

## การชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบรอกโคลีโดยเทคโนโลยี

## Electrostatically Atomized Water Particles

## Delaying Quality Changes in Broccoli by Electrostatically Atomized Water Particles Technology

กรกชนก กู้เกียรติกุล<sup>1</sup> วาริช ศรีละออง<sup>1</sup> ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์<sup>1</sup> ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ<sup>1</sup> และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย<sup>1</sup>  
Kornchanok Kukeeratikul<sup>1</sup>, Varit Srilaong, Pongphen Jitareerat<sup>1</sup>, Nuttachai Phongprasert<sup>1</sup> and Panida Boonyaritthongchai<sup>1</sup>

## Abstract

Broccoli has a short shelf life after harvest due to a rapid color change from green to yellow. The previous research revealed that hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) was able to extend the storage life of fresh produce. Electrostatically atomized water particles (EAWP) is a technology which has the ability to produce H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in water. It has not been used for delaying the yellowing of broccoli. Therefore, this research was aimed to apply EAWP for delaying the yellowing of broccoli during transportation at 15°C. The initial trial examined the optimal exposure time for EAWP to gain a high concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in water. Distilled water was used with EAWP at 15°C for 0, 12 and 24 hr. It was found that EAWP-treated water for 24 hr had the highest concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and this concentration was safe to plant cells. Then, EAWP was applied with broccoli for 0 (control) and 24 hr and the samples were kept at 15°C for 5 days. EAWP treatment for 24 hr was effective to delay color changes of broccoli florets, chlorophyll degradation and the reduction of vitamin C compared with the control. The results imply that EAWP technology has a potential to extend the storage life of fresh produce.

**Keywords:** chlorophyll, vitamin C, hydrogen peroxide

## บทคัดย่อ

บรอกโคลีเป็นผักที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสีจากเขียวไปเป็นเหลืองได้อย่างรวดเร็วจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสามารถใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดทางการเกษตรหลายชนิด ซึ่ง electrostatically atomized Water particles (EAWP) เป็นเทคโนโลยีที่มีคุณสมบัติในการสร้างไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในน้ำได้ และยังไม่เคยมีการนำมาใช้เพื่อชะลอการเหลืองของบรอกโคลี ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ EAWP เพื่อชะลอการเหลืองของบรอกโคลีในระหว่างการขนส่งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส โดยในเบื้องต้นได้มีการทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้มีการผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในน้ำมากที่สุด โดยการใช้ EAWP กับน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้ EAWP เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีการผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในน้ำมากที่สุดและเป็นระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยต่อเซลล์พืช และเมื่อทำการทดสอบการใช้ EAWP กับบรอกโคลีภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นเวลา 0 (ชุดควบคุม) และ 24 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน พบว่าการใช้ EAWP เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีดอก การสลายคลอโรฟิลล์ และการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าชุดควบคุม จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี EAWP มีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสดทางการเกษตรได้

**คำสำคัญ:** คลอโรฟิลล์, วิตามินซี, ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

## คำนำ

บรอกโคลี (*Brassica oleracea* var. *italica*) จัดอยู่ในพืชผักสกุลกะหล่ำ ที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของดอกอ่อนและก้านดอกบรอกโคลีประกอบด้วยดอกย่อยขนาดเล็กสีเขียวเป็นจำนวนมากที่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ มีลักษณะแน่น แต่ไม่อัดตัวกันแน่นเหมือนกะหล่ำดอก บรอกโคลีเป็นผักที่นิยมบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณคลอโรฟิลล์และวิตามินซีสูง (Davey *et al.*, 2000) แต่เป็นผักที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสีจากเขียวไปเป็นเหลืองได้อย่าง

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

<sup>1</sup>Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, Bangkokhuntein, Bangkok 10150

รวดเร็ว ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีสาเหตุมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ เช่น การสลายคลอโรฟิลล์ (Saltveit, 1997) จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้มีการค้นคว้าวิธีที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของบรอกโคลีหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยวิธีการลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เก็บรักษาบรอกโคลี เพื่อลดอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยทำพร้อมกับการใช้อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งสามารถช่วยลดการสูญเสียได้มากขึ้น และในบางประเทศได้มีการนำเทคโนโลยี electrostatically atomized water particles (EAWP) มาใช้โดยได้มีการปล่อยน้ำที่มีอนุภาคประจุลบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ระหว่าง 10 จนถึงระดับ 100 ไมโครเมตร (Mori and Fukumoto, 2002) ซึ่งในการปล่อยอนุภาคของ EAWP นั้น ทำให้น้ำมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถยับยั้งการปนเปื้อนของเชื้อไวรัสและแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ในอาหารได้ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Anonymous, 2014) ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงต้องการแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี EAWP สามารถชะลอการสลายของคลอโรฟิลล์ และปริมาณวิตามินซี ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ ของบรอกโคลีได้

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ละลายในน้ำที่ได้รับจากเครื่องผลิต EAWP

เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ลงในจานพลาสติกเพาะเชื้อ โดยไม่ต้องปิดฝา แล้วนำจานพลาสติกเพาะเชื้อ มาวางในกล่องพลาสติกจำนวน 6 จาน แล้วทำการปิดฝากล่องพลาสติก แล้วให้ EAWP (Panasonic Co., Ltd.) เป็นเวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ละลายในน้ำ โดยวิธี pack test hydrogen peroxide และตรวจวัดด้วยเครื่อง digital pack test แต่ละทริทเมนต์มีจำนวน 3 ซ้ำ และรายงานค่าที่ได้ในหน่วย mg/L วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

#### ผลของ EAWP ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของบรอกโคลีตัดแต่ง

นำบรอกโคลีมาตัดแต่งเป็นก้านย่อยๆ แล้วนำมาวางลงในกล่องพลาสติกขนาด 60 × 43 × 34 cm จำนวน 15 ก้านย่อยต่อ 1 กล่องพลาสติก จากนั้นปิดฝาให้สนิท แล้วให้ EAWP เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำออกมาวางในถาดพลาสติกแล้วคลุมด้วยถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน บันทึกการสูญเสียน้ำหนักสดทุกวัน ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ วิตามินซี และพอลิฟีนอล บันทึกผลในวันที่ 1, 3 และ 5 ของอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) ที่ละลายได้ในน้ำที่ได้รับจากเครื่องผลิต EAWP พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณ  $H_2O_2$  ละลายในน้ำมากที่สุดเท่ากับ 0.56 mg/L (Figure 1) และเป็นระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยต่อเซลล์พืช (Anonymous, 2014) เมื่อทำการทดสอบการใช้ EAWP กับบรอกโคลีภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นเวลา 0 (ชุดควบคุม) และ 24 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน พบว่าการใช้ EAWP ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีดอกมากกว่าชุดควบคุม (Figure 2) เมื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพหลังการเก็บรักษาพบว่า บรอกโคลีที่ใช้ EAWP และในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสด และปริมาณพอลิฟีนอลเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน (Figures 3A และ 3B) ในขณะที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิกและคลอโรฟิลล์ทั้งหมดนั้นมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่พบว่าการใช้ EAWP มีผลในการชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Figures 3C และ 3D) ซึ่งการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีนั้น Yamauchi *et al.* (2013) ได้รายงานว่ายูโทรเฟอโรออกไซด์ที่เกิดจาก EAWP มีทั้ง อนุมูลไฮดรอกซิลและซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน ซึ่งสามารถทำหน้าที่ส่งสัญญาณของเซลล์และมีผลช่วยชะลอการสลายคลอโรฟิลล์ จึงส่งผลทำให้มะนาวชะลอการเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นเหลืองได้มากขึ้น

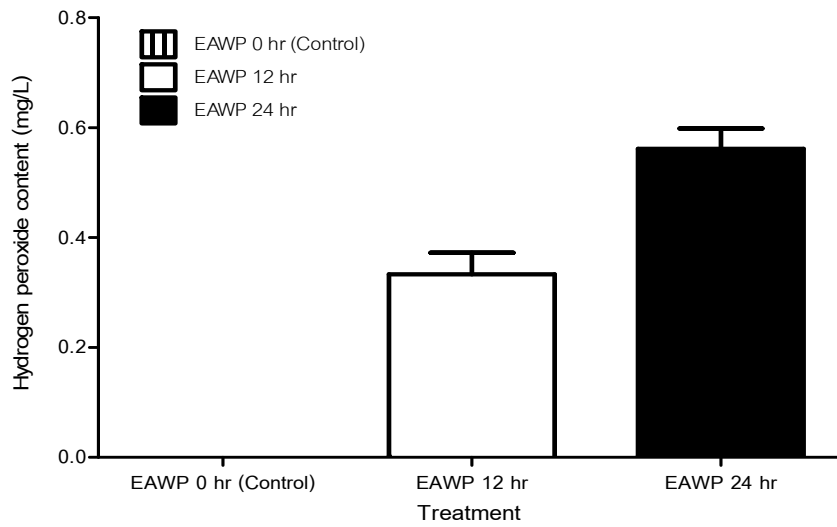


Figure 1 Hydrogen peroxide content in the distilled water treated with EAWP for 0 (control), 12 and 24 hours.

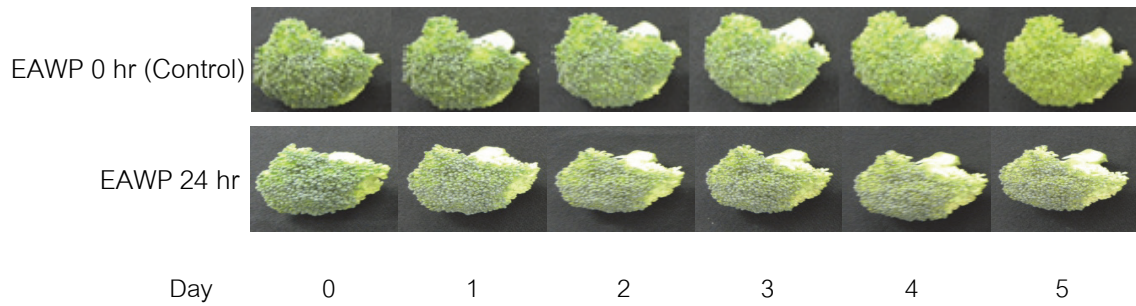


Figure 2 Visual quality of broccoli after treatment with EAWP before storage at 15°C for 5 days. Non-treated broccoli was used as a control.

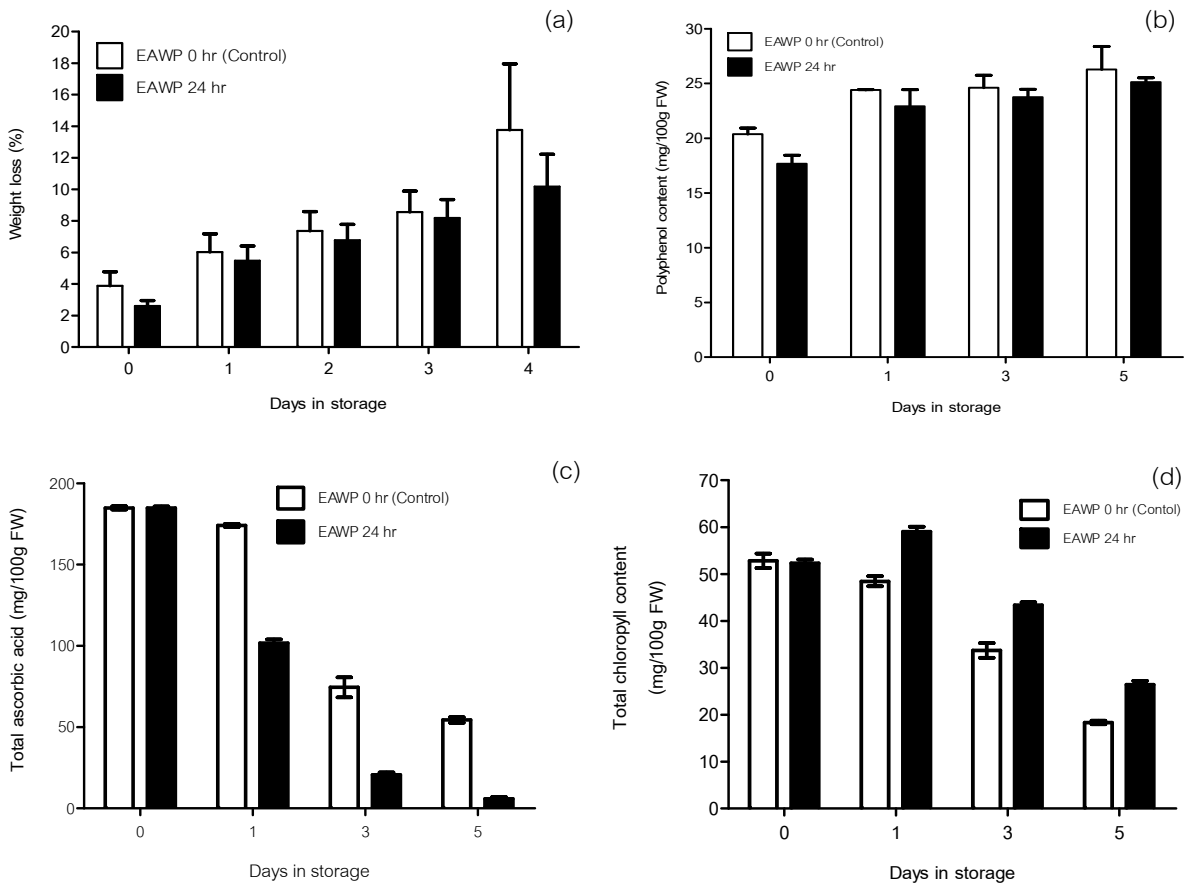


Figure 3 Weight loss (a), polyphenols (b), total ascorbic acid (c) and total chlorophyll (d) of broccoli treated with EAWP before storage at 15°C for 5 days. Non-treated broccoli was used as a control.

### สรุป

การใช้ EAWP กับบรอกโคลีภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน มีผลช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีดอกและการสลายคลอโรฟิลล์ได้ จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี EAWP มีศักยภาพในการชะลอการสลายคลอโรฟิลล์ได้

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยยามากุจิ และบริษัทพานาโซนิค ประเทศญี่ปุ่น สำหรับเชื้อเพื่อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณทุนการศึกษาสำหรับนักศึกษาวิจัยจาก JASSO ประเทศญี่ปุ่นที่สนับสนุนทุนทำงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Davey, M.W., M. Van Montagu, D. Inzed, M. Sanmartin, A. Kanellis, N. Smirnoff, I.J.J. Benzie, J.J. Strain, D. Favell and J. Fletcher. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of procession. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 825-860.
- Anonymous. 2014. Electrostatic Atomized Water Particles, Panasonic, Technology Nonoe. [Online]. Available Source : <http://panasonic.net/technology/nanoe/index.html>. (10 March 2014).
- Mori, Y. and Y. Fukumoto. 2002. Production of silica particles by electrostatic atomization. *Kona* 20: 238-245.
- Saltveit, M.E. 1997. A summary of CA and MA recommendations for harvested vegetables. *In* M.E. Saltveit. (ed.). CA97 Proceedings Vol.4 Vegetables and Ornamentals, Univ. Calif. Postharvest Hort. Ser. 98: 18-117
- Yamauchi, N., K. Takamura, M. Shigyo, T.C. Migita, Y. Masuda and T. Maekawa. 2013. Control of degreening in postharvest green sour citrus fruit by electrostatic atomized water particles. *Food Chemistry* 156: 160-164.