

ผลของการใช้โซเดียมคลอไรต์ชนิดกรดร่วมกับเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครเพื่อควบคุม
การเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของจุลินทรีย์ในผักสลัดคอสตัดแต่ง
Effect of Acidified Sodium Chlorite Combined with Microbubble Technology to Control Browning and
Microbial Growth on Fresh-cut Cos Lettuce

ธัญรัตน์ โกมล¹ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์^{1,2,3*} อภิรดี อุทัยรัตน์กิจ^{1,2,3} ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ^{1,2} และ มัณฑนา บัวหนอง^{1,2}
Tanyarat Komol¹, Pongphen Jitareerat^{1,2,3,*}, Apiradee Uthairatanakij^{1,2,3}, Nattachai Pongprasert^{1,2} and Mantana Buanong^{1,2}

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of acidified sodium chlorite combined with microbubble to control browning and microbial growth on fresh-cut cos lettuce. Cos lettuce was removed as a single leaf and washed with tap water. The samples were immersed in the cool-boiled water (Control), 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite combined with microbubble (microbubble-ASC) for 5 min. The samples were packed in active bags, relative humidity 90-95% and kept at 4°C for 12 days. The results showed that ASC and microbubble-ASC significantly reduced the population of total aerobic bacteria, total coliforms, delayed tissue browning, no effect on color changes of leaf (L* and a*) as well as the total phenolic content was less than the control while ASC had highest antioxidant capacity (percentage of DPPH radical Inhibition and FRAP) on last day of storage but did not delay the decline of vitamin C content. Therefore, this result implies that the application of ASC or microbubble-ASC can be used to control microbial growth and delay browning in fresh-cut cos lettuce.

Keywords: Acidified sodium chlorite, microbubble, fresh-cut lettuce

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้โซเดียมคลอไรต์ชนิดกรดร่วมกับเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร เพื่อควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของจุลินทรีย์ในผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำ โดยเด็ดผักสลัดคอสออกเป็น กาบเดี่ยวๆ ล้างด้วยน้ำประปา และนำไปแช่ในน้ำต้มฆ่าเชื้อเป็นเวลา 5 นาที (ชุดควบคุม) แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรต์ ชนิดกรด (ASC) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรต์ชนิดกรดความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมฟองอากาศขนาดไมโคร (microbubble-ASC) เป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างผักสลัดคอสบรรจุลงในถุง active bag เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 วัน ผลการทดลองพบว่า การใช้ ASC และ microbubble-ASC มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์มทั้งหมด และชะลอการเกิดสีน้ำตาล แต่ไม่มีผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสีของกาบใบ (ค่า L* และ a*) และทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำกว่าชุดควบคุม และผักที่แช่ใน ASC มีปริมาณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH (percentage of DPPH radical inhibition) และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) เพิ่มสูงขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลในการช่วยรักษาระดับวิตามินซี จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการแช่ผักใน ASC หรือ microbubble-ASC สามารถนำมาใช้ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

คำสำคัญ: โซเดียมคลอไรต์ชนิดกรด ฟองอากาศขนาดไมโคร ผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

¹สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

²Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

³ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10400

⁴Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

⁵ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

⁶Center for Research and Development of Tropical and Sub-Tropical Crops, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

*Email: pongphen.jitt@kmutt.ac.th

คำนำ

ผักสลัดคอส (*Lactuca sativa* var. *crispa* L.) เป็นผักที่นิยมบริโภคในรูปแบบผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของการทำธุรกิจผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับอันตรายและผักเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว รวมไปถึงปัญหาการเกิดสีน้ำตาล (browning) บริเวณรอยตัด (Carlin *et al.*, 1990) ปัจจุบันมีการนำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชนิดกรดมาใช้ในการล้างผัก เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล (He *et al.*, 2008) แต่พบว่าสามารถลดจุลินทรีย์ได้ประมาณ $1-2 \log \text{CFU g}^{-1} \text{FW}$ เท่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอโดยเฉพาะกรณีผักสดมักมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์มาก (อัจฉรา และคณะ, 2553) เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโคร (micro-bubble technology) เป็นเทคโนโลยีในการทำให้เกิดฟองก๊าซขนาดเล็กในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ (Eriksson and Ljunggren, 1999) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับสารควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์หรือสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการล้างผัก ซึ่งอาจจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งณัฐชัย และคณะ (2555) ได้รายงานว่าการล้างผักด้วยฟองอากาศขนาดไมโครสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ดี ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครร่วมกับสารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) และสารต้านการเกิดสีน้ำตาล (antibrowning) เพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาลและลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักคอสตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำตัวอย่างผักสลัดคอสที่ได้จากบริษัท อติสมส์ เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด มาคัดเลือกเอาใบที่มีตำหนิออก จากนั้นเด็ดออกเป็นกาบเดี่ยวๆ ตัดส่วนโคนกาบด้านล่างออก ล้างด้วยน้ำประปา และนำไปแช่ในน้ำต้มฆ่าเชื้อเป็นเวลา 5 นาที (ชุดควบคุม) แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชนิดกรด (ASC) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ชนิดกรดความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมฟองอากาศขนาดไมโคร (microbubble-ASC) เป็นเวลา 5 นาที บรรจุผักลงในถุง active bag ขนาด 8×15 นิ้ว ที่ฟิล์มมีการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 12,000-14,000 ตารางเมตรต่อวัน, ความหนา 25 ไมโครเมตร ถูกละ 100 กรัม จำนวน 108 ถู กเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 วัน ครั้งละ 9 ถู เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีของกาบใบ โดยใช้เครื่อง Colorimeter ปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH โดยวัด percentage of DPPH radical inhibition และ FRAP assay วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และ โคลิฟอร์มทั้งหมดโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue Agar (EMB) ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design แต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SAS version 9) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผล

ผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคทุกทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า $6 \log \text{CFU g}^{-1} \text{FW}$ ซึ่งเป็นปริมาณแบคทีเรียที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางชีววิทยาของอาหารและโภชนาการ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าผักที่แช่ในสารละลาย ASC และแช่ในสารละลาย microbubble-ASC มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 0.96 และ $1.88 \log \text{CFU.g}^{-1} \text{FW}$ ตามลำดับ และมีปริมาณโคลิฟอร์มเท่ากับ 0.90 และ $0.81 \log \text{CFU.g}^{-1} \text{FW}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ ($<3 \log \text{CFU.g}^{-1} \text{FW}$) ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2548) นอกจากนี้การแช่ผักในสารละลาย ASC และ microbubble-ASC ไม่มีผลกระทบต่อสีของกาบใบ (พิจารณาจากค่า L^* และ a^*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2A-2C) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคในวันที่ 0 และ 6 ของการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละทรีตเมนต์ แต่พบว่า ASC และ microbubble-ASC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 2, 4, 8, 10 และ 12 (Figure 2D) การแช่ผักใน ASC ช่วยกระตุ้นให้ผักสลัดคอสตัดแต่งพร้อมบริโภคมีแนวโน้มปริมาณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH และ FRAP assay เพิ่มขึ้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีของผักในทุกทรีตเมนต์ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยพบว่าผักที่แช่ผักสลัดคอสในสารละลาย ASC และใน microbubble-ASC ไม่มีผลช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีได้ (Figure 3A-3C)

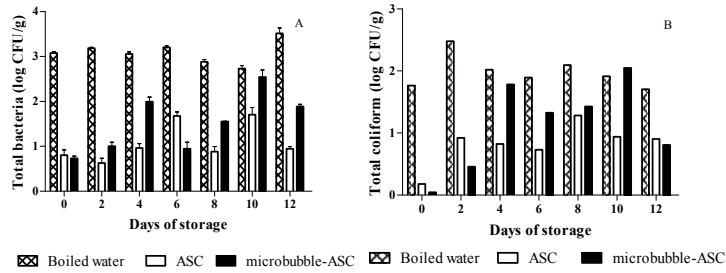


Figure 1 Total aerobic bacteria (A) and total coliform (B) in fresh-cut cos lettuce. Fresh-cut samples were immersed in the cool-boiled water (Control), 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite combined with microbubble (microbubble-ASC) for 5 min. The samples were packed in active bags and kept at 4°C for 12 days.

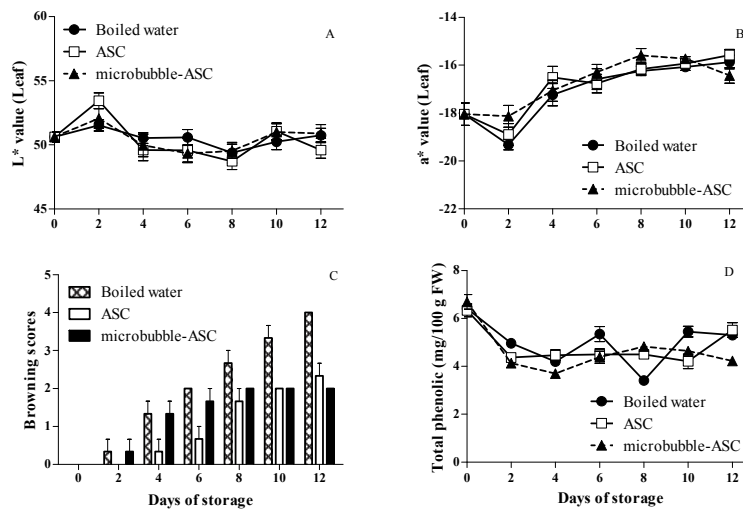


Figure 2 The change of L* value (A), a* value (B), Browning scores (C) and Total phenolic (D) of fresh-cut cos lettuce which were immersed in the cool-boiled water (Control), 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite combined with microbubble (microbubble-ASC) for 5 min. The samples were packed in active bags and kept at 4°C for 12 days.

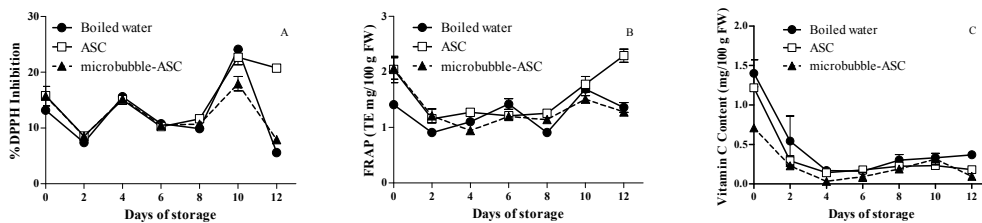


Figure 3 DPPH inhibition (A), FRAP (B) and Vitamin C (C) content in fresh-cut cos lettuce. Fresh-cut samples were immersed in the cool-boiled water (Control), 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite (ASC) for 5 min and 200 mg L⁻¹ acidified sodium chlorite combined with microbubble (microbubble-ASC) for 5 min. The samples were packed in active bags and kept at 4°C for 12 days

วิจารณ์ผล

การแช่ผักสลัดคอสในสารละลายโซเดียมคลอไรต์ชนิดกรด (ASC) สารละลายโซเดียมคลอไรต์ชนิดกรดความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมฟองอากาศขนาดไมโคร (microbubble-ASC) มีสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจาก ASC เป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรงและมีความเสถียรมากจะแตกตัวได้กรดคลอรัส ซึ่งทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์เสียหายได้ (ดณีนยา, 2558) และสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ เนื่องจากมีสภาวะเป็นกรด จึงยับยั้งการทำงานของ

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (He *et al.*, 2008) ทำให้มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้การแช่ผักสลัดคอสในสารละลาย ASC และ microbubble-ASC ยังไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสีของกาบใบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และพบว่า การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดที่เพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น การแช่ผักสลัดคอสใน ASC สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ติดกว่าการใช้ microbubble-ASC แสดงให้เห็นว่าการลดลงของจุลินทรีย์เป็นผลมาจาก ASC มากกว่าการใช้ฟองอากาศขนาดไมโคร ซึ่งผลงานวิจัยนี้แตกต่างจากผลงานวิจัยของ ณัฐชัย และคณะ (2555) ที่ได้รายงานว่า การล้างผักด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผักกาดหอมได้ นอกจากนี้พบว่าผักที่แช่ใน ASC มีกิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH และ FRAP assay เพิ่มสูงขึ้นในวันที่สุดท้ายของการเก็บรักษา แต่ในช่วงวันที่ 0-10 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผักสลัดคอสที่แช่ใน microbubble-ASC ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าผักสลัดคอสที่แช่ในสารละลาย ASC และที่แช่ใน microbubble-ASC ไม่สามารถช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีได้ตลอดอายุการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากสารละลายดังกล่าวมีสมบัติเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรงจึงทำลายวิตามินซีในผักได้ (Sogvar *et al.*, 2016) จึงส่งผลให้ผักนั้นสูญเสียวิตามินซีมากยิ่งขึ้น

สรุป

การแช่ผักสลัดคอสในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ชนิดกรด (ASC) ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ชนิดกรดความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมฟองอากาศขนาดไมโคร (microbubble-ASC) เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และโคลิฟอร์มทั้งหมด ชะลอการเกิดสีน้ำตาล ไม่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสีของกาบใบ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ ASC มีปริมาณกิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH และ FRAP assay เพิ่มมากขึ้นในวันที่สุดท้ายของการเก็บรักษา และทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังเก็บรักษาเพียง 4 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร (ฉบับที่ 2). กระทรวงสาธารณสุข. 6 น.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 9007-2548). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 37 น.
- ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ, นพรัตน์ ทัดมาลา และ วาริช ศรีละออง. 2555. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดนาโนและไมโครร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2 พิเศษ): 61-64.
- ดณีนยา แห่งพุ่ม. 2558. ผลของ sodium chlorite และ acidified sodium chlorite ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 138 น.
- อัจฉรา แสนคม, น้ำทิพย์ ชันทยาภรณ์ และ วราภา มหากาญจนกุล. 2553. การประยุกต์ใช้สารฆ่าเชื้อออกซิไดส์ซึ่งเพื่อลดจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์สดรีน้ำ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48.
- Carlin, F., C. Nguyen-the, G. Hilbert and Y. Chambroy. 1990. Modified atmosphere packaging of fresh, "ready - to - use" grated carrots in polymeric film. *Journal of Food Science* 55(4) : 1033-1038.
- Eriksson, J.C. and S. Ljunggren. 1999. On the mechanically unstable free energy minimum of a gas bubble which is submerged in water and adheres to a hydrophobic wall. *Colloid and Surface A: Physico-chemical and Engineering Aspects* 159: 159-163.
- He, Q., Y. Luo and P. Chen. 2008. Elucidation of the mechanism of enzymatic browning inhibition by sodium chlorite. *Food Chemistry* 110: 847-851.
- Sogvar, O.B., M.K. Saba and A. Emamifar. 2016. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 114: 29-35.