ผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาของผักชี

The Effect of Ozonated Water on Microbial load Reduction, Quality and Shelf Life Extension of Coriander (*Coriandrum sativum* Linn.)

ดุสิดา ถิระวัฒน์[1] นาถตยา ชื่นเจริญ[1] และ ปวีณา สุนทรากร[1]
Dusida Tirawat[1*], Nattaya Cheunjareon[1] and Paweena Suntarakorn[1]

Abstract

The effect of ozonated water on the quality and shelf life extension of coriander was studied. Sample of coriander were washed by ozonated water at concentration of 0.1 and 0.5 mg/L, with exposure time of 0, 1, 5, 10 and 15 minutes each. The use of ozonated water at concentration 0.1 mg/L, for 5 min were found that have no effect on the color of coriander leaves and performed the greatest microbial reduction. Therefore, ozonated water (0.1 mg/L, 5 min) was selected for washing coriander in the storage experiment. The changes of coriander quality after washing with ozonated water (0.1 mg/L, 5 min) during storage at 7±1 ºC for 14 day were studied. The first 3 days of storage time, color, chlorophyll and electrolyte leakage showed little change. However, after 7 days of storage time, it was found that color quality and electrolyte leakage had significant differences when compared to the control. The coriander washed with ozonated water showed better result than the one which was washed by tap water. The mesophilic count after first 7 days of storage was decreased by about 1 log CFU/g. However, the results showed that ozonated water had effect on inactivating coliform growth during storage. Moreover, coriander washed with ozonated water had the overall acceptance of appearance score higher than the controlled one.
Keywords: coriander, ozonated water, storage life extension

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผักชีกระทำโดยนำผักชีมาล้างในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mg/L เป็นเวลา 0,1, 5, 10 และ 15 นาที ผลการทดลองพบว่าการล้างผักชีในน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L เป็นเวลา 5 นาที ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสีและสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผักชีได้ดีที่สุด ดังนั้นสภาวะการล้างดังกล่าวจึงได้นำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนการยืดอายุการเก็บรักษา โดยนำผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.1 mg/L เป็นเวลา 5 นาทีแล้วบรรจุในถุง LDPE นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1ºC เป็นเวลา 14 วัน พบว่าช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 3 วันแรก คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าคุณภาพสีของผักชีและปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่าผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างดังกล่าวมีคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ในผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างดังกล่าวมีน้อยกว่าในชุดควบคุม 1 log CFU/g แต่สภาวะการล้างดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิฟอร์มในระหว่างการเก็บรักษาได้ และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักชีที่ผ่านการล้างด้วยสภาวะดังกล่าวยังได้คะแนนความยอมรับสูงกว่าผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา (ชุดควบคุม)
คำสำคัญ: ผักชี, น้ำโอโซน, การยืดอายุการเก็บรักษา

คำนำ

ผักชีเป็นผักที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่ส่วนของใบ ก้าน และราก โดยนิยมนำมาบริโภคเป็นผักสด และใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารหลายชนิด ผักชีสดมีความชื้นสูงและอุดมไปด้วยสารอาหาร ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Campbell *et al*., 2001) การทำความสะอาดผลิตผลโดยการล้างเป็นเทคนิคที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์บนพื้นผิวและยืดอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเติมสารฆ่าเชื้อลงในน้ำล้างจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์ที่ผิวเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปนิยมใช้คลอรีนในการล้างผัก แต่สารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพของคลอรีนลดลง (Burnett and Beuchat, 2001) และทำให้เกิดไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane) ซึ่งมีรายงานว่าอาจเป็นสาร

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112
[1] Department of Food Technology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkhla University, Hatyai, Songkhla, 90112

ก่อมะเร็งได้ (Alegria *et al*., 2009) โอโซนมีพลังโมเลกุลสูง เป็นสารออกซิไดส์ที่มีความแรง จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย โอโซนได้รับการยอมรับในสหรัฐอเมริกาให้ใช้ในรูปของก๊าซหรือของเหลวเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ในอาหารเพราะมีสมบัติต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่าคลอรีน ไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักในระหว่างการเก็บรักษา การใช้โอโซนจึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ทำความสะอาดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักชีสด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัสของน้ำโอโซนต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปในผักชี

นำตัวอย่างผักชีที่ซื้อจากตลาดสดใน อ.หาดใหญ่ จ.สงขลาแช่ในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0, 0.1, 0.25 และ 0.5 mg/L ที่ระยะเวลาสัมผัส 1, 5, 10 และ 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 27-32 ºC) แช่ในอัตราส่วนผัก (Kg) ต่อสารละลาย(L) เป็น 1:30 จากนั้นใช้เครื่องสะเด็ดน้ำผัก เป็นเวลา 1 นาที และนำไปวิเคราะห์คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ (A.O.A.C., 2000)และปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปและปริมาณโคลิฟอร์ม (BAM, 2001;2013) โดยให้ชุดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปาเป็นชุดควบคุม จากนั้นคัดเลือกสภาวะการล้างที่ให้ผลดีที่สุด 1 สภาวะ นำไปศึกษาต่อในตอนที่ 2

2. การประเมินอายุการเก็บรักษาผักชีภายหลังการใช้น้ำโอโซน

นำผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนที่คัดเลือกจากตอนที่ 1 มาบรรจุถุงพลาสติกชนิด LDPE ปิดผนึกปากถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 ºC โดยตรวจวิเคราะห์คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (สมปองและคณะ, 2555) คุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (9 point hedonic scale) ในวันที่ 0, 3, 7, 10 และ14 ของการเก็บรักษา

ผล

คุณภาพสีของผักชีที่ล้างด้วยน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.1 mg/L และ 0.5 mg/L ที่ระยะเวลาสัมผัส 1, 5, 10 และ 15 นาที แสดงดัง Table 1 พบว่าน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1mg/L ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที และที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 นาที มีค่า ΔE น้อยกว่า 1.1 เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาสัมผัสต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มที่นับได้ พบว่าน้ำโอโซนที่ทุกสภาวะไม่ส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ แต่ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มที่นับได้ดีที่สุด โดยสามารถลดลงได้ 0.49 log CFU/g และ 2.2 log MPN/g ตามลำดับ (Figure 1) ดังนั้นผลการทดลองจากตอนที่ 1 สภาวะการล้างที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ระยะเวลาสัมผัส 5 นาทีจึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในการทดลองตอนที่ 2

Table 1 Change in color of coriander leaves after washing with ozonated water

Value	Washing condition								
	Control	0.1 mg/L				0.5 mg/L			
		1	5	10	15	1	5	10	15
L*	55.36±0.15a	44.92±0.12f	45.25±0.19e	45.92±0.20c	45.65±0.06d	48.82±0.06b	45.56±0.02d	43.35±0.06h	43.73±0.08g
a*	-13.01±0.06d	-16.15±0.17bc	15.50±0.31c	16.33±2.08bc	16.51±0.18abc	-17.10±0.08ab	-17.16±0.20ab	-17.83±0.11a	-16.71±0.07abc
b*	27.35±0.03e	30.97±0.49cd	30.22±1.16d	32.63±3.31bc	32.55±0.34bc	34.60±0.27ab	35.68±0.32a	33.09±0.23bc	31.03±0.12cd
ΔE	-	11.49	1.05	2.64	0.33	3.82	3.82	3.82	2.38

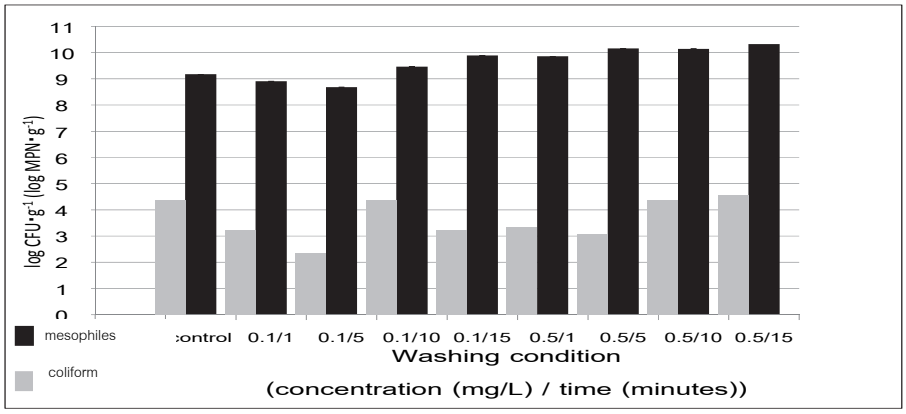

Figure 1 Effect of ozonated water on microbial load reduction.

เมื่อนำผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 มาศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา พบว่าช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 3 วันแรก คุณภาพสี ปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าคุณภาพสีของผักชีและการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์แตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2) โดยพบว่าผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างดังกล่าวมีคุณภาพที่ดีกว่า นอกจากนี้ในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา 7 วันแรกพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปในผักชีที่ผ่านสภาวะการล้างดังกล่าวมีน้อยกว่าในชุดควบคุม 1 log CFU/g แต่สภาวะการล้างดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคลิ-ฟอร์มในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Figure 3) นอกจากนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผักชีที่ผ่านการล้างด้วยสภาวะดังกล่าวยังได้คะแนนความยอมรับสูงกว่าผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำประปา

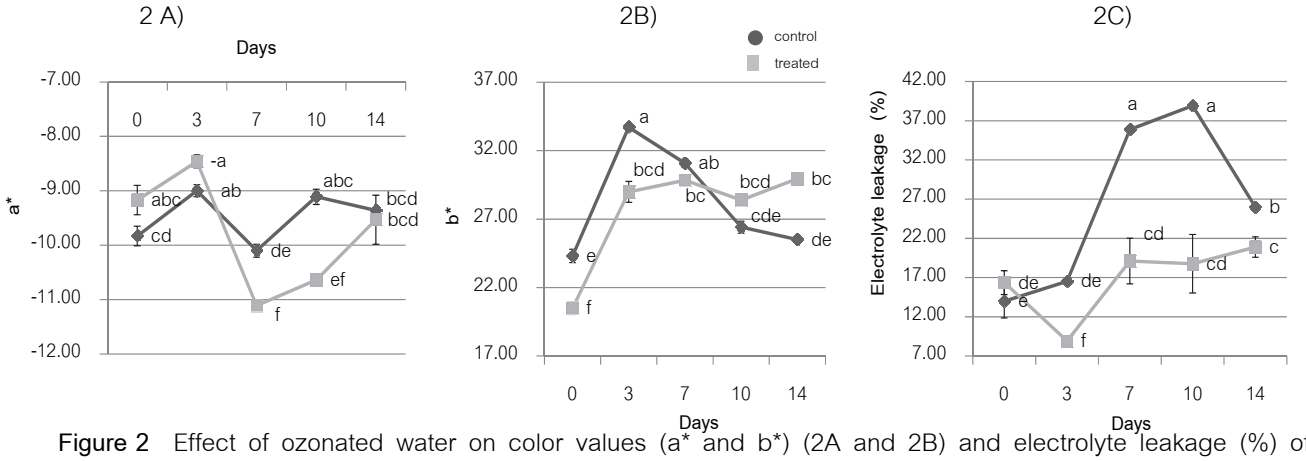

Figure 2 Effect of ozonated water on color values (a* and b*) (2A and 2B) and electrolyte leakage (%) of coriander leaves (2C) during storage.

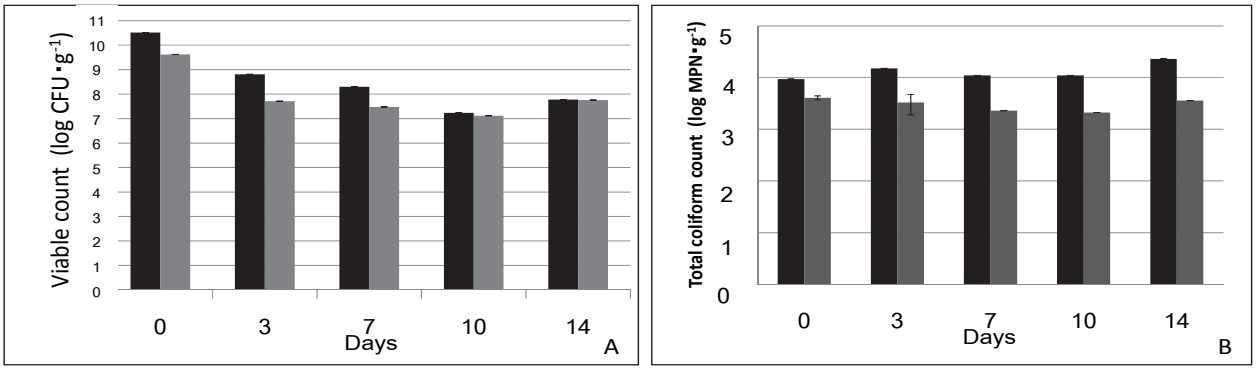

Figure 3 Effect of ozonated water on microbial load reduction (A: mesophilic bacteria and B: coliform count) during storage. Black and gray columns show control and treated sample, respectively.

วิจารณ์ผล

ผลของน้ำโอโซนต่อคุณภาพสีของผักใบ Ölmez and Akbas (2009) ได้รายงานว่าน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 2.5 mg/L เมื่อนำมาล้างใบผักกาดหอมทำให้สีเขียวของใบลดลง เนื่องมากจากสารอนุมูลอิสระของโอโซนจะส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ซึ่งทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ตัวแรกในการสังเคราะห์ Salicylic acid ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นที่ 0.1 mg/L ซึ่งน้อยมาก จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Alexopoulos *et al*. (2013) พบว่าน้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.5 mg/L มีประสิทธิภาพในการลดจุลินทรีย์ชนิด Aerobic mesophiles ในผักกาดหอมลงถึง 3.04 log CFU/g และโคลิฟอร์มโดยรวมในผักกาดหอมลดลง 2.47 log ($p < 0.05$) เมื่อผ่านไป 30 นาที แต่ทั้งนี้เนื่องจากน้ำโอโซนที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีความเข้มข้นต่ำ อีกทั้งในขณะศึกษาได้ทำการทดลองในห้องเปิด ทำให้โอโซนซึ่งมีครึ่งชีวิตในน้ำที่อุณหภูมิห้องเพียง 20 นาที สลายตัวได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งผักชีมีลักษณะเป็นกอ ตัวใบไม่เรียบ โคนรากขรุขระ มีรากฝอยจำนวนมาก และปลูกโดยใช้ดิน ทำให้มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนสูง และมีสารอินทรีย์-อนินทรีย์สูง ซึ่งโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด

(Portjanskaja, 2008) จึงทำให้โอโซนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้น้อยลง เมื่อศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อคุณภาพผักชีระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ของผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์สูงแสดงให้เห็นถึงสภาวะการขาดน้ำของผัก (สมปองและคณะ, 2555) ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระและก่อให้เกิดความเสียหายต่อส่วนประกอบของเซลล์ โดยอนุมูลอิสระเหล่านี้มีความเป็นพิษสูงและสามารถทำความเสียหายได้โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทำให้เกิดออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ มีผลกระทบต่อความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออกของเยื่อหุ้มเซลล์ (สมปองและคณะ, 2555) แสดงให้เห็นถึงน้ำโอโซนสามารถป้องกันการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของผักชี ส่วนผลของน้ำโอโซนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มพบว่าในช่วงการเก็บรักษา 7 วันแรก ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงประมาณ 1 log CFU/g แต่ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นจุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเพราะจุลินทรีย์สามารถใช้สารอาหารที่รั่วไหลจากผักชีได้ ทำให้เมื่อทำการเก็บรักษาประสิทธิภาพการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำลง ส่วนโคลิฟอร์มจากภาพจะเห็นได้ว่าในชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ทำความสะอาดผักมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การใช้สารฆ่าเชื้อร่วมด้วยในการล้างทำความสะอาดก่อนนำไปเก็บรักษาจะเพิ่มประสิทธิภาพต่อการลดลงของจุลินทรีย์ เนื่องจากสารฆ่าเชื้อจะเข้าไปทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้ได้รับความเสียหาย (Feliciano *et al*., 2012)

สรุป

น้ำโอโซนที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ระยะเวลาสัมผัส 5 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผักชีได้เพียงเล็กน้อย แต่ส่งผลให้คุณภาพโดยรวมของผักชีที่ผ่านการล้างด้วยน้ำโอโซนมีคุณภาพที่ดีกว่าผักชีที่ผ่านการล้างโดยน้ำประปา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ และสถานที่ในการทำวิจัย และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับเครื่องผลิตน้ำโอโซน

เอกสารอ้างอิง

สมปอง ธรรมศิริรักษ์, นิศาชล แจ้งพรมมา, ประสาร สวัสดิ์ชิตัง, ศักดา ดาดวง, ประสิทธิ์ ใจศิล และ พัชริน ส่งศรี. 2555. การประเมินการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ และระดับมาลอนไดแอลดีไฮด์ของใบอ้อย 10 สายพันธุ์ภายใต้สภาวะขาดน้ำ. แก่นเกษตร 40 (3): 74-82.

Alegria, C., J. Pinheiro, E.M. Gonçalves, I. Fernandes, M. Moldão and M. Abreu. 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. *cv*. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(1): 61-69.

Alexopoulos, A., S. Plessas, S. Ceciu, V. Lazar, I. Mantzourani, C. Voidarou, E. Stavropoulou and E. Bezirtzoglou. 2013. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). Food Control 30(2) : 491-496.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

BAM. 2001. Aerobic Plate Count. Bacteriological Analytical Manual Chapter 3.

BAM. 2013. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. Bacteriological Analytical Manual Chapter 4.

Burnett, S.L. and L.R. Beuchat. 2001. Food-borne pathogens : human pathogens associated with raw procuce and unpasteurized juices and difficulties in decontamination. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 27: 107-110.

Campbell, J. V., J. Mohle-Boetani, R. Reporter, S. Abbott, J. Farrar and M. Brandl. 2001. An outbreak of *Salmonella serotype* thompson associated with fresh cilantro. Journal of Infectious Diseases 183: 984–987.

Feliciano, L., J. Lee and MA. Pascall. 2012. Transmission electron microscopic analysis showing structural changes to bacterial cells treated with electrolyzed water and an acidic sanitizer. Journal of Food Science 77(4): 182-187.

Olmez, H. and M.Y. Akbas. 2009. Optimization of ozone treatment of fresh-cut green leaf lettuce. Journal of Food Engineering 90: 487-494.

Portjanskaja, E. 2008. Ozone reactions with inorganic and organic compounds in water. Ozone Science and Technology. Rein Munter (Eds.). Encyclopedia of Life Support Systems. EOLSS Publishers