Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.): 604-607 (2012) ว. วิทย. กษ. 43: 3 (พิเศษ): 604-607 (2555)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดนาโนและไมโครภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

A Novel Postharvest Application of Carbon Dioxide Micro- and Nano-Bubbles to Inactivate Total Bacteria and Improve the Quality of Fresh-Cut Lettuce

ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1, 2] **นพรัตน์ ทัดมาลา**[1] **และ วาริช ศรีละออง**[1]
Nutthachai Pongprasert[1, 2], Nopprat Tatmala[1] and Varit Srilaong[1]

Abstract

At present, fresh-cut lettuce have become popular among consumers. Washing with sodium hypochlorite (NaOCl) is the most common method to preventing food born pathogen, but some organic compounds react easily with available chlorine to form toxic chlorinated products. Thus, this research aims to study the effects of carbon dioxide micro- and nano-bubbles technology (CO_2-MNBs) which is a non-chemical method on inhibition of total bacteria and improve the quality of fresh-cut lettuce. The results showed that using of CO_2-MNBs was more effective to inactivate total bacteria than that of 100 ppm of NaOCl, but using of CO_2-MNBs together with 50 ppm showed the most effective. In addtions, CO_2-MNB can maintained the quality of fresh-cut lettuce during storage, fresh-cut lettuce washed with CO_2-MNBs showed a lower incidence of browning symptom and lower amount of total phenolic compounds comparison to control. CO_2-MNB also maintained the amount of vitamin C and antioxidant capacity. These results indicated that CO_2-MNB may use as an alternative non-chemical method to inactivate total bacteria and improve the quality of fresh-cut produce. However, the further research must be needed.

Keywords: fresh-cut lettuce, carbon dioxide micro- and nano-bubbles, total bacteria

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้ให้ความนิยมผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งในทางการค้านั้นจะใช้สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ในการทำความสะอาด เพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกริยากับคลอรีนก่อให้เกิดสารประกอบคลอรีนที่เป็นพิษ และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลของการประยุกย์ใช้เทคโนโลยีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร และนาโน ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ใช้สารเคมีต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน และการรักษาคุณภาพในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร และนาโน มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ดีกว่าการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm และยังพบว่าประสิทธิภาพของการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร และนาโน ร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ความเข้มข้น 50 ppm นอกจากนี้การใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร และนาโน ยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา โดยสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด ลดปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ชะลอการสูญเสียปริมาณวิตามินซี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโคร และนาโน มาใช้ทดแทนการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ ซึ่งควรจะมีศึกษาในเชิงลึกต่อไป

คำสำคัญ: ผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโน แบคทีเรียปนเปื้อนทั้งหมด

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซ.เทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียน-ชายทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Tienthale 25, Tienthale Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถ.ประชาอุทิศ บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2] Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140

คำนำ

ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้ให้ความนิยมผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งในทางการค้านั้นจะใช้สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรท์ในการทำความสะอาดเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนก่อให้เกิดสารประกอบคลอรีนที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นการศึกษาถึงวิธีการใหม่ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยไม่ใช้สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคนั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano-bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ หรือแม้แต่ในกระบวนการผลิตอาหาร และเครื่องดื่มที่ต้องการทำให้เกิดโฟม หรือเครื่องดื่มน้ำอัดลม เป็นต้น MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร คุณสมบัติเด่นของ MNBs คือ มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดออนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซ และของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson and Ljunggren, 1999) มีรายงานว่า การใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโน (CO_2-MNBs) สามารถช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม ซึ่ง CO_2-MNBs มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในปัจจุบัน นอกจากนี้การใช้ CO_2-MNBs ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื่อ *Escherichia coli* ได้อีกเช่นเดียวกัน (Kobayashi et.al, 2009a, Kobayashi, 2009b) อย่างไรก็ตามกลไกและบทบาทของ CO_2-MNBs ในการยั้งยั้งเชื่อจุลินทรีย์นั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัด และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในด้านหลังการเก็บเกี่ยว โดยมุ่งเน้นการศึกษาการผลของการใช้เทคโนโลยี CO_2-MNBs ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองนี้ใช้ผักกาดหอมที่ทำการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปรนิกส์จากฟาร์มที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร เมื่อมาถึงยังห้องปฏิบัติการ ทำการคัดเลือกผักที่มีขนาดโตเต็มที่ ลำต้นสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลง หลังจากนั้นทำการแยกลำต้นออกจากวัสดุปลูกและทำการตัดแต่ง และหั่นเป็นชิ้นขนาดพอดีคำเพื่อที่จะใช้ในการทดลองต่อไป

นำผักสลัดที่เตรียมไว้มาผ่านการล้างด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ถุง บรรจุถุงละ 200 กรัม โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ดังนี้ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 ล้างด้วยน้ำธรรมดา เป็นเวลา 5 นาที (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที
ชุดการทดลองที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 5 นาที
ชุดการทดลองที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโน และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 5 นาที

หลังจากนั้นนำผักกาดหอมที่ล้างด้วยวิธีต่างๆ มาผ่านเครื่องปั่นเหวียง เพื่อทำสะเด็ดน้ำ และบรรจุในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (Active Packaging) ถุงละ 200 กรัม ทำการปิดผนึกด้วยความร้อน และนำไปทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน โดยทำการสุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 2 วัน ดังนี้ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่รอยตัด การเปลี่ยนแปลงสี (Hue angle) ความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผล

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ ส่วนในประเทศไทยนั้นเทคโนโลยีนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย โดยเฉพาะการประยุกต์เทคโนโลยีนี้มาใช้ทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวหรือทางด้านการเกษตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี CO_2-MNBs ต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตลอดจนการรักษาคุณภาพในผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อทดแทนวิธีการเดิมทางการค้าที่มีการใช้สารเคมี จากการศึกษาพบว่าการใช้ CO_2-MNBs นั้นมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งหมดของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผ่านไป ในชุดความคุมที่ล้างด้วยน้ำธรรมดานั้นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด

อายุการเก็บรักษา ในขณะที่ผักกาดหอมที่ล้างด้วยด้วยน้ำที่มี CO_2-MNBs ร่วมกับสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำที่สุดและมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษา ซึ่งการใช้ CO_2-MNBs ร่วมกับการใช้สารละลาย NaOCl นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีทางการค้าที่ใช้สารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 100 ppm เพียงอย่างเดียว (Figure 1) กลไกของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน ในการเข้าทำลายเชื้อจุลินทรีย์นั้นอาจเป็นผลมาจากสารอนุมูลอิสระประเภท •OH ที่เกิดขึ้นเมื่อฟองอากาศเกิดการยุบตัว โดยเมื่อการยุบตัวของฟองก๊าซเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นอย่างมากภายในฟองอากาศที่เกิดการยุบตัว เนื่องจากเกิดสภาวะ adiabatic compression และ pyrolytic decomposition เกิดขึ้นภายในฟองอากาศในขณะยุบตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระประเภท •OH ที่บริเวณรอยต่อของก๊าซ และของเหลวขึ้น (Kimura and Ando, 2002)

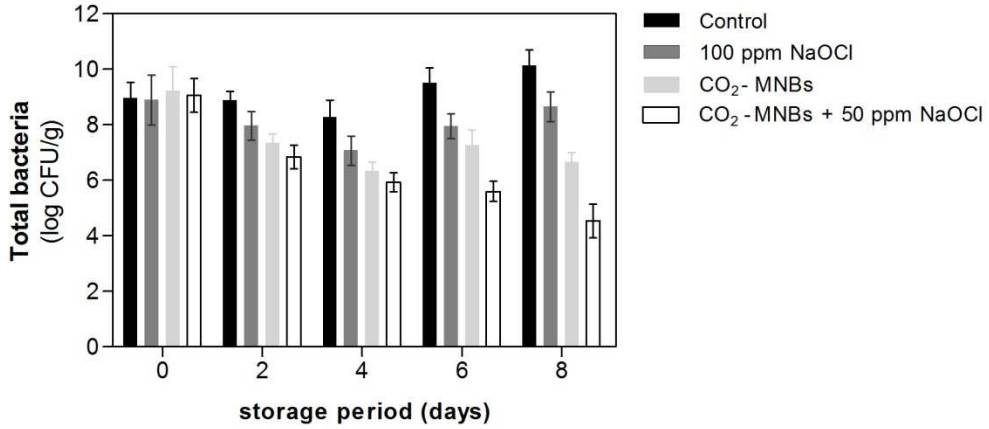

Figure 1 Total bacteria of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4°C for 8 days.

นอกจาก CO_2-MNBs จะมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคแล้วยังมีผลรักษาคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษาด้วยอีกเช่นกัน จากผลการทดลอง พบว่า CO_2-MNBs ลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมได้ (Figure 2A) ซึ่งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอล ได้สารประกอบ **O**-quinone และเกิดปฏิกิริยาพอลีเมอไรซ์จนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาลในที่สุด (Martinez and Whitaker, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าผักกาดหอมที่ทำการล้างด้วย CO_2-MNBs เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับการใช้สารละลาย NaOCl มีแน้วโน้มของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2B)

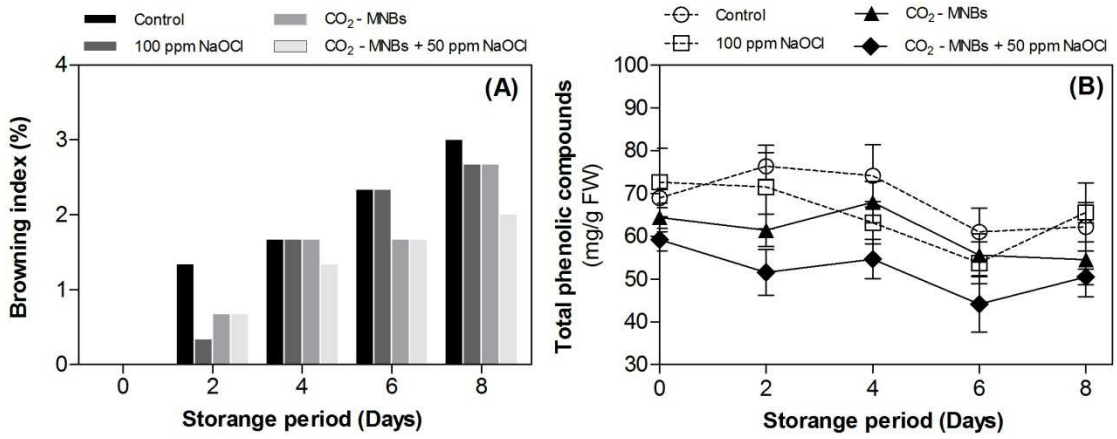

Figure 2 Browning scores (A) and total phenolic compounds (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4°C for 8 days.

ในระหว่างการเก็บรักษานั้นผักกาดหอมตัดแต่ง พร้อมบริโภคมีการสูญเสียความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 3 A, B) แต่จากผลการทดลองพบว่าการใช้ CO_2-MNBs เพียงอย่างเดียว หรือร่วมกับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์นั้น สามารถรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวิตามินซี ที่พบว่ามีปริมาณของวิตามินสีมากกว่าในชุดทดลองที่มีการใช้ CO_2-MNBs

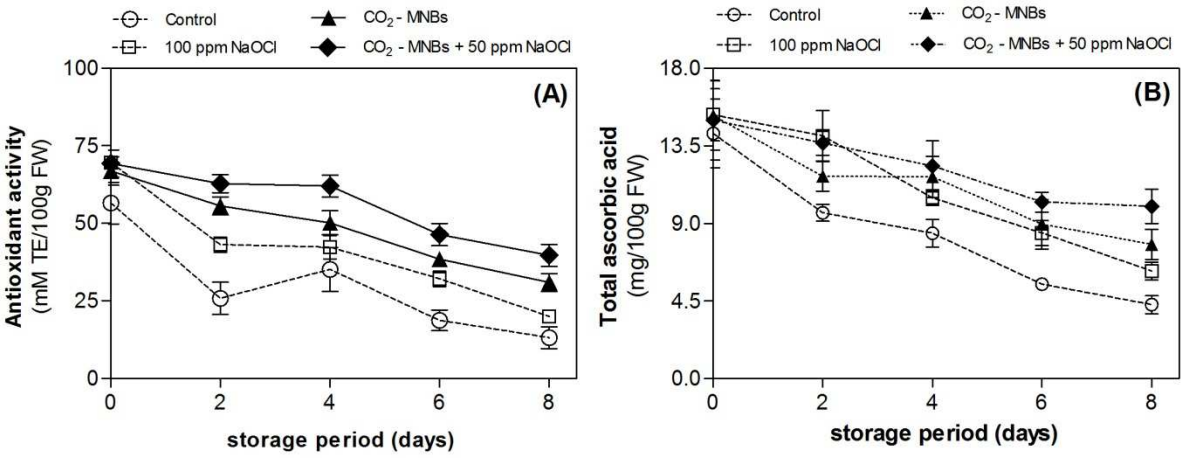

Figure 3 Antioxidant activity (A) and total ascorbic acid (B) of the fresh-cut lettuce washed with various techniques then stored at 4°C for 8 days.

สรุปผล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเทคโนโลยี CO_2-MNBs ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดการใช้สารเคมีมาใช้ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าที่เดิมใช้สารละลาย NaOCl หรืออาจใช้เทคโนโลยี CO_2-MNBs ร่วมกับการใช้สารละลาย NaOCl เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดการใช้สารเคมีในกระบวนการ นอกจากนี้การใช้ CO_2-MNBs ยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและระยะเวลาในการวางจำหน่ายของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคได้อีกเช่นกัน อย่างไรก็ตามควรจะมีศึกษาถึงบทบาทและกลไกของ MNBs ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ตลอดจนคุณภาพในเชิงลึกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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 Surf. A 159: 159–163.

Kimura, T. and T. Ando. 2002. Physical control of chemical reaction by ultrasonic waves. Ultranson. Technol. 14: 7–8.

Kobayashi, F., H. Ikeura, M. Tamaki and Y. Hayata. 2009a Application of CO_2 micro- and nano-bubbles at lower pressure and room temperature to inactivate microorganisms in cut wakegi (*Allium wakegi* Araki). Acta Hort. (ISHS) 875: 417-424.

Kobayashi, F., Y. Hayata, Y. Ikeura, M. Tamaki, N. Muto and Y. Osajima. 2009b. Inactivation of *Escherichia coli* by CO_2 microbubbles at a lower pressure and near room temperature. Trans. ASABE. 52: 1621-1626.

Martinez M.V. and R.J. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. Trends in Food Science & Technology 6: 195-200.