Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 375-378 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 375-378 (2561)

การลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อ *Escherichia coli* ปนเปื้อนในวัตถุดิบทางการเกษตร ด้วยสารออกซิไดส์ซิ่งร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนสำหรับวิสาหกิจชุมชน

The Reduction of Total Viable Count and *Escherichia coli* Contamination in Agricultural Raw Materials by Using Oxidizing Agents combined with Vortex Washing Machine for Community Enterprise

อรรณพ ทัศนอุดม[1]
Unnop Tassanaudom[1]

Abstract

Washing process of agricultural raw materials, especially finger root (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) and shallot (*Allium ascalonicum* L.), to reduce total viable count and *Escherichia coli* contamination using acidic electrolyzed water (AcEW) and sodium hypochlorite solution (NaOCl) combined with a vortex washing machine for community enterprise was studied. Only 0.08–0.70 log CFU/g of both microbial groups (finger root and shallot) was reduced by the conventional washing process of community enterprise (soaking with tap water for 10 min). Washing with 100 ppm AcEW and 100 ppm NaOCl at the ratio of raw material and wash water at 1:20 using vortex washing machine could reduce total viable count on finger root as 0.4 and 1.0 log CFU/g, respectively. In the same condition, the amount of *E. coli* was reduced as 1.9 and 1.8 log CFU/g, respectively. Total viable count and *E. coli* on shallot were reduced 1.6 and 1.3–2.3 log CFU/g, respectively using the same condition. However, using tap water combined with the vortex washing machine could reduce total viable count on finger root and shallot only 0.1 and 0.8 log CFU/g, respectively and *E. coli* as 1.0 and 0.5 log CFU/g, respectively. Tap water used after the washing process had high population of total viable count and *E. coli* of 5.3 and 5.9 log CFU/ml. Thus, acidic electrolyzed water and sodium hypochlorite solution were shown to be the effective sanitizers in order to inactivate microbial contamination of agricultural raw materials for community enterprises.

Keywords: oxidizing agent, total viable count, *Escherichia coli*

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการล้างวัตถุดิบทางการเกษตร โดยเฉพาะกระชาย (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) และหอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อ *Escherichia coli* ก่อนนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกชนิดต่าง ๆ ด้วยน้ำอิเล็กโทรไลซ์ชนิดกรด (AcEW) และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนสำหรับวิสาหกิจชุมชน พบว่าการล้างทำความสะอาดโดยวิธีการแบบดั้งเดิมของวิสาหกิจชุมชน (แช่น้ำประปา นาน 10 นาที) สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่ม ทั้งในกระชายและหอมแดงได้เพียง 0.08–0.70 log CFU/g เท่านั้น การล้างด้วย 100 ppm AcEW และ 100 ppm NaOCl ที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำล้างเท่ากับ 1:20 ร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวน สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในกระชายลงได้ 0.4 และ 1.0 log CFU/g ตามลำดับ และในสภาวะเดียวกันนี้ยังสามารถลดเชื้อ *E. coli* ลงได้ 1.9 และ 1.8 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่การล้างหอมแดงในสภาวะเดียวกันนี้ ลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 1.6 log CFU/g และลดเชื้อ *E. coli* ได้ในช่วง 1.3–2.3 log CFU/g อย่างไรก็ตามการใช้น้ำประปาร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวน สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในกระชายและหอมแดงลงได้เพียง 0.1 และ 0.8 log CFU/g ตามลำดับ และลดเชื้อ *E. coli* ได้เพียง 1.0 และ 0.5 log CFU/g ตามลำดับ โดยยังมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ *E. coli* ปนเปื้อนอยู่ในน้ำหลังผ่านการล้างสูงถึง 5.3 และ 5.9 log CFU/ml ตามลำดับ ดังนั้นน้ำอิเล็กโทรไลซ์ชนิดกรดและสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จึงเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับวิสาหกิจชุมชน

คำสำคัญ: สารออกซิไดส์ซิ่ง, เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด, เอสเคอริเชีย โคไล

[1]สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก, พิษณุโลก 65000
[1] Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, Phitsanulok 65000

คำนำ

ปัญหาการปนเปื้อนของผลผลิตทางการเกษตร นอกจากจะส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว ยังอาจส่งผลกระทบวงกว้างต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียและโรคอาหารเป็นพิษ นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นแล้ว ยังสามารถลดความเสี่ยงของการเจ็บป่วยได้อีกด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ ทำได้โดยการใช้น้ำผสมสารฆ่าเชื้อ (Sanitizer) เช่น โซเดียมไฮโพคลอไรต์ (Sodium hypochlorite, NaOCl) หรือน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (Acidic electrolyzed water, AcEW) ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ซิ่งอย่างแรง (ผลิตจากโซเดียมคลอไรด์) มีพีเอชในช่วง 2.4–2.7 ค่า ORP (Oxidation-reduction potential) เท่ากับ 1150 mV (Kim *et al*., 2000) ที่มีผู้ศึกษากันเป็นจำนวนมากแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม การนำไปใช้ให้เกิดผลสัมฤทธิ์กับผู้ประกอบการขนาดเล็ก โดยเฉพาะในระดับวิสาหกิจชุมชนซึ่งเป็นผู้ผลิตส่วนใหญ่ของประเทศนั้น ยังขาดการศึกษาและนำไปใช้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนนำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยกระบวนการล้างแบบดั้งเดิมของตัวอย่างกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปน้ำพริก และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ *E. coli* ของกระบวนการล้างวัตถุดิบด้วยสารออกซิไดส์ซิ่งร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนกับกระบวนการล้างแบบดั้งเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบแบบดั้งเดิม

สุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำพริกปลาร้า ได้แก่ กระชาย หอมแดง ตะไคร้ และพริกแห้ง จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มบ้านสวนลูกแชมป์ (เลขที่ 45 หมู่ 1 ตำบลหนองแก อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี) ที่ไม่ผ่านและผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปานาน 10 นาที โดยในขณะล้างใช้มือขาวัตถุดิบไปด้วย ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำล้างที่ 1:20 (กระบวนการล้างทำความสะอาดแบบดั้งเดิม) จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาทำการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *E. coli* (APHA, 2001)

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารออกซิไดส์ซิ่งร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนต่อการลดจำนวนเชื้อ

ทดสอบประสิทธิภาพของ 100 ppm AcEW และ 100 ppm NaOCl ในการล้างวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำพริก ได้แก่ กระชาย และหอมแดง ร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวน ระยะเวลาในการล้างนาน 10 นาที ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำล้างที่ 1:20 (วัตถุดิบ 5 กิโลกรัม น้ำล้าง 100 ลิตร) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลานำไปสะเด็ดน้ำโดยการปั่นเหวี่ยงนาน 5 นาที หลังจากนั้นจึงนำกระชาย และหอมแดง ที่ได้ไปไปตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อ *E. coli* (APHA, 2001) เปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปาที่สภาวะเดียวกัน โดย100 ppm AcEW เตรียมจาก 40% NaCl (w/v) (Food Grade: Fluka, Switzerlard) ปริมาตร 10 ลิตร ผสมให้ละลายอย่างสมบูรณ์โดยใช้น้ำประปา แล้วนำไปเติมลงในเครื่องผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย) นำน้ำ AcEW ที่ผลิตได้มาวัดความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (Free chlorine) ด้วยเม็ดยา DPD No. 1 (Lovibond, Tintometer Inc. USA & Canada) ร่วมกับเครื่องวัดความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (HI 96734, Hanna instruments,Inc USA) ส่วน 100 ppm NaOCl เตรียมได้จากสต็อก 10% NaOCl (w/v) (Mazzo trading CO., LTD, Thailand) นำมาเจือจางด้วยน้ำประปาและวัดความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (Free chlorine) แล้วตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที เพื่อให้เกิดการแตกตัวของกรดไฮโพคลอรัส (HOCl) (Keskinen *et al*., 2009)

ผล

1. การศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบแบบดั้งเดิม

ตัวอย่างกระชาย หอมแดง ตะไคร้ และพริกแห้ง พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อ *E. coli* ปริมาณสูง คือ ในช่วง 6.4–8.2 4.3–7.2 และ 3.6–6.6 log CFU/g ตามลำดับ (Table 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่างกระชาย และหอมแดง ซึ่งกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบแบบดั้งเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มบ้านสวนลูกแชมป์ พบว่าสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้ง 3 กลุ่ม ลงได้น้อยมาก (ค่า Log reduction อยู่ในช่วง 0.1–0.4 0.1–0.3 และ 0.4–0.7 log CFU/g ตามลำดับ)

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารออกซิไดส์ซิ่งร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนต่อการลดจำนวนเชื้อ

การใช้สารออกซิไดส์ซิ่งร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวนสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบแบบดั้งเดิม

โดยในตัวอย่างกระชายที่ล้างด้วย 100 ppm AcEW และ 100 ppm NaOCl มีค่า Log reduction ของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อ *E. coli* อยู่ในช่วง 0.4–1.1 และ1.8–1.9 log CFU/g ตามลำดับ (Figure 1) ส่วนในตัวอย่างหอมแดงมีค่า Log reduction ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อ *E. coli* อยู่ในช่วง 1.5–1.6 และ1.3–2.3 log CFU/g ตามลำดับ (Figure 2) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำประปาร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวน สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในกระชายและหอมแดงลงได้เพียง 0.1 และ 0.8 log CFU/g ตามลำดับ และลดเชื้อ *E. coli* ได้เพียง 1.0 และ 0.5 log CFU/g ตามลำดับ โดยยังมีเชื้อปนเปื้อนอยู่ในน้ำหลังผ่านการล้างสูงถึง 5.3 และ 5.9 log CFU/ml ตามลำดับ

Table 1 Effect of conventional washing with tap water for 10 min on the microbial reduction of raw materials

Raw material	Cleaning process (unwash/wash)	Microbial load (log CFU/g)					
		TVC	Log reduction	Y&M	Log reduction	*E. coli*	Log reduction
Finger root	unwash	8.18±0.07	0.08	7.16±0.09	0.20	6.56±0.12	0.43
	wash	8.10±0.07		6.96±0.16		6.13±0.02	
Shallot	unwash	7.46±0.65	0.13	5.18±0.12	0.28	4.88±0.24	0.70
	wash	7.33±0.61		4.90±0.31		4.18±0.34	
Lemongrass	unwash	6.53±0.27	0.35	4.40±0.30	0.13	5.59±0.34	0.44
	wash	6.18±0.44		4.27±0.31		5.15±0.55	
Dried chili	unwash	6.43±0.47	0.18	4.97±0.03	0.18	4.31±0.48	0.70
	wash	6.25±0.41		4.79±0.17		3.61±0.35	

± standard deviation of mean value by 3 replications

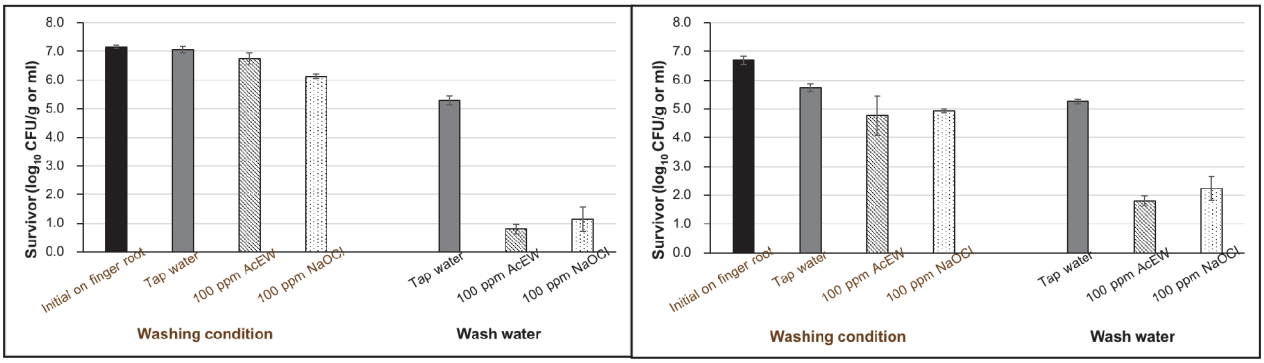

Figure 1. Inactivation of microorganism on finger root and wash water by various washing condition with vortex washing machine: (A) Total viable count and (B) *Escherichia coli*.

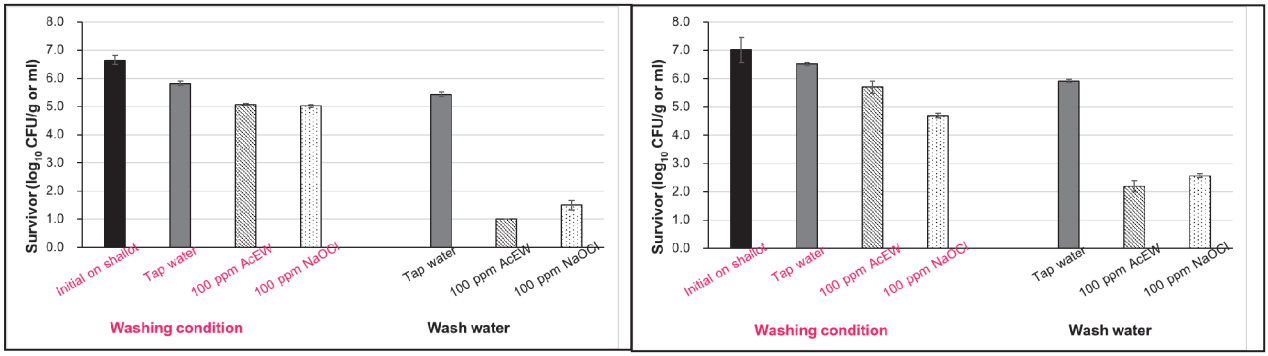

Figure 2. Inactivation of microorganism on shallot and wash water by various washing condition with vortex washing machine: (A) Total viable count and (B) *Escherichia coli*.

วิจารณ์ผลการทดลอง

วัตถุดิบกระชาย หอมแดง ตะไคร้ และพริกแห้ง มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น (Initial load) ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบกระชายและหอมแดง สอดคล้องกับฐิตินันท์ (2552) ได้ศึกษาชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในเครื่องเทศของน้ำพริกตาแดง ได้แก่ พริกชี้ฟ้าแห้ง หอมแดง และกระเทียม พบการปนเปื้อนของยีสต์และรา (2.34–6.10 log CFU/g) รวมทั้งแบคทีเรีย ได้แก่ *Staph. aureus* (0.58–4.34 log CFU/g) และ *E. coli* O157:H7 (0–4.67 log CFU/g) จากผลการล้างกระชายและหอมแดงด้วย 100 ppm AcEW และ 100 ppm NaOCl ที่พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนทุกกลุ่มได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำประปา ทั้งนี้เนื่องจากกรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous acid: HOCl) ซึ่งอยู่ในรูปอิสระ ไม่ได้จับอยู่กับโมเลกุลของคลอรีน และมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ (Disinfection) โดยกรดไฮโปคลอรัสใน NaOCl และ AcEW จะเข้าไปยับยั้งเยื่อหุ้มเซลล์ ของเหลวภายในเซลล์หรือโปรโตพลาสซึม และเอนไซม์ของจุลินทรีย์ (Campers and MacFeters, 1979; Wei *et al*., 1985) นอกจากนี้ยังพบรายงานว่า AcEW สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรคต่าง ๆ เช่น *L. monocytogenes* และ *E. coli* O157:H7 ในผักและผลไม้ รวมถึงอุปกรณ์แปรรูปอาหารได้ดี (Park *et al*., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hao *et al*. (2015) ที่พบว่าการใช้ AcEW (68.35±0.53 ppm) ล้างผักชีสดตัดแต่ง (Fresh-cut cilantro) สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และแบคทีเรียในลำไส้ได้ 2.5 3.2 และ 2.1 log CFU/g ตามลำดับ นอกจากนี้ Puligundla *et al*. (2018) ยังรายงานว่าการใช้ 230 ppm AcEW ล้างต้นอ่อนบร็อคโคลี่ (Broccoli sprout) นาน 20 วินาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุด โดยลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลงได้ 1.4 และ 1.0 log CFU/g ตามลำดับ และยังพบว่า ยังสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH น้ำตาลรีดิวซ์ และลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้าง

สรุปการทดลอง

การใช้น้ำอิเล็กโทรไลซ์ชนิดกรดหรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร่วมกับเครื่องล้างทำความสะอาดแบบน้ำวน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบแบบดั้งเดิม และเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับวิสาหกิจชุมชน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.) ประจำปี 2559

เอกสารอ้างอิง

ฐิตินันท์ บัวบาน. 2552. ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในเครื่องเทศและการเหลือรอดของจุลินทรีย์ในระหว่างการแปรรูปน้ำพริกตาแดงและการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

APHA. 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. *In* F.P. and K.A. Ito. (Eds.). 4th Downes. American Public Health Association, Washington D.C., USA.

Campers, K.C. and G.A. McFeters. 1979. Chlorine injury and enumeration of waterborne coliform bacteria. Applied and Environmental Microbiology 37(3): 633–641.

Hao, J., H. Li, Y. Wan and H. Liu. 2015. Combined effect of acidic electrolyzed water (AcEW) and alkaline electrolyzed water (AlEW) on the microbial reduction of fresh-cut cilantro. Food Control 50: 699–704.

Keskinen, L.A., A. Burke and B.A. Annous. 2009. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide solutions to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. International Journal of Food Microbiology 132:134–140.

Kim, C., Y.C. Hung and R.E. Brackett. 2000. Roles of oxidation reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. Journal of Food Protection 63:19–24.

Park, E.J., E. Alexander, G.A. Taylor, R. Costa and D.H. Kang. 2009. The decontaminative effects of acidic electrolyzed water for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on green onions and tomatoes with differing organic demands. Food Microbiology (26) 386–390.

Puligundla, P., J.W. Kim and C. Mok. 2018. Broccoli sprout washing with electrolyzed water: Effects on microbiological and physicochemical characteristics. LWT - Food Science and Technology 92: 600–606.

Wei, C.I., D.L. Cook and J.R. Kirk. 1985. Use of chlorine compound in the food industry. Food Technology 39(1): 107–115.