Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 367-370 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 367-370 (2561)

การใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมกับน้ำฟองนาโนอิเล็กโทรไลต์ในการล้างสองขั้นตอน เพื่อลด *E. coli* และคลอร์ไพริฟอสในสะระแหน่

Using of Surface Active Agents Integrated Electrolyzed Nanobubbles Water in Two-step Washing for the Reduction of *E. coli* and Chlopyrifos on Thai Mint

ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม[1,3] ศศิธร ตรงจิตภักดี[2] วรรณี ฉินศิริกุล[3]และ วราภา มหากาญจนกุล[2]

Pitirat Klintham[1,3], Sasitorn Tongchitpakdee[2], Wannee Chinsirikul[3] and Warapa Mahakarnchanakul[2]

Abstract

Thai mint (*Mentha cordifolia* Opiz.) has a unique aroma and flavor. It has been used as an ingredient in many Thai recipes, also garnished on plates and consumed as fresh vegetable. In order to improve food safety washing vegetable is needed to reduce both microbial contaminant and pesticide residue. However, sanitation method should not affect to the sensory quality of fresh produce. Our previous study in 2017 by Klintham and co-workers indicated that washing Thai mint through the single-step method could reduce *E. coli* TISTR 780 for 0.1-0.60 log reduction. The aim of this study was to investigate the two-step washing method to improve the efficacy of washing. Four surface active agents were tested by integrating into acidic electrolyzed nanobubbles water (AEO-NBs, pH 3.5, ORP 1200 mV) in order to reduce *E. coli* TISTR 780 and chlorpyrifos contaminant in Thai mint. The results showed the two-step washing method using a combination of Liquid Cleanser® (4% w/w sucrose laurate) and 40 ppm available free chlorine in AEO-NBs reduced *E. coli* TISTR 780 by 2-3 log and chlorpyrifos by 60%. This washing method showed no effect on the appearance and aroma of Thai mint. Additionally, it could be applied to household use as well as industrial process.

Keywords: Washing process, Nanobubbles water, Surface active agents, *E. coli*, Chlorpyrifos.

บทคัดย่อ

สะระแหน่เป็นผักมีกลิ่นและรสเฉพาะจึงเป็นที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบอาหารไทยและยังใช้ตกแต่งข้างจานร่วมทั้งบริโภคสด การล้างเป็นเรื่องจำเป็นเพราะช่วยลดสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ จุลินทรีย์และสารเคมีตกค้างที่ติดมากับผลิตผล การล้างจึงเพิ่มความปลอดภัยของอาหาร แต่วิธีการล้างต้องไม่ส่งผลถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตผลนั้น ผลการศึกษาของ Klintham และคณะในปี 2017 พบว่า วิธีการล้างหนึ่งขั้นตอนสามารถลด *E. coli* TISTR 780 ในสะระแหน่ได้ 0.1-0.6 log ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาวิธีการล้างสองขั้นตอน โดยการเติมสารลดแรงตึงผิว 4 ชนิดร่วมกับน้ำฟองนาโนอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (AEO-NBs, pH 3.5, ORP 1200 mV) พบว่า การใช้ Liquid Cleanser® (4% w/w sucrose laurate) และ AEO-NBs ที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 40 ppm สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* TISTR 780 ได้ 2-3 log และลดสารคลอร์ไพริฟอสในผักสะระแหน่ได้ 60% การล้างสองขั้นตอนนี้ไม่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏและกลิ่นรสของสะระแหน่ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในครัวเรือนและใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: การล้าง, น้ำฟองนาโน, สารลดแรงตึงผิว, *E. coli*, คลอร์ไพริฟอส

คำนำ

สะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz) เป็นพืชสวนครัวไทยที่ใช้ใบสดในการปรุงอาหารเนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะตัวเป็นที่นิยมบริโภคทั้งยังมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร นิยมใช้ใบประดับตกแต่งจานอาหารและเครื่องดื่มให้สวยงาม หากใบสะระแหน่สดมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์และสารเคมีตกค้าง การบริโภคดังกล่าวจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากอาหารเป็นพาหะ จึงมีความจำเป็นต้องล้างผักสดก่อนบริโภค ซึ่งมีการศึกษายืนยันว่าการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีตกค้างใน

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปณ. 1104 ปทฝ.เกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] The Graduate School Kasetsart University, P.O.Box 1104, Chatuchak, Bangkok 10903, Thailand.

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, 10900.

[3] ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ปทุมธานี 12120

[3] National Nanotechnology Center (NANOTEC), National Science and Technology Development Agency, Thailand Science Park, Pathum Thani 12120, Thailand.

ผลิตผลสดสามารถทำได้โดยการล้าง (Gil *et al*., 2009) สะระแหน่มีใบขนาดเล็ก ผิวใบไม่เรียบมีร่องใบลึก ใบบอบบาง ทำให้การล้างทำความสะอาดยาก ในการล้างขั้นตอนเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับใบโหระพา พบว่า การล้างช่วยลดจุลินทรีย์ในใบสะระแหน่ได้น้อย (Klintham *et al*., 2017) การใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมกับสารฆ่าเชื้อ พบว่า เพิ่มประสิทธิภาพในการลด *E. coli* O157:H7 บนผักกาด (Keskinen and Announs, 2011) และป้องกันการยึดเกาะของ *Salmonella enterica* serovar Thompson บนพื้นผิวใบผักชี (Brandl and Huynh, 2014) ช่วยป้องกันการเกิดไบโอฟิล์มของเชื้อก่อโรคทางอาหารบนพื้นผิวได้ (Furukuwa *et al*., 2010) ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาวิธีการล้างสองขั้นตอน เพื่อลดเชื้อ *E. coli* และสารเคมีตกค้างในสะระแหน่ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการล้าง โดยขั้นตอนแรก ใช้สารลดแรงตึงผิว 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ขายเชิงการค้า 3 ชนิดและสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ 1 ชนิด ร่วมกับขั้นตอนที่สองล้างด้วยสารละลายฆ่าเชื้อ คือ น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรดที่มีฟองอากาศขนาดนาโนเมตร (Acidic electrolyte oxidizing nanobubbles water, AEO-NBs)

อุปกรณ์และวิธีการ

กระบวนการล้างสองขั้นตอน

กำหนดสัดส่วนสะระแหน่ต่อน้ำล้างที่ใช้ในการทดลอง คือ 1 ต่อ 40 การล้างขั้นตอนแรก แช่ในน้ำล้างที่เติมสารลดแรงตึงผิว 0.1% v/v คือ น้ำยาล้างผักที่มีขายในท้องตลาด 3 ยี่ห้อ ได้แก่ St. Andrews®, Liquid cleanser® และ Safeguard® ส่วนสารลดแรงตึงผิวชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ Tween 80 เป็นเวลา 3 นาที ล้างพร้อมเขย่าโดยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที (Major Science Funny Shaker, GIBTHAI, Thailand) ขั้นตอนที่ 2 แช่ผักในน้ำล้าง 5 นาที น้ำล้าง คือ น้ำที่มีฟองอากาศขนาดนาโน (NBs) แต่ไม่มีสารฆ่าเชื้อ และน้ำ AEO ที่มีคลอรีนอิสระความเข้มข้น 40 ppm (pH 3 และ ORP 1200 mV) และมีฟองอากาศขนาดนาโน (AEO-NBs) ผลิตโดยใช้เครื่อง UFBGALF^{TM} (IDEC, Japan) ซึ่งผลิตฟองอากาศขนาด 250 นาโนเมตร ส่วน AEO ผลิตโดยเครื่องผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ รุ่น ROX-10WA-E (Hoshizaki Electric Co., Ltd., Japan)

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการล้างเพื่อลด *E. coli* ในสะระแหน่

สะระแหน่สดซื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี คัดแยกและเลือกให้มีความยาวลำต้นเท่ากัน ประมาณ 20 เซนติเมตร ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 ครั้ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E. coli* ก่อนทำการปนเปื้อนเทียมด้วย *E. coli* TISTR 780 กระตุ้นกล้าเชื้อ *E. coli* ในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) เพาะเชื้อวันแรกที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง วันรุ่งขึ้นทำทำนองเดียวกัน วันที่สามนำกล้าเชื้อ *E. coli* ใน TSB อายุ 18 ชั่วโมงเจือจางในสารละลาย 0.1% w/v เปปโตน ได้สารละลายกล้าเชื้อที่ความเข้มข้น *E. coli* 8 log CFU/ml ทำการปนเปื้อนเทียม *E. coli* ลงบนสะระแหน่ (สัดส่วนผัก 200 กรัม ต่อ inoculum 400 มิลลิลิตร) จุ่มแช่พร้อมเขย่าทุกๆ 2 นาที เป็นเวลานาน 20 นาที นำไปผึ่งบนตะแกรงสแตนเลส สะอาดปลอดเชื้อ ผึ่งภายใต้ตู้ biological safety cabinet (Microflow class II Advance, Astec UK) เป็นเวลา 15 นาที ตรวจวัดจำนวนเชื้อ *E. coli* ปนเปื้อนบนตัวอย่างเริ่มต้นก่อนล้าง ตรวจนับเชื้อ *E. coli* บนผักก่อนและหลังการล้างและตรวจเชื้อ *E. coli* ที่เหลือรอดชีวิตในน้ำหลังการล้าง โดยใช้ spread plate technique บนอาหาร MacConkey agar บ่มที่ 36.5 ± 1.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการบันทึกผลการทดลอง จำนวนเชื้อ *E. coli* เริ่มต้น คือ 7.7 log CFU/g

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการล้างเพื่อลดสารคลอร์ไพริฟอสในสะระแหน่

นำชุดการทดลองที่ให้ผลการลด *E. coli* จากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลองนี้ เตรียมวัตถุดิบและการล้างเช่นเดียวกับข้างต้น ยกเว้นการสร้างการปนเปื้อนสารเคมีตกค้าง ผักตัวอย่างถูกนำไปตรวจปริมาณสารเคมีตกค้างกลุ่มสารออร์กาโนฟอสเฟตด้วย GT-Test kit (ห้างจีทีการค้า, ประเทศไทย) วัดปริมาณสารด้วยค่าการดูดกลืนคลื่นแสง โดยคำนวณความเข้มข้นของสารสารคลอร์ไพริฟอสจากกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารคลอร์ไพริฟอส สะระแหน่ตัวอย่างจะต้องไม่พบปริมาณสารเคมีตกค้าง การสร้างการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช โดยเจือจางสารคลอร์ไพริฟอส (บริษัทภิญโญภาสอินเตอร์เทรด จำกัด ประเทศไทย) ในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 1 ppm ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงในสะระแหน่ 500 กรัม ให้ทั่วทั้งใบและต้นสะระแหน่ จากนั้นนำสะระแหน่ที่ปนเปื้อนสารคลอร์ไพริฟอสผึ่งบนตะแกรงสแตนเลสสะอาด วางภายใต้ตู้ biological safety cabinet เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้สารคลอร์ไพริฟอสติดที่ผิวใบ วิเคราะห์หาปริมาณสารคลอร์ไพริฟอสก่อนการล้างและหลังผ่านการล้างด้วย GT-Test kit โดยคำนวณความเข้มข้นของสารสารคลอร์ไพริฟอสจากกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารคลอร์ไพริฟอส

ผล

การล้างสองขั้นตอนที่มีการใช้สารลดแรงตึงผิวและน้ำฟองนาโนผสมสารฆ่าเชื้อ (AEO-NBs) มีผลต่อลดจำนวน *E. coli* ในสะระแหน่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1) ก่อนการล้างสะระแหน่มีจำนวนเซลล์ *E. coli* 7.7 log

CFU/g หลังจากการล้างสองขั้นตอน สามารถลดจำนวน *E. coli* โดยไม่ส่งผลถึงลักษณะปรากฏของสะระแหน่ การล้างที่มีสารละลาย AEO-NBs ที่มีคลอรีน (40 ppm, pH 3.5, ORP 1200 mV) มีประสิทธิภาพในการลดเชื้อ *E. coli* มากกว่าการล้างด้วย NBs ที่ไม่มีการเติมคลอรีน (pH 6.8, ORP 440 mV) (Figure 1) และการล้างที่มีการใช้สารลดแรงตึงผิวแล้วตามด้วย AEO-NBs ลด *E. coli* บนสะระแหน่ได้มากถึง 1.6 – 2.0 log reduction ในขณะที่การล้างด้วยน้ำที่เติมหรือไม่เติมสารลดแรงตึงผิวและตามด้วย NBs ลดเซลล์ *E. coli* ได้เพียง 0.4 - 0.8 log reduction ในขณะที่ AEO-NBs ลดเชื้อได้มากกว่า (Figure 1)

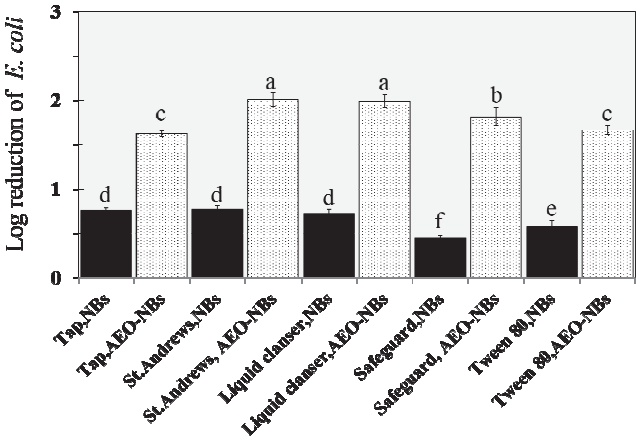

Figure 1 Reduction of *E.coli* (log CFU/g) on Thai mint after two step washing. Mean values on column with different letter are significantly different according to DMRT at $p < 0.05$.

ผลจากการล้างสองขั้นตอน เพื่อลดเชื้อ *E. coli* บนสะระแหน่ พบว่า Liquid cleanser® และ St Andrew® สามารถช่วยลดจำนวน *E. coli* ได้มากที่สุด โดยให้ผลใกล้เคียงกัน ($p < 0.05$) ในที่นี้ได้เลือก Liquid cleanser® เป็นสารลดแรงตึงผิวในการศึกษาเพื่อลดสารคลอร์ไพริฟอสในสะระแหน่เนื่องจากล้างออกได้ง่ายกว่าและมีฟองน้อย การใช้ AEO-NBs แต่ไม่ได้ล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวลดปริมาณสารคลอร์ไพริฟอสได้มากกว่าการใช้เพียงน้ำประปาล้าง แม้ว่าจะล้างน้ำสองครั้ง (3 นาทีและ 5 นาที) ลดได้ 51% ในขณะที่ Tap/ NBs ลดได้ 31% และเมื่อใช้ Liquid cleanser® แล้วตามด้วย AEO-NBs สามารถลดปริมาณสารคลอร์ไพริฟอสบนสะระแหน่ได้มากขึ้นถึง 62% (Table 1) การล้างที่เติม Liquid cleanser® และตามด้วย NBs หรือ AEO-NBs สามารถลดสารคลอร์ไพริฟอสบนสะระแหน่ได้ใกล้เคียงกันเป็นเพราะสารลดแรงตึงผิวช่วยลดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดนี้ออกจากผิวใบ จึงช่วยลดสารตกค้างบนผิวใบพืชได้ อย่างไรก็ดีในการทดลองนี้ พบว่า ในการล้างที่มี AEO-NBs (40 ppm, pH 3.5, ORP 1200 mV) มีประสิทธิภาพช่วยทั้งฆ่าจุลินทรีย์และลดปริมาณสารตกค้างในสะระแหน่ได้

Table 1 Residues of chlorpyrifos on Thai mint after two-step washing.

Washing treatments		Thai mint	
Step 1 Pre-wash 3 minutes	Step 2 Washing 5 minutes	Chlorpyrifos (ppm/g)	% Reduction
Before washing		0.67 ± 0.05 a	
Tap	NBs	0.47 ± 0.04 b	31.1%
Tap	AEO-NBs	0.34 ± 0.09 c	50.8%
0.1% v/v Liquid cleanser®	NBs	0.27 ± 0.07 d	62.3%
0.1%v/v Liquid cleanser®	AEO-NBs	0.27 ± 0.01 d	61.3%

Results expressed as mean ± standard deviation of four replicates (n = 4). Mean values in column with different letter are significantly different according to DMRT at $p < 0.05$.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การล้างช่วยลดสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับผลิตผลหรือที่ตกค้างบนผลิตผลได้โดยประสิทธิภาพของการล้างขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของผลิตผล การหมุนเวียนของน้ำล้าง ชนิดและความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ เวลาในการล้าง ชนิดและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์เป้าหมาย (Olaimat and Holley, 2012) การเติมสารลดแรงตึงผิวทำให้จุลินทรีย์หรือสารเคมีตกค้างที่ยึดติดอยู่บนผิวผลิตผลมีโอกาสหลุดออกได้ง่ายขึ้น ผลของการใช้ sugar fatty acid ester ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่มีในส่วนผสมของ Liquid cleanser® ที่ใช้ในการทดลองนี้ พบว่า มีประสิทธิภาพช่วยลดการจับกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวและยังป้องกันการเกิดฟิล์มชีวภาพได้ (Furukawa *et al*., 2010) sodium lauryl ether sulfate ที่มีอยู่ในส่วนผสมของ St. Andrew® มีสมบัติ

เป็น anionic surfactants มีประจุชนิดเดียวกับผิวแบคทีเรียจึงสามารถลดจุลินทรีย์ (Ukuku and Fett, 2002) ส่วน Tween80® มีรายงานว่า ป้องกันการจับกลุ่มของเชื้อ *Salmonella* Thompson บนพื้นผิวได้ (Brandl and Huynh, 2014) จากการหลุดออกของเซลล์จุลินทรีย์จากผิวใบลงไปสู่น้ำล้างทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเติมสารฆ่าเชื้อในน้ำล้างเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม เนื่องจากน้ำประปาไม่สามารถทำลายเชื้อได้ (Gómez-López *et al*., 2015) ในที่นี้มีการใช้ AEO ที่ปริมาณคลอรีนอิสระ 40 ppm มีค่า oxidation reduction potential (ORP) สูง 900-1200 mV ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่า AEO สามารถกำจัดเชื้อ *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. บนผลิตผลสดได้ (Hung *et al*., 2010) นอกจากปริมาณคลอรีนอิสระจะแสดงสมบัติการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในการล้างควรติดตามค่า ORP ของน้ำล้างซึ่งพบว่าเป็นค่าพารามิเตอร์บ่งชี้สมบัติการฆ่าเชื้อและการกำจัดสารเคมีได้จากอำนาจของความเป็นออกซิไดซิ่งของน้ำล้างได้ ผลจากการศึกษาที่ผ่านมา Klintham *et al*. (2017) พบว่า ค่า ORP ของน้ำล้างหลังการล้างที่สูงกว่า 650 mV จะไม่พบเชื้อ *E. coli* หรือ *S.* Typhimurium เหลือรอดชีวิตอยู่ในน้ำล้างหลังการล้าง การใช้ electrolyzed oxidizing water (EOW) สามารถลดสารเคมีตกค้างได้เนื่องจากสภาวะค่า pH ที่เป็นกรดนั้นช่วยส่งเสริมให้ hypochlorous acid มีสมบัติความเป็นออกซิไดซิ่งสูง จึงทำปฏิกิริยากับสารเคมีอินทรีย์ เช่น สารเคมีตกค้างได้ (Qi *et al*., 2018)

สรุป

วิธีการล้างสองขั้นตอนโดยการล้างครั้งแรกโดยการแช่ผักสัดส่วน 1 ต่อน้ำ 40 ในน้ำผสม 0.1 % v/v Liquid cleanser® เป็นเวลา 3 นาที และตามด้วยการแช่ในน้ำ AEO-NBs ที่มีคลอรีน 40 ppm เป็นเวลา 5 นาที ไม่ต้องล้างน้ำซ้ำ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดเชื้อ *E. coli* TISTR 780 บนสะระแหน่ได้สูงสุด 2 log reduction (99%) และยังช่วยลดสารคลอร์ไพริฟอสได้ 61% โดยสภาวะการล้าง 2 ขั้นตอนดังกล่าว ไม่ส่งผลต่อคุณภาพและลักษณะปรากฏของสะระแหน่ และสามารถป้องกันการเกิดการปนเปื้อนข้ามในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ร่วมกับ บริษัท สวิฟท์ จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) เลขที่สัญญา PHD 56I0017 และ เครื่องผลิตฟองอากาศขนาดนาโนเมตร ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท IDEC Corporation ประเทศญี่ปุ่น ร่วมกับ บริษัท เค.พี.ที.แมชชีนเนอร์รี่ (1993) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

Brandl, M.T. and S. Huynh. 2014. Effect of the surfactant tween 80 on the detachment and dispersal of *Salmonella enterica* serovar Thompson single cells and aggregates from cilantro leaves as revealed by image analysis. Applied and Environmental Microbiology 80(16): 5037-5042.

Furukawa, S., Y. Akiyoshi, G.A. O'Toole, H. Ogihara and Y. Morinaga. 2010. Sugar fatty acid esters inhibit biofilm formation by food-borne pathogenic bacteria. International Journal of Food Microbiology 138(1-2): 176-180.

Gil, M. I., M. V. Selma, F. Lopez-Galvez and A. Allende. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. International Journal of Food Microbiology 134(1-2): 37-45.

Gómez-López, V. M., M.I. Gil, L. Pupunat and A. Allende. 2015. Cross-contamination of *Escherichia coli* O157:H7 is inhibited by electrolyzed water combined with salt under dynamic conditions of increasing organic matter. Food Microbiology 46: 471-478.

Hung, Y.C., P. Tilly and C.Kim. 2010. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) water and chlorinated water for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on strawberries and broccoli. Journal of Food Quality 33(5): 559-577.

Keskinen, L.A., and B.A. Annous. 2011. Efficacy of adding detergents to sanitizer solutions for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on Romaine lettuce. International Journal of Food Microbiology 147(3): 157-161.

Klintham, P., S. Tongchitpakdee, W. Chinsirikul and W. Mahakarnchanakul. 2017. Combination of microbubbles with oxidizing sanitizers to eliminate *Escherichia coli* and *Salmonella* Typhimurium on Thai leafy vegetables. Food Control 77: 260-269.

Olaimat, A. N. and R. A. Holley. 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. Food Microbiology 32(1): 1-19.

Ukuku, D. O. and W. F. Fett. 2002. Relationship of cell surface charge and hydrophobicity to strength of attachment of bacteria to cantaloupe rind. Journal of Food Protection 65(7): 1093-1099.

Qi, H., Q. Huang and Y. C. Hung. 2018. Effectiveness of electrolyzed oxidizing water treatment in removing pesticide residues and its effect on produce quality. Food Chemistry 239: 561-568.