Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 117-120 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 117-120 (2560)

การลดจำนวนจุลินทรีย์ในผักสดด้วยการล้างในน้ำฟองอากาศขนาดละเอียดร่วมกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์

Microbial Reduction on Vegetables by Using Fine Bubbles Combined with Sodium Hypochlorite in Washing Process

อสมา แพพิพัฒน์[1,2] Linh Thuy Tran[1,2] **และ วราภา มหากาญจนกุล**[1]
Asama Phaephiphat[1,2], Linh Thuy Tran[1,2] and Warapa Mahakarnchanakul[1]

Abstract

The application of fine bubbles technology combined with sanitizer was aimed to investigate the best washing method to reduce total microorganisms on vegetables and extend the shelf life of the washed vegetables. The study of effect of microbubble (the average diameter < 3.5 micrometers) combined with sodium hypochlorite (NaOCl) at different levels for 5 minutes in washing fresh vegetables was conducted. Vegetables including morning glory, lettuce and ginger were the representative for the smooth, wrinkle and root vegetable. The highest microbial reduction in washing process among these three vegetables was with 80 ppm NaOCl in 5 minutes. Total microbial on morning glory, lettuce and ginger were reduced by 1.7 (97.5%), 2.4 (99.6%) and 1.5 (97.0%) log CFU/g, respectively. Meanwhile, washing vegetables alone with microbubble showed less microbial reduction by 0.5-0.6 log CFU/g or 70%. Therefore, using fine bubbles could enhance the efficiency of sanitizer to eliminate the contaminated microorganisms in vegetables.

Keywords: microbubble, sodium hypochlorite, washing vegetables

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดละเอียดร่วมกับสารฆ่าเชื้อเพื่อหาวิธีที่สุดในการลดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติในผัก และคาดว่าสามารถยืดอายุการเก็บผักที่ล้างด้วยวิธีนี้ จากการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครบับเบิล มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย < 3.5 ไมโครเมตร ร่วมกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ล้างผักบุ้ง ผักกาดหอมและขิง ซึ่งเป็นตัวแทนของผักใบเรียบ ใบหยิก และแบบแง่ง พบว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในลดจุลินทรีย์ในผักทั้ง 3 ชนิด คือการล้างด้วยน้ำไมโครบับเบิลร่วมกับ NaOCl ความเข้มข้น 80 mg/L เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผักบุ้ง ผักกาดหอม และขิง ได้ 1.7 (97.5%), 2.4 (99.6%) และ 1.5 (97.0%) log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่การล้างด้วยน้ำไมโครบับเบิลเพียงอย่างเดียว สามารถลดจำนวนเชื้อทั้งหมดในผักทั้งสามชนิดได้น้อยกว่า คือ 0.5-0.6 log CFU/g หรือประมาณ 70% สรุปได้ว่าการใช้น้ำที่มีฟองละเอียดล้างผักให้ผักที่มีความสด ส่วนการล้างร่วมกับสารฆ่าเชื้อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ สามารถยืดอายุผักทั้งสามได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำปกติ

คำสำคัญ: ฟองอากาศขนาดไมโครเมตร, โซเดียมไฮโปคลอไรท์, การล้างผัก

คำนำ

การล้างผักด้วยน้ำสะอาดเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อน การเติมสารฆ่าเชื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างผักได้ผลเป็นที่พอใจช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน โดยเฉพาะจุลินทรีย์ชนิดก่อโรค แต่การใช้สารเคมีในปริมาณที่มากเกินไปมีผลต่อปริมาณสารเคมีตกค้างและยังเพิ่มค่าใช้จ่าย ปริมาณสารเคมีตกค้างอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคได้ จึงได้นำเทคโนโลยีไมโครบับเบิลเพื่อช่วยส่งเสริมและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับขั้นตอนการล้างผัก ไมโครบับเบิลเป็นฟองอากาศขนาดเล็กมากหรือฟองละเอียด (fine bubbles) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-50 ไมโครเมตร (Takahashi, 2005) ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของไมโครบับเบิลจะช่วยชะจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนผักให้หลุดออกได้ ทำให้สารฆ่าเชื้อที่ใช้มีโอกาสทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่า (Klintham *et al*., 2017) จึงให้ผลดีทั้งในแง่ของการลดจุลินทรีย์และลด

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, 10900
[2] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903
[2] The Graduate School, Kasetsart University, Bangkok, 10903

ปริมาณการใช้สารเคมี งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของไมโครบับเบิลร่วมกับสารฆ่าเชื้อในขั้นตอนการล้างเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนบนผักและเพื่อยืดอายุการเก็บผักสดโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์บนผักหลังการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาขนาดของไมโครบับเบิลภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope)

น้ำไมโครบับเบิลที่ใช้สำหรับศึกษาผลิตจากเครื่องผลิตไมโครบับเบิล รุ่น Microstar FS101-1 (Fuki manufacturing Co, Ltd., Japan) ปรับระดับอากาศเข้าสู่เครื่องผลิตไมโครบับเบิล คือ Full open, 45 องศา และ Full close จุ่มเครื่องลงในถังอะคริลิคที่บรรจุน้ำอาร์โอ 40 ลิตร เปิดเครื่องผลิตบับเบิลเป็นเวลา 2 นาที สุ่มน้ำไมโครบับเบิลปริมาณ 10 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นสไลด์ ขนาด 25.4 × 76.2 มม.ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ (22 × 22 มม.) ตรวจวัดขนาดของไมโครบับเบิลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง Model Axio Lab A1 (Zeiss, Germany) จากนั้นบันทึกภาพและวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ Image-Pro Plus 6.0 (Media Cybernetics, Bethesda, MD) นำภาพที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครบับเบิลจำนวน 600 บับเบิลโดยใช้ SPSS software for Windows, version 12 (SPSS Inc., Chicago, IL. USA)

2. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำไมโครบับเบิลร่วมกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการลดจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผัก 3 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง ผักกาดหอม และขิง

ล้างผักทั้ง 3 ชนิด ด้วยอัตราส่วนผักต่อน้ำล้าง เท่ากับ 1:35 โดยชั่งผัก 1 กิโลกรัม บรรจุในถุงซักผ้า จุ่มลงในถังน้ำพลาสติกที่บรรจุน้ำล้างปริมาตร 35 ลิตรที่ผ่านการผลิตไมโครบับเบิลขนาด 3.3 ไมโครเมตรมาแล้วเป็นเวลา 2 นาที ล้างผักต่อโดยให้เครื่องผลิตบับเบิลต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการล้างผัก ได้แก่ น้ำประปา (TW) น้ำไมโครบับเบิล (MB) น้ำไมโครบับเบิลเติมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (MBCL) ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ (13 และ 80 mg/L) สุ่มตัวอย่างผักหลังล้าง เพื่อตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) เปรียบเทียบกับตัวอย่างผักก่อนล้าง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในผักหลังล้างบรรจุถุง Ziploc (Sunzip, Thailand) เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 10°C วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในตัวอย่างผัก รายงาน เป็น log CFU/g ทุกตัวอย่างทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ซ้ำ

ผล

ความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไมโครบับเบิลที่ผลิตขึ้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับอากาศที่ปรับเข้าสู่เครื่องเพื่อใช้ในการผลิต พบว่าเมื่อปรับให้อากาศเข้าสู่เครื่องในระดับ Full Open, 45 องศา และ Full Close จะได้ไมโครบับเบิลขนาด 3.3±1.7, 3.4±1.5 และ 1.2±0.7 ไมโครเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต เมื่อปรับระดับอากาศ Full Close จะได้ไมโครบับเบิลขนาดเล็กที่สุด (< 1 ไมโครเมตร) ไมโครบับเบิลขนาด 3.3 ไมโครเมตร ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองล้างผักเนื่องจากมีการกระจายตัวของไมโครบับเบิลอย่างสม่ำเสมอให้ขนาดบับเบิลที่เท่ากัน และคาดว่าประจุลบบนผิวไมโครบับเบิลจะช่วยชะจุลินทรีย์ปนเปื้อนบนผัก ขนาดและการกระจายตัวของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไมโครบับเบิลที่ผลิตได้ในแต่ละสภาวะแสดงใน Figure 1

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำล้างชนิดต่างๆ ต่อการลดจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผัก 3 ชนิด แสดงดัง Figure 2 โดยพบว่า ผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วย MB ลดจุลินทรีย์ได้ 73.1% ในขณะที่ TW และ MBCL 13 mg/L ให้ผลในทางเดียวกัน การล้างด้วย MBCL 80 mg/L ให้ผลดีที่สุด ลดจุลินทรีย์ได้ 97.5% ในทำนองเดียวกับการล้างผักกาดหอม ลดจุลินทรีย์ได้ 99.6% ในขณะที่การล้างผักกาดหอมด้วย TW, MB และ MBCL 13 mg/L สามารถลดจุลินทรย์ได้ใกล้เคียงกัน คือ 77.1, 69.8 และ 71.2% ตามลำดับ ในส่วนของการล้างขิงพบว่าล้างด้วย MB ลดจุลินทรีย์ได้ 67.6% ให้ผลดีกว่าTW และ MBCL 13 mg/L และเมื่อล้างด้วย MBCL 80 mg/L ให้ผลดีที่สุดเช่นเดียวกับผักทั้ง 2 ชนิด โดยลดจุลินทรีย์ได้ 97.0% ผักทั้ง 3 ชนิด หลังผ่านการล้าง ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในผัก ผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันในผักทั้ง 3 ชนิด พบว่า จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นในทุกๆวันของการเก็บรักษา แต่จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นช้ากว่าในผักที่ผ่านการล้างด้วย MBCL 80 mg/L เป็นที่น่าสังเกตุว่าลักษณะปรากฏของผักทั้ง 3 ชนิด หลังผ่านการล้างด้วย MB ให้ความสดกว่าผักที่ล้างด้วย TW ผักบุ้งที่ล้างด้วย MBCL 80 mg/L อายุการเก็บมากกกว่าผักที่ล้างด้วยวิธีอื่น สามารถเก็บได้ 3 วัน ผักกาดหอมที่ล้างด้วย MBCL 80 mg/L ยังไม่เน่าเสียในวันที่ 4 ลักษณะปรากฏดีกว่าผักล้างด้วยวิธีอื่น แต่ขิงที่ล้างด้วย MBCL 80 mg/L ไม่แสดงความแตกต่างชัดเจน แต่ให้ลักษณะปรากฏที่ดีคือสะอาดกว่าวิธีอื่น

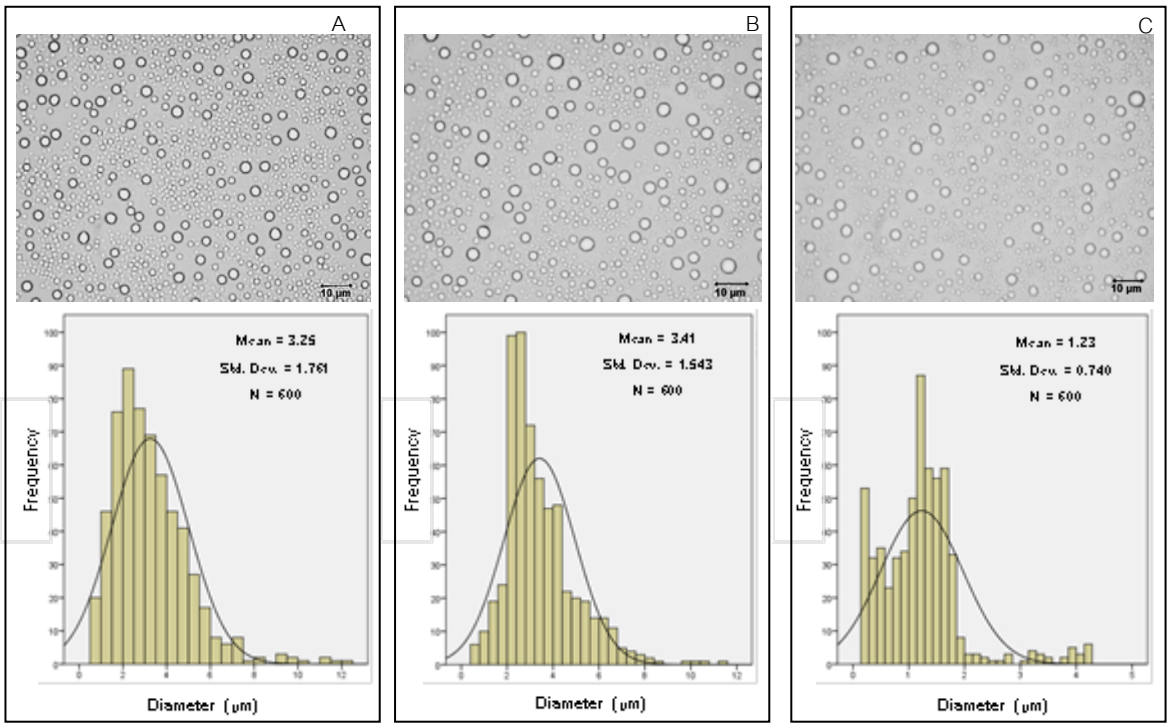

Figure 1 Photograph of microbubbles and microbubbles diameter distribution by light microscope at different adjustment of air inlet. A; Full open, B; 45 degree and C; Full close.

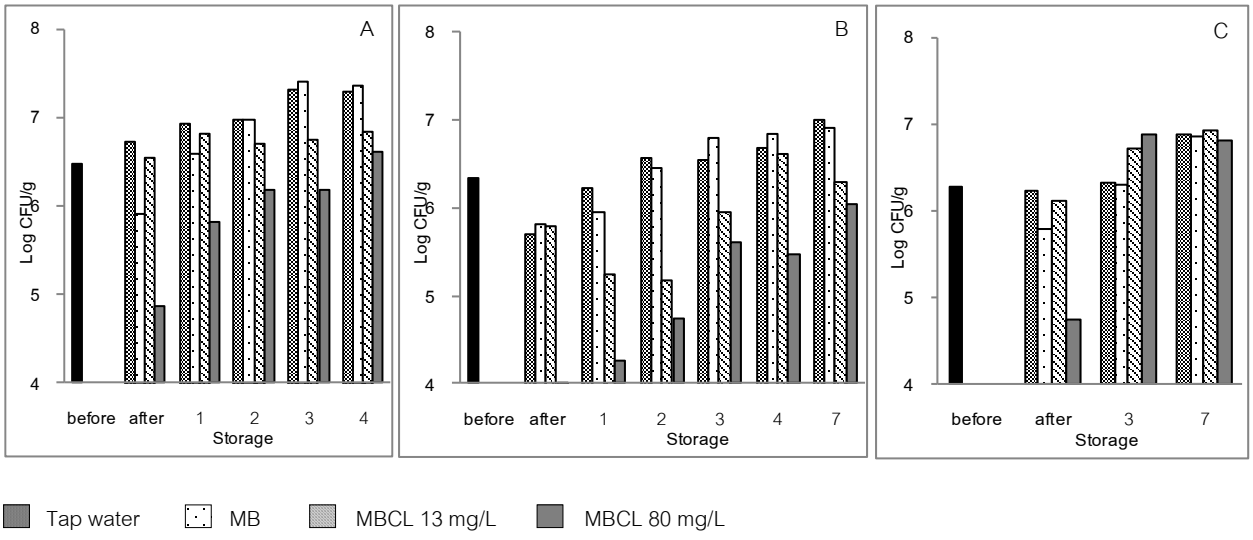

Figure 2 Changes in total plate count (log CFU/g) of morning glory (A), lettuce (B) and ginger (C) before and after washed with various conditions and after storage.

วิจารณ์ผล

ผลของระดับอากาศที่ปรับเข้าสู่เครื่องจะทำให้ขนาดของไมโครบับเบิลที่ผลิตได้มีความแตกต่างกัน พบว่าให้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ < 3.5 ไมโครเมตร ให้ขนาดฟองเล็กกว่างานวิจัยที่เสนอก่อนหน้านี้โดย Klintham *et al*. (2017) วัดขนาดของไมโครบับเบิลด้วยเทคนิค Laser diffraction ผลิตด้วยเครื่องผลิตไมโครบับเบิล Model: Sumizumi II, Science & Technology Service Company Limited, Thailand พบว่า ไมโครบับเบิลที่เกิดขึ้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 57.6±16.3 ไมโครเมตร ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำล้างแต่ละชนิดนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee *et al*. (2009) ที่ทำการล้างผักกาดหอมด้วยฟองอากาศขนาดไมโคร (micro-bubbles-washed) เป็นเวลา 5 นาที คือสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ 1.05 log CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำชนิดอื่น ลดจุลินทรีย์ได้เพียง 0.2-0.3 log CFU/g และพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น 2.04-2.64 log CFU/g หลังผ่านการเก็บเป็นเวลา 10 วัน ในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ Lee *et al*. (2011) ใช้น้ำไมโครบับเบิล น้ำอิเล็กโทรไลซ์ และน้ำไมโครบับเบิลร่วมกับน้ำอิเล็กโทรไลซ์ในการล้างใบงา, ผักกาดหอม และกะหล่ำปลีมินิ เป็นเวลา 5 นาที เพื่อลดจำนวน *E. coli* และ *B. cereus* ผลการทดลองพบว่า การล้างผักด้วยน้ำไมโครบับเบิลสามารถลดจำนวน *E. coli* และ *B. cereus* ได้ 1.2-2.6 และ 1.4-1.6 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งให้ผลดีกว่าน้ำประปาเล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้น้ำไมโครบับเบิลร่วมน้ำอิเล็กโทรไลซ์ให้ผลดีกว่าการใช้น้ำอิเล็กโทรไลซ์เพียงอย่างเดียว (คลอรีนอิสระ 100 และ 200 mg/L) สามารถลดแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ 5.1-6.3 log CFU/g ประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์เป็นผลมาจากคลอรีนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ที่รุนแรง สามารถทำลายจุลินทรีย์ด้วยกลไกที่คลอรีนไปทำปฏิกิริยาเพื่อทำลายเอนไซม์และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโต และตายอย่างรวดเร็ว (Venkobachar *et al*., 1997) ในกรณีศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ไมโครบับเบิลร่วมกับคลอรีนที่ความเข้มข้น 80 mg/L สามารถลดแบคทีเรียทั้งหมดได้ 1.5-2.4 log CFU/g

สรุป

น้ำไมโครบับเบิลผสมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 80 mg/L ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ในการล้างผักทั้ง 3 ชนิด โดยไม่ทำให้ผักเสื่อมคุณภาพ ผักสดขึ้น และยังสามารถยืดอายุการเก็บได้นานกว่าผักที่ล้างด้วยสภาวะอื่นอย่างน้อย 1 วัน พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบหลังการเก็บรักษามีจำนวนน้อยกว่าและการเจริญเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ช้ากว่าผักที่ล้างด้วยน้ำไมโครบับเบิลที่ไม่เติมสารฆ่าเชื้อและน้ำปกติ ทำให้ยืดอายุการเก็บได้นานกว่าผักที่ล้างด้วยสภาวะอื่นเมื่อเก็บที่ 10°C

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย บริษัทฟูกิ แมนูแฟคเจอริ่ง ประเทศญี่ปุ่น สำหรับเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดละเอียด

เอกสารอ้างอิง

Lee, W.J., C.H. Lee, J.Y. Yoo, K.Y. Kim and K.I. Jang. 2011. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. Journal of the Korean Society Food Science and Nutrition 40 (6): 912-917.

Lee, S.A., A.R. Youn, K.H. Kwon, B.S. Kim, S.H. Kim and H.S. Cha. 2009. Washing effect of microbubbles and changes in quality of lettuce (*Lacutuca sativa L*.) during storage. Korean Journal of Food Preservation 16 (3): 321-326.

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.

Venkobachar, C., L. Iyengar and A. P. Rao. 1977. Mechanism of disinfection: effect of chlorine on cell membrane functions. Water Research 11(9): 727-729.

Takahashi, M. 2005. Zeta potential of microbubbles in aqueous solutions: Electrical Properties of the gas-water interface. The Journal of Physical Chemistry B 109(46): 21858-21864.