบริโภคผักผลไม้สดได้แก่กลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร (foodborne pathogens) เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น ซึ่งอาจพบปนเปื้อนในผลมะเขือเทศสดได้ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้ผู้บริโภคที่รับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์กลุ่มนี้เข้าไปจะมีอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย หรือทำให้เสียชีวิตได้ โดยทั่วไปการล้างผลมะเขือเทศมักใช้วิธีการล้างด้วยน้ำประปาซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้วิธีการล้างผักผลไม้เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนด้วยการใช้น้ำผสมสารคลอรีน (chlorinated water) เพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีในการลดปริมาณจุลินทรีย์และค่าใช้จ่ายไม่แพงวิธีการหนึ่ง แต่ในปัจจุบันได้มีรายงานถึงผลเสียหรืออันตรายที่เกิดจากการตกค้างของสารคลอรีนจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการล้างผักผลไม้เพิ่มมากขึ้น โดยปัญหาสำคัญเกิดจากสารไตรฮาโลมีเทน (trihalomethanes) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่อาจตกค้างในผักผลไม้ที่ผ่าน

การล้างด้วยสารละลายคลอรีน (มัลลิกา และ ผ่องศรี, 2550) ด้วยเหตุนี้ทำให้นักวิจัยต่างๆ ในปัจจุบันจึงให้ความสนใจศึกษาวิธีการล้างผักผลไม้สดที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักผลไม้ได้ดีและต้องไม่ทิ้งสารตกค้างหรือสร้างสารที่เป็นอันตรายไว้ในผักผลไม้หลังการล้าง เพื่อใช้เป็นวิธีทางเลือกใหม่ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคในการใช้กระบวนการล้างผักผลไม้ทดแทนการล้างด้วยสารคลอรีน เช่น ศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการใช้วิธีการต่างๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างผักผลไม้ให้สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้เพิ่มขึ้นโดยไม่มีการตกค้างหรือเกิดสารเคมีที่เป็นอันตรายทิ้งไว้ในอาหาร โดยการฉายแสงยูวี (UV-light) ถือเป็นวิธีทางเลือกที่ได้รับความนิยมและนำมาศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนผิวอาหาร เนื่องจากแสงยูวีเป็นรังสีที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร และยังมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนผิวอาหารได้ดี มีรายงานผลของฟริกแดงผงที่ผ่านการฉายแสงยูวี (20.4 kJ/m^2) เป็นเวลา 10 นาที พบว่าแสงยูวีสามารถลดปริมาณ *E. coli* และ *Sal. Typhimurium* ที่ปนเปื้อนในฟริกแดงผงได้ 2.88 และ 3.06 log CFU/g ตามลำดับ (Cheon et al., 2015) ในขณะที่กรดอินทรีย์ (organic acids) ก็เป็นสารทางเลือกที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาหารเพิ่มมากขึ้น เพราะเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) ได้ดีและยังไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคแม้จะมีการตกค้างของกรดอินทรีย์ในอาหารก็ตาม ซึ่งกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ได้แก่ กรดแอซิติก กรดฟumaric กรดซิตริก กรดแลคติก และกรดมาลิก เป็นต้น นอกจากนี้การใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound) นั้น พบว่าในขณะที่คลื่นเสียงที่ระดับความถี่สูงนี้กำลังทำงานจะทำให้เกิดกระบวนการ cavitation ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการสร้างและสลายตัวของฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่เกาะติดที่ผิวของผักผลไม้เกิดการหลุดออกไปได้ (São José et al., 2014) โดย São José and Vanetti (2012) รายงานผลของการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (45 kHz) ร่วมกับกรดเพอร์แอซิติก (40 มก./มล.) เป็นเวลา 10 นาทีที่สามารถลดปริมาณ *Sal. Typhimurium*

ATCC 14028 ที่มีความเข้มข้นเชื้อได้ $3.90 \log \text{CFU/g}$ งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของแสงยูวี กรดอินทรีย์ และคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการลดปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินี โดยชุดทดสอบที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินีสามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับใช้ล้างผลผลิตสด (fresh produces) และเพิ่มความปลอดภัยอาหาร (food safety) ในการบริโภคมะเขือเทศราชินีสดได้

วิธีการศึกษา

การเตรียม *Staphylococcus aureus*

ถ่ายเชื้อ *S. aureus* TISTR 030 จาก Tryptic soy agar (TSA) slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy broth (TSB) และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14-16 ชั่วโมง โดยทำการเลี้ยงเชื้อ *S. aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB 2 ครั้ง ทำการเปรียบเทียบความขุ่นของเซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ที่ได้กับความขุ่นของ 0.5 McFarland เพื่อเตรียมเซลล์แขวนลอยเริ่มต้น 10^8 CFU/ml ((ดัดแปลงจากวิธีของ Luo and Oh, 2016) และทำการเจือจางจนได้ปริมาณ *S. aureus* เริ่มต้น 10^6 CFU/ml หรือ $6 \log \text{CFU/ml}$ สำหรับใช้ในขั้นตอนสร้างสภาพปนเปื้อน *S. aureus* ในมะเขือเทศราชินีต่อไป

การสร้างสภาพปนเปื้อน *S. aureus* ในมะเขือเทศราชินี

มะเขือเทศพันธุ์ราชินีสดซื้อจากห้างแมคโคร ในจังหวัดมหาสารคาม คัดเลือกผลมะเขือเทศราชินีที่มีขนาดผลใกล้เคียงกัน ผิวเต่งตึงและไม่มีบาดแผล นำมาล้างด้วยน้ำประปาไหลผ่านประมาณ 3 นาที เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดผิวออกไป และนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้น 1% (v/v) เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (sterile distilled water, SDW) หลายๆ ครั้งจนค่า pH ของน้ำล้างเท่ากับ 7 เพื่อล้าง NaOCl ออกให้หมดเป็นการกำจัดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศจากสิ่งแวดล้อม (background microflora) นำผลมะเขือเทศมาสร้างสภาพปนเปื้อน (artificial contamination) โดยแช่ในเซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ($6 \log \text{CFU/ml}$) เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้เซลล์ของ *S. aureus* ติด

แน่นที่ผลมะเขือเทศราชินี จากนั้นวางบนตะแกรงปลอดเชื้อในตู้ปลอดเชื้อเพื่อปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ทำการสุ่มผลมะเขือเทศราชินีที่สร้างสภาพปนเปื้อนด้วย *S. aureus* แล้วมาวิเคราะห์ปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนเริ่มต้น (initial contamination) รายงานเป็น $\log \text{CFU/g}$ (ดัดแปลงจากวิธีของ Almasoud et al, 2015)

ศึกษาผลของแสงยูวี กรดอินทรีย์ และคลื่นเสียงความถี่สูงต่อการลดปริมาณ *S. aureus* ในมะเขือเทศราชินี

นำผลมะเขือเทศราชินีที่ผ่านการสร้างสภาพปนเปื้อนด้วย *S. aureus* แล้วมาทดสอบโดยการล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (SDW) (ชุดควบคุม) ฉายแสงยูวี (UV) กรดแลคติก (2% v/v) (L) กรดมาลิก (2% w/v) (M) คลื่นเสียงความถี่สูง 40 kHz (US) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติก (UV-L) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดมาลิก (UV-M) กรดแลคติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (L+US) กรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (M+US) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลคติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง [UV-(L+US)] และฉายแสงยูวีตามด้วยกรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง [UV-(M+US)] โดยผลมะเขือเทศราชินีจะวางในเพลทปลอดเชื้อและฉายแสงยูวี 2 ด้านๆ ละ 5 นาที ส่วนในชุดทดสอบที่แช่กรดอินทรีย์และคลื่นเสียงความถี่สูงทำการแช่เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วย SDW เป็นเวลา 10 วินาที (2 ครั้ง) เพื่อล้างกรดอินทรีย์ที่เหลือออกจากผลมะเขือเทศจนหมด จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ *S. aureus* ที่รอดชีวิตในมะเขือเทศราชินี

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

ตัวอย่างผลมะเขือเทศราชินี 25 กรัม นำมาตีผสมกับสารละลาย peptone water (0.1%) ปริมาตร 225 มล. ด้วยเครื่อง stomacher เป็นเวลา 3 นาที และเจือจาง (serial dilution) ตัวอย่างมะเขือเทศเพื่อให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม และทำการ spread plate ตัวอย่างมะเขือเทศเจือจางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker medium (BPM) ที่เติม egg yolk tellurite บ่มที่ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานปริมาณ *S. aureus* เป็น $\log \text{CFU/g}$ (บุษกร และคณะ 2560)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาผลของแสงยูวี กรดอินทรีย์ และ คลื่นเสียงความถี่สูงต่อ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศราชินี (Table 1) พบว่าผลมะเขือเทศราชินีที่ผ่านการสร้างสภาพปนเปื้อนด้วย *S. aureus* เพื่อเลียนแบบการปนเปื้อนตามธรรมชาติมีปริมาณ *S. aureus* ปนเปื้อนเริ่มต้นเท่ากับ $5.68 \pm 0.17 \log \text{CFU/g}$ และเมื่อนำผลมะเขือเทศราชินีเหล่านี้มาทดสอบโดยการล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (SDW) (ชุดควบคุม) ฉายแสงยูวี (UV) กรดแลกติก (2% v/v) (L) กรดมาลิก (2% w/v) (M) คลื่นเสียงความถี่สูง (US) ฉายแสงยูวีแล้วตามด้วยกรดแลกติก (UV-L) ฉายแสงยูวีแล้วตามด้วยกรดมาลิก (UV-M) กรดแลกติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (L+US) กรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (M+US) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดแลกติกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (UV-(L+US)) ฉายแสงยูวีตามด้วยกรดมาลิกร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง (UV-(M+US)) พบว่าผลมะเขือเทศราชินีมีปริมาณ *S. aureus* ปนเปื้อนเท่ากับ 4.57, 3.95, 3.90, 3.27, 4.46, 3.40, 3.34, 3.92, 3.39, 3.84 และ 3.24 $\log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) ซึ่งจาก Table 1 แสดงให้เห็นว่า SDW, UV, L, M, US, UV-L, UV-M, L+US, M+US, UV-(L+US) และ UV-(M+US) มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ในผลมะเขือเทศราชินีได้ต่างกัน โดยลดได้ 1.11, 1.73, 1.78, 2.41, 1.22, 2.28, 2.34, 1.76, 2.29, 1.84 และ 2.44 $\log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศราชินีเริ่มต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L เป็นชุดทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ในผลมะเขือเทศราชินีได้ดีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

($P > 0.05$) โดยการล้างด้วย SDW มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ในผลมะเขือเทศราชินีได้ต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการล้างมะเขือเทศราชินีด้วย UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศราชินีได้ดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแสงยูวีมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์โดยแสงยูวีสามารถทำลายกรดนิวคลีอิกภายในเซลล์ของ *S. aureus* ทำให้ไม่สามารถเกิดกระบวนการจำลองตัวเองของ DNA ได้ และยังขัดขวางการทำงานของ DNA และ RNA ของ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนที่ผิวมะเขือเทศราชินีอีกด้วย จึงมีผลให้เซลล์ของ *S. aureus* บางส่วนตายและบางส่วนของเซลล์เกิดการบาดเจ็บ (Guerrero-Beltran and Barbosa-Canovas, 2004) ในขณะที่กรดมาลิกและแลกติกเป็นกรดอินทรีย์ประเภทกรดอ่อน ซึ่งการแตกตัวของกรดจะมีการแตกตัวที่ไม่หมด ทำให้ส่วนของกรดอินทรีย์ที่ไม่แตกตัวเมื่อผ่านเข้าสู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เซลล์ของแบคทีเรียเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการบาดเจ็บและตายได้ ส่วนการทำงานของคลื่นเสียงความถี่สูงนั้น พบว่าขณะที่คลื่นเสียงความถี่สูงทำงานจะมีผลให้ของเหลวในอ่าง (ultrasonic bath) เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากและเกิดซ้ำๆ กันเป็นพลังงาน shock wave ส่งผลให้เซลล์ของ *S. aureus* ที่เกาะติดที่ผิวของผลมะเขือเทศราชินีเกิดการหลุดออกไปได้ จากผลการทดลองใน Table 1 แสดงให้เห็นว่า UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการล้างผลมะเขือเทศราชินีโดยสามารถลดปริมาณของ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศได้มากกว่า 2 $\log \text{CFU/g}$ (2.44, 2.41, 2.34, 2.29 และ 2.28 $\log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ) ซึ่งถือได้ว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการล้างที่ใช้สารฆ่าเชื้อทั่วไป เพราะมีรายงานว่าสารฆ่าเชื้อทั่วไปสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาหารได้ต่ำกว่า 2 $\log$ reduction (Jiang et al., 2017) จากประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ที่สูงของ UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L นี้ อาจเป็นเพราะการทำงานที่เสริมฤทธิ์กันของหลายปัจจัย (แสงยูวี กรดมาลิก กรดแลกติก และคลื่นเสียงความถี่

สูง) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ hurdle technology ซึ่งเป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาหาร ด้วยการใช้หลายๆ วิธีร่วมกัน โดยวิธีการที่ใช้ร่วมกัน เหล่านี้จะต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ

ของอาหารนั้น ซึ่งในการทดลองนี้ พบว่าผลมะเขือเทศราชินีมีปริมาณแบคทีเรียปนเปื้อนลดลง ผลมะเขือเทศราชินียังคงความสดที่นำรับประทานตามธรรมชาติ และมีความปลอดภัยอาหารด้านจุลชีววิทยาในการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้น

Table 1 Decontamination efficacy of UV-light, organic acids and ultrasound on *S. aureus* of cherry tomatoes

Treatments	Populations (log CFU/g)	
	Viable cells	log reduction
SDW	4.57±0.10 ^c	1.11±0.06 ^d
UV	3.95±0.07 ^b	1.73±0.24 ^{bc}
L	3.90±0.09 ^b	1.78±0.60 ^{bc}
M	3.27±0.16 ^a	2.41±0.31 ^a
US	4.46±0.09 ^c	1.22±0.09 ^d
UV-L	3.40±0.13 ^a	2.28±0.20 ^{ab}
UV-M	3.34±0.13 ^a	2.34±0.24 ^a
L+US	3.92±0.08 ^b	1.76±0.16 ^{bc}
M+US	3.39±0.02 ^a	2.29±0.17 ^{ab}
UV-(L+US)	3.84±0.06 ^b	1.84±0.18 ^b
UV-(M+US)	3.24±0.21 ^a	2.44±0.23 ^a

^{a-d} means in the column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

Initial *S. aureus* of cherry tomatoes : 5.68 ± 0.17 log CFU/g

SDW : sterile distilled water (control), UV : UV-light, L : lactic acid (2% v/v),

M : malic acid (2% w/v), US : ultrasound, UV-L: combination of UV-light and lactic acid,

UV-M : combination of UV-light and malic acid,

L+US : combination of lactic acid and ultrasound,

M+US : combination of malic acid and ultrasound,

UV-(L+US) : combination of UV-light and lactic acid with ultrasound,

UV-(M+US) : combination of UV-light and malic acid with ultrasound

สรุป

วิธีการล้างเพื่อลดปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อนมะเขือเทศราชินีด้วยวิธี UV-(M+US), M, UV-M, M+US และ UV-L เป็นเวลา 5 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณ *S. aureus* ที่ปนเปื้อน โดยวิธีที่เหมาะสมในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนผลมะเขือเทศราชินีเมื่อคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ไม่แพง วิธีการมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากแต่มีประสิทธิภาพสูงในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้แก่ วิธีการล้างด้วยกรดมาลิก

(2 %w/w) ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้ล้างผลมะเขือเทศราชินีสดและผลไม้อื่นๆ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยาในการบริโภคมะเขือเทศราชินีสดได้

คำขอบคุณ

ขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมกฤษฎาณณ์ ฆมรประวัติ. 2553. กินตามสี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ.
- บุษกร ทองใบ สุวินัน โทห้ำ และรังสิมา ขึ้นดอนกลอย. 2560. ประสิทธิภาพของแสงอัลตราไวโอเลตและกรดอินทรีย์ต่อ *Staphylococcus aureus* ในต้นอ่อนทานตะวัน. ว.วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 125 – 128.
- มัลลิกา ปัญญาคะโป และผ่องศรี เผ่าภูรี. 2550. การประเมินความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารไตรฮาโลมีเทนจากน้ำประปากรณี ตัวอย่างน้ำประปาของเทศบาลนครนครปฐม. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ. 1(1): 7-16.
- Almasoud, A., N. Hettiarachchy, S. Rayaprolou, R. Horax, and S. Eswaranandam. 2015. Electrostatic spraying of organic acids on biofilms formed by *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium on fresh produce. Food Res Int. 78: 27-33.
- Cheon, H., J. Shin, K. Park, M. Chung, and D. Kang. 2015. Inactivation of foodborne pathogens in powdered red pepper (*Capsicum annuum* L.) using combined UV-C irradiation and mild heat treatment. Food Control. 50: 441-445.
- Guerrero-Beltran, J.A., and G. V. Barbosa-Canovas. 2004. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. Food Sci. Technol. Int. 10: 137-148.
- Jiang, Y., X. Fan, X. Li, J. B. Gurtler, S. Mukhopadhyay, and T. Jin. 2017. Inactivation of *Salmonella* Typhimurium and quality preservation of cherry tomatoes by in-package aerosolization of antimicrobials. Food Control. 73: 411-420.
- Luo, K. and D. Oh. 2016. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on fresh-cut bell pepper treated with slightly acidic electrolyzed water combined with ultrasound and mild heat. Food Microbiol. 58: 165-171
- São José, J.F.B., and M.C.D. Vanetti. 2012. Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. Food Control. 24: 95-99.
- São José, J.F.B., N.J. Andrade, A.M. Ramos, M.C.D. Vanetti, P.C. Stringheta, and J.B.P. Chaves. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. Food Control. 45: 36-50.