

ผลร่วมของน้ำร้อนและโซเดียมคลอไรต์ต่อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร และคุณภาพของ  
ดอกบร็อกโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

Combined effects of hot water and sodium chlorite on food borne pathogens and qualities of fresh-cut  
broccoli florets

พนิดา เรณูมาลัย<sup>1,2</sup> วาริช ศรีละออง<sup>1,2</sup> อภิรดี อุทัยรัตนกิจ<sup>1,2</sup> ศิริชัย กัลยานรัตน์<sup>1,2</sup> และผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์<sup>1,2,\*</sup>  
Phanida Renumarn<sup>1,2</sup>, Varit Srilaong<sup>1,2</sup>, Apiradee Uthairatanakij<sup>1,2</sup>, Sirichai Kanlayanarat<sup>1,2</sup> and Pongphen Jitareerat<sup>1,2,\*</sup>

Abstract

Combined effects of hot water and sodium chlorite (NaClO<sub>2</sub>) solution on food-borne pathogens and qualities of fresh-cut broccoli florets were investigated. Fresh-cut broccoli was prepared by cutting the broccoli heads into florets. Prepared samples were washed with tap water followed by dipping in hot water at 45°C for 1 min and immediately cooled with tap water for 2 min, followed by dipped in NaClO<sub>2</sub> solutions at 100 and 300 ppm for 1 min. The exceed solution on the florets was removed by a manual spinner, and the samples were then packed in clamshell boxes and stored at 4°C for 6 days. Fresh-cut broccoli washed with tap water was used as control. Dipping of fresh-cut broccoli in hot water followed by 100 ppm NaClO<sub>2</sub> solution was the best treatment to reduce coliforms, *Salmonella* and *Shigella* spp., total bacteria and yeast and molds throughout the storage while the qualities of fresh-cut broccoli dipped in hot water before dipping on NaClO<sub>2</sub> solutions showed no significant differences on weight loss, color changes and sensory evaluation. This result implies that hot water combined with 100 ppm NaClO<sub>2</sub> can be applied to reduce the microbial contamination on fresh-cut broccoli without negative effects on their qualities.

**Keywords:** Heat treatment; coliforms; *Salmonella* spp.; *Shigella* spp.; *Brassica oleracea* L.

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้น้ำร้อนร่วมกับสารละลายโซเดียมคลอไรต์ (NaClO<sub>2</sub>) ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคระบบทางเดินอาหารและคุณภาพของบร็อกโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภค ทำโดยนำดอกบร็อกโคลีมาตัดแต่งออกเป็นดอกย่อย และล้างในน้ำประปา ก่อนนำไปจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C นาน 1 นาที และทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำประปา นาน 2 นาที ตามด้วยการจุ่มในสารละลาย NaClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 100 และ 300 ppm นาน 1 นาที ทำการกำจัดสารละลายส่วนเกินออกจากดอกบร็อกโคลีด้วยอุปกรณ์สลัดน้ำ และนำไปบรรจุในกล่อง clamshell เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 6 วัน สำหรับบร็อกโคลีตัดแต่งที่ล้างด้วยน้ำประปาใช้เป็นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่า การจุ่มบร็อกโคลีตัดแต่งพร้อมบริโภคในน้ำร้อนก่อนจุ่มใน NaClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม *Salmonella* และ *Shigella* spp. เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลงได้มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่คุณภาพของบร็อกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำร้อนก่อนจุ่มใน NaClO<sub>2</sub> ทั้ง 2 ความเข้มข้น มีการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaClO<sub>2</sub> ความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มนำไปใช้เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในบร็อกโคลีตัดแต่งได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

**คำสำคัญ:** Heat treatment โคลิฟอร์ม ซัลโมเนลลา ชิเกลลา *Brassica oleracea* L.

<sup>1</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

<sup>2</sup> Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>4</sup> Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

\* corresponding author : [pongphen.jit@kmutt.ac.th](mailto:pongphen.jit@kmutt.ac.th)

## คำนำ

บร็อคโคลี่ (*Brassica olerace* L.) เป็นผักชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำมาตัดแต่ง ผลผลิตที่ผ่านการตัดแต่งในส่วนที่ถูกตัดจะมีของเหลวภายในเนื้อเยื่อออกมาภายนอก ซึ่งเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Ayala-Zavala et al., 2008) ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนการล้างภายหลังการปอกเปลือกและ/หรือตัดแต่งจึงมีความสำคัญที่จะช่วยกำจัดหรือลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงของเหลวจากเนื้อเยื่อภายในผลผลิตได้ (Corbo et al., 2010) ซึ่งมีรายงานการใช้สารทำความสะอาดมาประยุกต์ใช้ในระหว่างกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้ตัดแต่งหลายชนิด เช่น การใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaClO}_2$ ) ร่วมกับสารละลายกรดชนิดต่างๆ มาใช้ในการสเปรย์หรือจุ่มผลผลิตทางอาหารทั้งผลผลิตสด ซึ่งได้รับการอนุญาตจากองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้สารดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลผลิตผักและผลไม้สดและตัดแต่งได้ (Martinez-Sanchez et al., 2006) อย่างไรก็ตามการใช้สารละลาย  $\text{NaClO}_2$  ร่วมกับสารละลายกรด ความเข้มข้น 1% นาน 2 นาที มีผลให้แครอทสับ (shredded carrots) มีเนื้อสัมผัสนิ่มขึ้น (Ruiz-Cruz et al., 2006) ส่วนการปฏิบัติด้วยความร้อน เช่น การใช้น้ำร้อน (Munyaka et al., 2010) เป็นอีกวิธีที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้เพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและรักษาคุณภาพบร็อคโคลี่ตัดแต่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

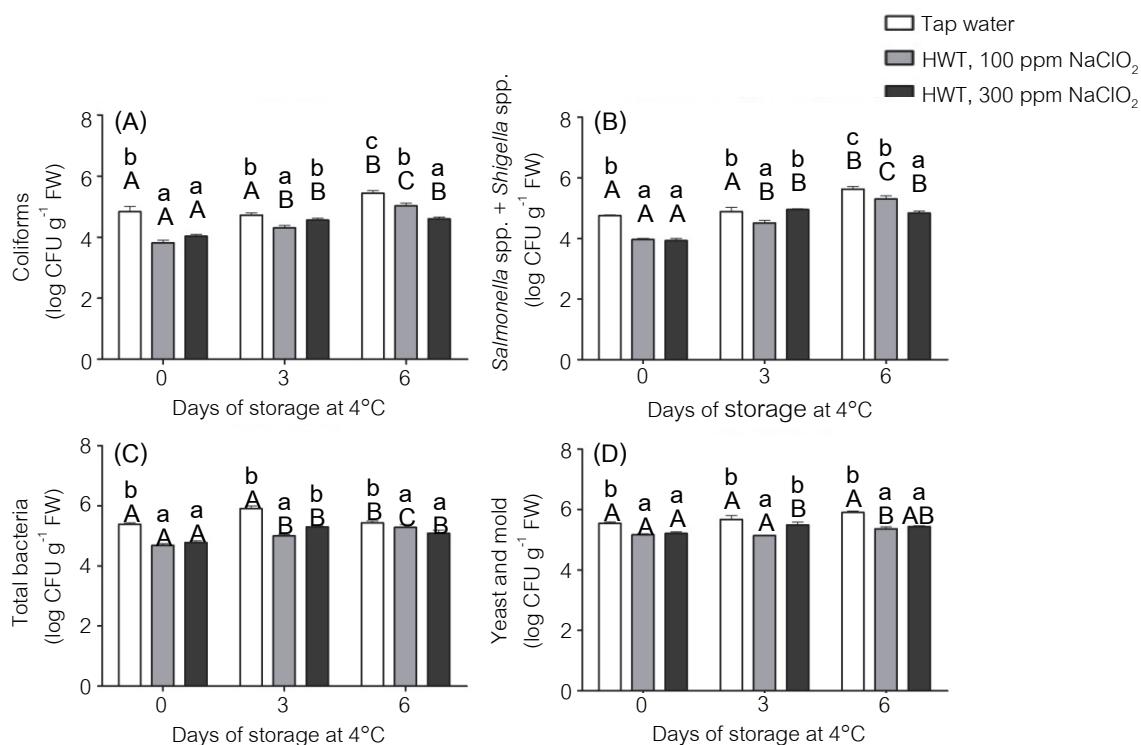
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลร่วมของน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C และสารละลาย  $\text{NaClO}_2$  ความเข้มข้น 100 และ 300 ppm เพื่อลดหรือยับยั้งจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร รวมไปถึงการคุณภาพของบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภค ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 6 วัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

บร็อคโคลี่ (*Brassica olerace* L.) ขนส่งจากโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาตัดแต่งและหั่นบร็อคโคลี่ด้วยมีดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ล้างผ่านน้ำประปาเป็นเวลา 2 นาที (ชุดควบคุม) แล้วจึงนำไปปั่นสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องสลัดน้ำ (manual spinner) จากนั้นนำไปจุ่มน้ำอุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 1 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำประปา นำไปปั่นสะเด็ดน้ำอีกครั้งแล้วจึงนำไปจุ่มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 หรือ 300 ppm แล้วจึงนำไปสะเด็ดน้ำ นำไปบรรจุในกล่องพลาสติก clamshell น้ำหนักสุทธิประมาณ 145-155 กรัม เก็บรักษาที่ 4°C บร็อคโคลี่แต่ละหน่วยการทดลองจะถูกสุ่มตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์ม *Salmonella-Shigella* spp. เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ที่รอดชีวิต พร้อมทั้งบันทึกร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีของดอกบร็อคโคลี่ วิเคราะห์ด้วยค่าโทนสี Hue angle โดยใช้เครื่องวัดสีของ Minolta CR-300 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ตามวิธี Moran (1982) การวิเคราะห์อัตราคาร์บอนไฮโดรเจน โดยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) รุ่น GC-8A (Shimadzu, Japan) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 4 คน โดยการให้คะแนนทางด้านความชอบรวม สี และกลิ่นของบร็อคโคลี่ตัดแต่ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 6 วัน

## ผลและวิจารณ์ผล

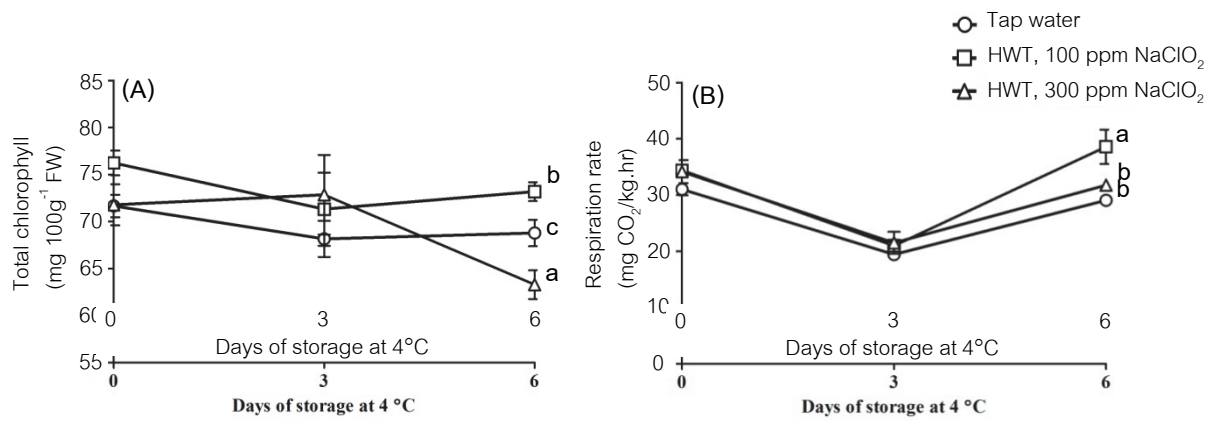
จากการศึกษาผลของการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 45°C ร่วมกับสารละลาย  $\text{NaOCl}_2$  เพื่อลดปริมาณหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่ง (Figure 1) ซึ่งทำการตรวจสอบโดยวิธี Plate count agar พบว่า สารละลาย  $\text{NaOCl}_2$  ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น (100 และ 300 ppm) สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ล้างน้ำประปา) ทั้งนี้ในวันแรกของการเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่ผ่านการปฏิบัติด้วยสารละลาย  $\text{NaOCl}_2$  ที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อโคลิฟอร์ม *Salmonella - Shigella* spp. เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา จุลินทรีย์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่งได้ คืออยู่ในช่วง 1.02 0.78 0.70 และ 0.54 log CFU/g ตามลำดับ เนื่องจาก  $\text{NaOCl}_2$  ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่ง ซึ่งสัมพันธ์กับรายงานก่อนหน้าพบว่า  $\text{NaOCl}_2$  สามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ในแอปเปิ้ลตัดแต่งและผักซีตัดแต่งได้ (Lu et al., 2006; Allende et al., 2009) ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{NaOCl}_2$  ที่นำมาศึกษาอย่างไม่เพียงพอต่อการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ทั้งหมดอาจเนื่องจากลักษณะของบร็อคโคลี่ที่เป็นดอกย่อยซ้อนติดกันหลายชั้น จึงเป็นบริเวณที่เหมาะสมต่อการป้องกันและหรือหลบซ่อนตัวของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างขั้นตอนการล้างหรือการใช้สารทำความสะอาดได้ ถึงแม้จะเพิ่มเวลาในขั้นตอนการล้าง (Moreira et al., 2008) ทั้งนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลผลิต เช่น ชนิดและความเข้มข้นของสารทำความสะอาด ชนิดและปริมาณของเชื้อโรคปนเปื้อน ลักษณะและชนิดของผักผลไม้ และเวลาที่ใช้ให้เหมาะสม



**Figure 1** Coliform counts (A), *Salmonella* spp.+*Shigella* spp. counts (B), total bacteria counts (C), and Yeast and mold counts (D) of fresh-cut broccoli treated with HWT at 45°C for 1 min and 100 or 300 ppm of NaClO<sub>2</sub> for 1 min prior storage at 4°C for 6 days. Tap water was used as the control. Bars are the mean ± standard error. The same capital letters within each treatment are not significantly different ( $P < 0.05$ ). The same small letters within each storage period are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

ผักและผลไม้ตัดแต่งนั้นเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากยังรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์จนถึงมือผู้บริโภค ทั้งนี้การย่อยสลายของคลอโรฟิลล์ เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่จะให้เกิดการสูญเสียสีเขียว ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คุณภาพของผักที่มีสีเขียวลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบร็อกโคลี ทั้งนี้การปฏิบัติด้วยน้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaOCl<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีผลต่อการชะลอการเสื่อมสภาพของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 วัน (Figure 2A) นอกจากนี้การใช้น้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaOCl<sub>2</sub> ยังมีผลต่ออัตราการหายใจของบร็อกโคลีตัดแต่ง (Figure 2B) ซึ่งพบว่าอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นกว่าบร็อกโคลีตัดแต่งในชุดควบคุม และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าบร็อกโคลีตัดแต่งที่ผ่านการปฏิบัติด้วยน้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaOCl<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีอัตราการหายใจสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งอาจเกิดจาก เนื้อเยื่อพืชขาดเจ็บหรือถูกทำลาย ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา (Serrano et al., 2006)

บร็อกโคลีตัดแต่งในทุกชุดการทดลอง ไม่มีผลต่อร้อยละการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีของดอกบร็อกโคลี (ค่าสี Hue angle) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะ (ด้านคุณภาพ สี และกลิ่น) (ไม่แสดงข้อมูล) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติด้วยน้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaOCl<sub>2</sub> ไม่มีผลต่อลักษณะคุณภาพภายนอกของบร็อกโคลีตัดแต่ง อาจเนื่องจากการปฏิบัติด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 1 นาที ช่วยชะลอการเสื่อมเสียและการเกิดสีเหลืองของดอกบร็อกโคลีได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Dong et al. (2004) พบว่าประสิทธิภาพดีที่สุดในการรักษาคุณภาพของบร็อกโคลีทั้งหัวคือการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45°C นาน 4 นาที



**Figure 2** Total chlorophyll content (A) and respiration rate (B) of fresh-cut broccoli treated with HWT at 45°C for 1 min and 100 or 300 ppm of NaClO<sub>2</sub> for 1 min prior storage at 4°C for 6 days. Tap water was used as the control. Lines are the mean ± standard error. The same small letters within each storage period are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

### สรุปผลการทดลอง

บร็อกโคลี่ตัดแต่งที่ผ่านการปฏิบัติด้วยน้ำร้อนร่วมกับสารละลาย NaClO<sub>2</sub> ที่ความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและคงคุณภาพของบร็อกโคลี่ตัดแต่งได้ดีที่สุด โดยมีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และยังคงรักษาคุณภาพของบร็อกโคลี่ตัดแต่ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 6 วัน

### คำขอขอบคุณ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัย ภายใต้โครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการผลิตและพัฒนาอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Allende, A., J. McEvoy, Y. Tao and Y. Luo. 2009. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on *Escherichia coli* O157:H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro. *Food Control* 20: 230-234.
- Ayala-Zavala, J.F., L. del Toro-Sanchez, E. Alvarez-Parrilla and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2008. High relative humidity in-package of fresh-cut fruits and vegetables: advantage or disadvantage considering microbiological problems and antimicrobial delivering systems?. *J. Food Sci.* 73: 41-47.
- Corbo, M.R., B. Speranza, D. Campaniello, D. D' Amato and M. Sinigaglia. 2010. Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. In A. Mendez-Vilas (ed.). *Current research, Technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology.* 1143-1154.
- Dong, H., Y. Jiang, Y. Wang, R. Liu and H. Guan. 2004. Effects of hot water immersion on storage quality of fresh broccoli heads. *Food Technol. Biotechnol.* 42(2): 135-139.
- Lu, S., Y. Luo and H. Feng. 2006. Inhibition of apple polyphenol oxidase activity by sodium chlorite. *J. Agric. Food Chem.* 54: 3693-3696.
- Martinez-Sanchez, A., A. Allende, R.N. Bennett, F. Ferreres and M.I. Gil. 2006. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. *Postharvest Biol. Technol.* 42: 86-97.
- Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with *N,N*-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69: 1376-1381.
- Moreira, M. del R., A.G. Ponce, C.E. del Valle, L. Pereyra and S.I. Roura. 2008. Mild heat shocks to extend the shelf life of minimally processed lettuce. *J. Applied Horticulture.* 10(2): 87-92.
- Munyaka, A.W., I. Oey, A.V. Loey and M. Hendrickx. 2010. Application of thermal inactivation of enzymes during vitamin C analysis to study the influence of acidification, crushing and blanching on vitamin C stability in broccoli (*Brassica oleracea* L var. *Italica*). *Food Chemistry* 120(2): 591-598.
- Ruiz-Cruz, S., Y. Luo, R.J. Gonzalez, Y. Tao and G.A. Gonzalez. 2006. Acidified sodium chlorite as an alternative to chlorine to control microbial growth on shredded carrots while maintaining quality. *J. Sci. Food Agric.* 86(12): 1887-1893.
- Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillen, S. Castillo and D. Valero. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.* 39: 61-68.