

## 전해수와 이산화염소수 세척에 따른 뽕나무 오디(*Morus alba* L.)의 살균효과

텡후이<sup>1</sup> · 이선호<sup>2</sup> · 이원영<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학부, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부, <sup>3</sup>경북대학교 식품생물산업연구소

### Sterilization Effects on Mulberries (*Morus alba* L.) Washed with Electrolyzed Water and Chlorine Dioxide

Hui-Teng<sup>1</sup>, Sun-Ho Lee<sup>2</sup> and Won-Young Lee<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science & Biotechnology, Kyungpook National Univeristy, Daegu 720-701, Korea

<sup>2</sup>Post-Harvest Engineering, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administrations, Suwon 441-100, Korea

<sup>3</sup>Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National Univeristy, Daegu 720-701, Korea

#### Abstract

The current research is designed to analyze sterilization effects on mulberries in terms of storage temperature and storage period after treating with tap water (TW), electrolyzed water (EW) and aqueous chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>). The treated ClO<sub>2</sub> concentrations are 10, 50, 100 and 200 ppm. In each concentration, the mulberries are soaked for 30 seconds respectively. The sterilization effects are being compared at room temperature (25°C) and at 4°C, respectively. And the enzyme activity related to quality is also being investigated and analyzed about for browning inhibition effects. Microbial sterilizing power increases more in treating plots with EW and ClO<sub>2</sub> than treating plot with TW. Futhermore sterilizing power of ClO<sub>2</sub> increased sharply on high concentration treatment plot as well. Sterilization effects of ClO<sub>2</sub> during storage time are better at cold temperature. Pictures taken from scanning electron microscope reveal that there are no microbes in sterilizing solutions treatment plots. From measurement of the enzyme activity, it is concluded that activities decrease more in sterilizing solutions treatment plots as comparing with TW treated plot during the time. The amount of total polyphenolics decrease with the time passing and EW and ClO<sub>2</sub> treatment shows less contents than TW treatment. Thus, EW and ClO<sub>2</sub> treatment of mulberris are considered as method to improve safety by reducing total plate count and to contribute to quality maintenance and to extend storage time.

**Key words :** Mulberry, electrolyzed water, chlorine dioxide, sterilization.

#### 서 론

오디(Mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로 온대에서 아열대에 이르기까지 널리 분포하고, 특히 동아시아에 집중되어 있다. 한 방에서는 ‘상심자’로 불리며, 백발을 검게 하고, 오장을 이롭게 하며, 귀와 눈을 밝게 한다고 알려져 있으며, 빈혈, 고혈압, 당뇨, 고지혈증의 치료제로 사용하고 있다(Kim SK 1991, Heo *et al* 2007, Kim *et al* 2001). 오디는 5~6월에 과실 색이 검은 색이나 진한 붉은색을 나타낼 때 수확하고, 다양한 생리적 활성을 지니고 있으며, 당과 유기산(Kim & Ryu 2000), 비타민 C(Kim & Kim 2007), 플라보노이드의 일종인 안토시아닌(Havsteen B 1983)의 함량이 높은 건강 기능성 식품으로 떠오르고 있어 최근 농가에서는 고소득 작목으로 떠오르고 있다. 하지만 수확 후, 부패와 갈변이 쉽게 일어나고, 미생물

의 이상 번식으로 식중독 위험이 있는 등 품질 손상이 급격하게 일어나서 저장성이 짧은 단점이 있다.

이와 같은 수확 후 저장성 문제를 해결하기 위해 전해수와 이산화염소수 등 다양한 살균세척수를 이용하고 있다. 전해수는 수도수에 일정량의 NaCl를 첨가한 후 전기분해하여 얻어지는 것으로(Shigenobu & Seiichiro 2007), 처리 대상이 넓고 다양하며, 반응 후에는 휘발성 기체와 물로 되어 유해한 잔류물이 없으며, 인체에도 안전하다(Jung *et al* 1996). 미생물 제거 및 안전성 확보를 위해 깻잎(Lee *et al* 2011), 배추(Park *et al* 2012), 콩나물(Yoo & Jang 2011), 딸기와 오이(Koseki *et al* 2004), 상추(Lee *et al* 2011, Park *et al* 2001) 등에 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 신선한 과일이나 채소 등의 농산물의 유해 미생물 억제에 위한 염소수에 대한 연구는 오래 전부터 진행되어 왔다. 염소 소독제는 살균 효과가 뛰어나지만 염화페놀과 THM(trihalomethanes) 등의 독성 물질이 생성되어 건강에 악영향을 미친다(Park *et al* 2008). 하지만, 이산화염소수는 식품의 표면을 소독하기 위한 살균 소

\* Corresponding author : Won-Young Lee, Tel : 82-53-950-7763, E-mail : wonyoung@knu.ac.kr

독제로서 염소 소독제보다 산화력과 물에 대한 용해성이 크게 높아 오염 물질 분해능과 살균력이 우수하다(Ryu SH 2007). 또한, 산소계 살균소독제로 오존에 이어 가장 강력한 살균력을 가지며, 바이러스를 사멸시키는데 탁월한 능력을 가진 친환경 소독제로써 우리나라에서는 2007년도에 식품의약품안전청 고시 제 2007-74호에 따라 과실과 채소류의 살균제로 지정되었다. 최근에 이를 이용한 세척방법에 대한 연구는 메밀(Lee *et al* 2009), 셀러리와 체리(Song *et al* 2012), 자두(Chen & Zhu 2011), 무 새싹종자(Park *et al* 2007) 등으로 활발하게 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국민 식생활의 질적·양적인 향상을 위해 살균세척수인 전해수와 이산화염소수를 아직까지 연구가 미비한 오디에 처리하여 저장온도 및 기간에 따른 미생물과 효소활성 분석을 통해 과실의 미생물 제어 효과와 저장 안전성 평가에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 연구에 사용한 오디는 경상북도 문경시에서 5~6월에 수확된 농가로부터 직접 구입하였고, 냉동 보관하면서 실험을 위해 사용하였다. 전해수는 수도수에 25%의 NaCl(Sigma, USA)를 첨가하여 전해수 제조시스템 장치(KWT-5, K&W Tech company, Korea)를 이용하여 공급을 연속적으로 유수하는 방식으로 약 5 L/min으로 조절하여 사용하였다. 이산화염소수(CIO<sub>2</sub>)는 2% vital oxide(Vital Technology, USA)를 구입하여 10, 50, 100, 200 ppm의 농도로 희석하여 실험에 사용하였다. 수도수, 전해수와 이산화염소수의 세척수 처리는 오디 50 g을 각 처리구에 30초 동안 침지하였으며, 실온(RT, 25℃)과 냉장(4℃) 보관하여 각각 6, 12, 24, 48시간 후 일정 기간 저장하면서 시료를 꺼내어 저장성 품질 변화를 분석하였다.

### 2. 살균 세척수 처리에 따른 미생물 제어 효과

각 처리구의 시료에 대한 미생물의 총 균수를 측정하기 위해 오디를 0.85% NaCl에 첨가하여 희석 단계별로 균체액을 0.1 mL씩 분주하여 Luria-Bratani(LB) 배지에 도말한 다음, 30℃ 배양기에 3일 배양한 후, 배지위에 형성된 colony를 계수하여 CFU/g으로 나타내었다. 과실 표면의 미생물의 제어 효과를 검증하기 위하여 고배율로 입체적으로 관찰이 가능한 전계 방사형 주사전자현미경(S-4300, Hitachi, Japan)을 이용하여 조사하였다.

### 3. 오디의 위해 미생물 분리·동정

오디에서 서식하고 있는 균주를 동정하기 위하여 16S rDNA의 염기서열을 분석하였다. PCR을 통하여 분석하고자 하는 유전자를 증폭하기 위하여 27F(5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3')와 492R(5'-AAG GAG GTG ATC CAG CCG C-3') primer 사용하였다. 이 때 PCR의 조건은 94℃에서 5분간 반응한 다음, 94℃에서 denaturation을 2분, 52℃에서 annealing을 2분, 72℃에서 extension을 2분간 진행하는 반응을 30회 반복하고, 72℃에서 10분간 final extension을 실시하는 조건으로 조절하였다. PCR 증폭산물은 전기영동기(Mupid-21, Gel documentation system, Bio-Rad, USA)를 사용하여 100 V에서 20분간 전기영동하여 확인한 후, 염기서열을 결정하고, NCBI GenBank의 database에 등록되어 있는 염기서열과 비교하였다.

### 4. 조효소액의 제조

오디 과실을 50 mM Tris-HCl 완충용액(pH 7.0, 3 mM MgCl<sub>2</sub>, 1 mM EDTA, 1.0% PVP)과 함께 ice 상에서 막자사발로 마쇄한 후, 4℃에서 2,500×g 로 15분간 원심분리하여 얻은 상정액을 조효소액으로 사용하였다. 모든 효소활성은 단백질 1 mg을 기준으로 산정하였다.

### 5. 살균 세척수 처리에 따른 효소 활성 측정

오디 추출물의 Catalase 활성은 Aebi(1974)방법을 이용하여 분석하였다. Catalase(CAT) 활성은 240 nm에서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 분해로 인해 흡광도(UV-160A, Shimadzu, Japan)가 감소되는 것을 조사하여 결정하였다. 시료 추출물에 0.2 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 용해된 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0) 0.5 mL를 혼합하여 70초간 반응 후 240 nm에서 흡광도를 조사하였다. Peroxidase(POD)과 polyphenol oxidase(PPO) 활성은 Kar & Mishra(1976)에 의한 방법으로 분석하였다. POD활성은 조효소액 200 μL와 반응액(20 mM Na-acetate 1.5 mL, 10 mM guaiacol 200 μL, 30 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.2 mL, 60℃ 증류수 1.2 mL)을 혼합하여 470 nm에서 5분간 흡광도의 변화를 측정하여 분당 기울기를 구한 후, 이를 흡광계수와 함께 계산하여 그 활성을 측정하였다. PPO 활성은 시료를 동량의 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)를 가하여 마쇄하고, ice bath 상에서 여과한 후 그 여액을 이용하여 PPO 활성을 측정하였다. 즉, 효소 추출액 0.2 mL를 2.8 mL의 10 mM catechol 용액과 혼합하여 35℃에서 3분간 420 nm에서의 흡광도 변화를 조사하였다.

### 6. 총 폴리페놀 화합물 함량

오디의 총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법을 이용하여 분석하였다(Kumazawa *et al* 2004). 즉, 각 처리구의 시료추출물 0.5 mL에 Folin-Ciocalteu's reagent를 가한 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL를 가하여 1시간 방치하였다. 이 반

응물의 흡광도는 spectrophotometer에서 760 nm로 측정하였고, gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 표준 검량선을 작성한 후, 시료추출물의 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

## 7. 통계처리

본 시료에 대한 결과는 평균과 표준편차로 나타내었고, Statistical Analysis System(SAS, Version 9.2)을 이용하여 ANOVA 분석을 실시한 후, Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 살균 세척수 처리에 따른 미생물 제어 효과

오디를 수도수, 전해수 및 이산화염소수 처리 후 상온과 4°C에 보관하면서 시간에 따른 일반 미생물 증식의 변화를 조사하였다(Table 1). 수도수 처리구에서 미생물의 증식이 가장 빨랐으며, 전해수 처리구보다는 이산화염소수 처리구에서 농도에 비례하여 초기 균수가 적게 발견되었다. 미생물 증식 속도는 이산화염소수 200 ppm 처리구는 유의적으로 가장 낮게 관찰되었다( $p < 0.05$ ). 이와 유사한 연구로 Jeong *et al*(2006)의 보고에는 전해수를 딸기 표면에 세척하였을 때 약 2.0 log CFU/g 정도의 미생물 증식이 억제된다고 하였고, Abadias *et al*(2008)은 상추에 수도수, 전해수, 염소수를 처리하였을 때 전해수가 약 1.2~1.5 log CFU/g 정도의 미생물 저감 효과가 뛰어나다고 보고하였다. Sung *et al*(2012) 보고에 따르면 배추의 수도수 세척 10분 후 5.97 log CFU/g 수준이었으나, 약 알칼리성 전해수와 강산성 전해수로 세척하였을 때 세척 3분 경과 2.34~4.88 log CFU/g으로 수도수보다 효과가 높았다. 차아염소산나트륨 처리구의 총 균수는 4.01~4.67 log

CFU/g으로 수도수 처리구에 비해 높은 감소를 보였으나, 알칼리성 전해수와 강산성 전해수보다는 낮은 감소를 나타내었다. 기존의 소독제로 많이 사용하고 있는 차아염소산나트륨 용액에 비해 전해수의 살균 효과는 뛰어난 것을 확인하였다. 수도수, 전해수, 이산화염소수 200 ppm 처리 후 오디 표면의 모습을 전계 방사형 주사전자현미경을 이용하여 관찰한 결과, 수도수 처리구에서는 간균, 구균 등의 다양한 균이 서식함을 볼 수 있고, 전해수, 이산화염소수 200 ppm 처리구에서는 이러한 균주들이 발견되지 않는 것으로 관찰되었다(Fig. 1). John Garbutt(1997)에 의하면 전해수 경우, 생성되는 HClO 물질이 세포내에서 HCl과 활성산소로 분해되어 HCl은 세포내 pH를 낮추고, 활성산소는 불활성화를 유도하여 살균한다. 따라서 본 연구에서는 전해수 및 이산화염소수 처리가 미생물 제어에 큰 역할을 하는 것으로 오디의 저장성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되어진다.

### 2. 오디의 위해미생물 분리·동정

오디에서 분리한 미생물의 동정을 위하여 각각의 미생물의 chromosomal DNA를 추출하고, PCR로 16S rDNA 단편의 증폭하였다. 분리 미생물 각각의 PCR 산물의 염기서열은 NCBI BLAST 염기서열 분석을 통하여 상동성 검사를 하였다. 27F Primer와 1492R primer로부터 얻은 염기서열의 비교 결과, 유사도가 99%인 *Enterobacter aerogenes*와 *Serratia marcescens*를 분리 동정하였다. 오디 과실 표면에서 분리동정된 *Enterobacter aerogenes*는 자연계 어디에서나 흔히 볼 수 있으며, 사람에게는 다양한 질병을 일으키는 미생물인 기회감염성 병원균으로 활동하는 것으로 알려져 있다(Sanders Jr & Sanders 1997). 또한, *Serratia marcescens*는 물, 토양, 공기, 야채, 자연계에 널리 분포되어 있으며, 전에는 비병원균으로 생각되었으나 최근 많은 감염증을 일으키며, 저항력이 낮은

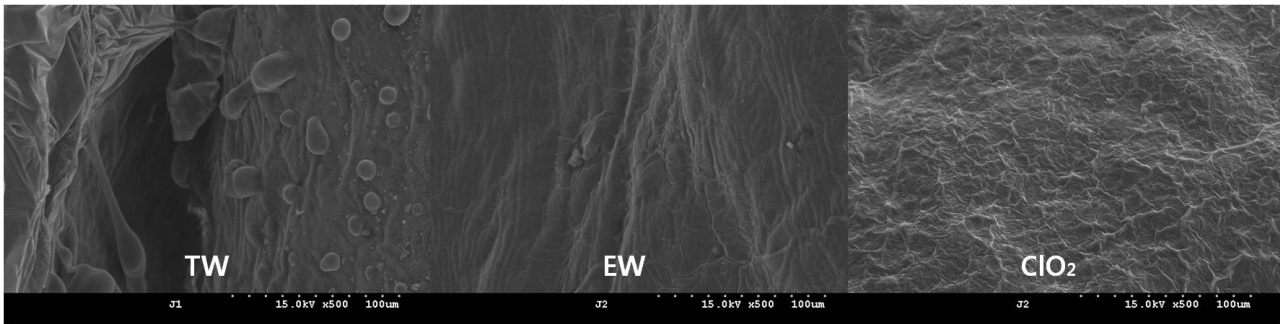
Table 1. Effect of total viable cell counts ( $\times 10^5$  CFU/g) on mulberry using various sterilizing water

Treatment	6 hr		12 hr		24 hr		48 hr	
	4°C	RT <sup>1)</sup>	4°C	RT	4°C	RT	4°C	RT
Tap water	12.8±1.3 <sup>a</sup>	13.5±2.1 <sup>a</sup>	13.1±2.4 <sup>a</sup>	14.3±3.1 <sup>a</sup>	11.8±1.8 <sup>a</sup>	15.8±3.3 <sup>a</sup>	12.5±2.5 <sup>a</sup>	17.2±2.1 <sup>a</sup>
Electrolyzed water	11.9±1.0 <sup>ab</sup>	10.2±0.9 <sup>ab</sup>	12.3±1.3 <sup>ab</sup>	11.2±1.8 <sup>ab</sup>	11.5±1.1 <sup>a</sup>	12.8±1.5 <sup>ab</sup>	11±0.9 <sup>ab</sup>	13.5±0.2 <sup>b</sup>
ClO <sub>2</sub> 10 ppm	9.2±0.8 <sup>b</sup>	9.5±0.9 <sup>b</sup>	9.5±0.7 <sup>b</sup>	9.9±0.8 <sup>b</sup>	10±0.4 <sup>ab</sup>	10.7±0.8 <sup>b</sup>	9.5±0.4 <sup>b</sup>	11.5±0.6 <sup>c</sup>
ClO <sub>2</sub> 50 ppm	9±0.5 <sup>b</sup>	8±0.6 <sup>bc</sup>	9.2±0.4 <sup>b</sup>	8.8±0.7 <sup>b</sup>	9.5±0.4 <sup>b</sup>	9.5±0.3 <sup>b</sup>	9.3±0.4 <sup>b</sup>	10.2±0.7 <sup>c</sup>
ClO <sub>2</sub> 100 ppm	8.5±0.3 <sup>bc</sup>	6.7±0.5 <sup>c</sup>	9±0.4 <sup>b</sup>	7.3±0.2 <sup>c</sup>	9.3±0.4 <sup>b</sup>	8.2±0.5 <sup>c</sup>	9.2±0.3 <sup>bc</sup>	9.3±0.5 <sup>bc</sup>
ClO <sub>2</sub> 200 ppm	8±0.4 <sup>c</sup>	5.1±0.2 <sup>d</sup>	8.5±0.4 <sup>b</sup>	5.9±0.5 <sup>d</sup>	8.8±0.4 <sup>bc</sup>	6.6±0.3 <sup>d</sup>	7±0.4 <sup>c</sup>	7.3±0.4 <sup>d</sup>

Data are mean ± standard deviations of triplicate determinations.

Values with the different superscript letters in each column are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1)</sup> RT : Room temperature.



**Fig. 1. Effect of microbe reduction on mulberry surface using various sterilizing water.**  
 TW : Tap water; EW : Electrolyzed water; ClO<sub>2</sub> : Chlorine dioxide 200 ppm.

환자에게 병을 일으키는 기회병원균이다(Hejazi & Fal- kiner 1997).

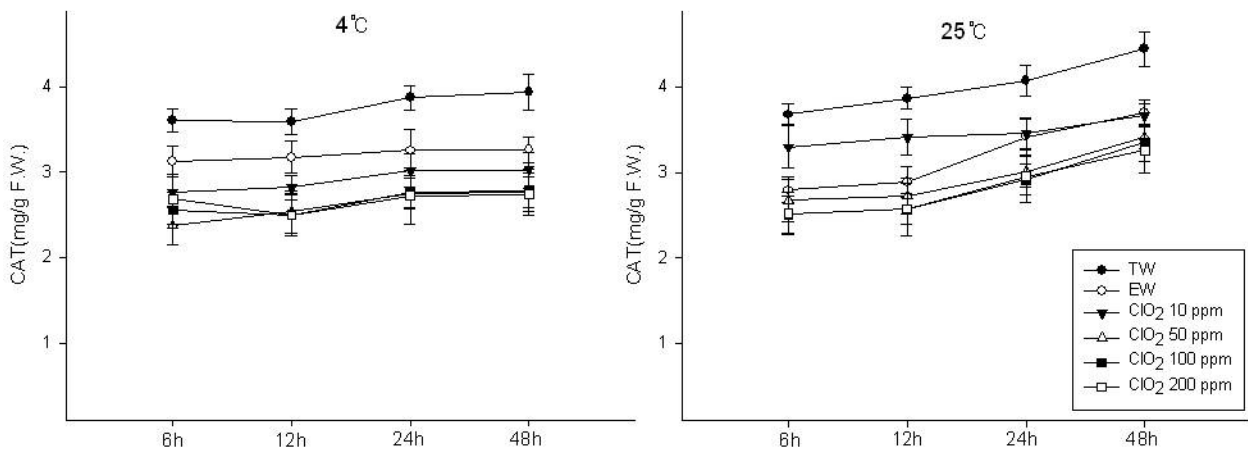
**3. 살균 세척수 처리에 따른 효소 활성**

오디를 세척수인 수도수, 전해수, 이산화염소수 10, 50, 100, 200 ppm을 각각 처리한 후, 상온과 4℃에서 저장 보관하면서 시간에 따른 CAT, POD, PPO 등의 효소 함량 변화를 조사하였다. 상온에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디의 CAT 함량은 수도수를 처리했을 때보다 낮은 결과를 보였다. 한편, 처리 이후 6시간과 48시간을 상호 비교하면 수도수 처리구가 약 20.9%의 CAT 함량의 증가를 보였으며, 나머지 처리구에서는 11.3~32.5%의 CAT 함량의 증가를 보였다. 오디의 CAT 함량은 이산화염소수의 농도에 비례하여 결과가 낮았으나, 50, 100, 200 ppm에서는 근소하게 감소하였다. 4℃에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디의 CAT 함량 또한 수도수를 처리했을 때보다 낮은 결과를 보였는데, 수도수를 제외한 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 증가폭이 크지 않음을 알 수 있다. 이는 4℃에서 온도 조건에 의한 효

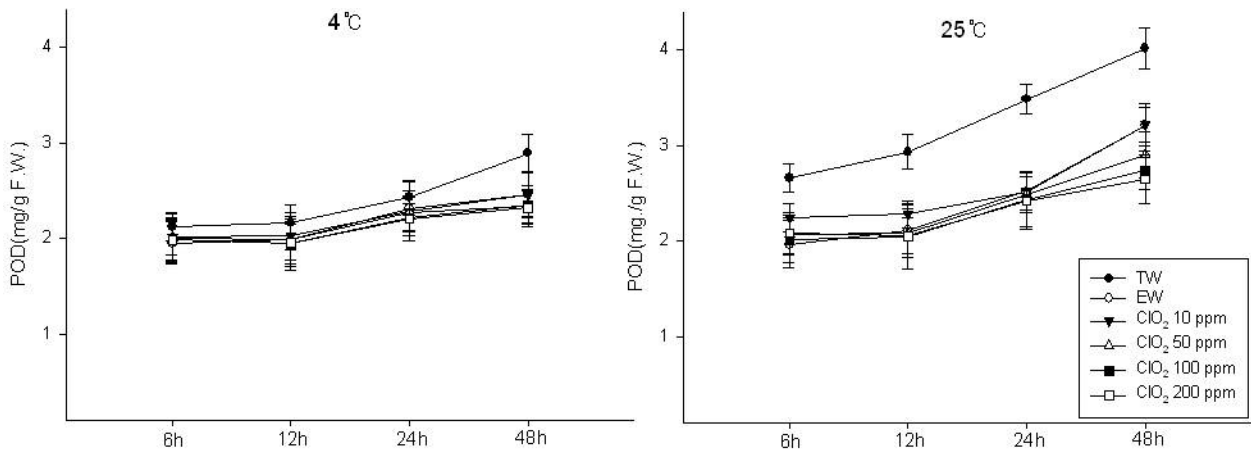
소 활성의 감소에 의한 것으로 보여진다. 또한 보관 온도 조건에 따른 CAT 함량은 모든 처리구에서 상온보다는 4℃에서 CAT 함량이 낮게 측정되었다(Fig. 2).

오디의 POD를 분석한 결과, 상온에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디가 수도수를 처리한 오디보다 POD 함량이 감소하였다. 수도수 처리구의 6시간과 48시간 후 상호 비교하면 약 51.1%의 POD 함량의 증가를 보였으며, 나머지 처리구에서는 27.1~63.5%의 POD 함량의 증가를 보였다. 4℃에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디의 POD 함량은 수도수 처리구가 나머지 처리구보다 POD 함량이 약간 높게 유지되었다. 또한 저장 온도별 POD 함량의 차이는 상온에서 보관한 처리구가 시간의 경과에 따라 4℃보다 높게 측정되었다. 이는 상온에서 효소 활성이 더 활발히 이루어졌기 때문으로 생각된다(Fig. 3).

오디의 PPO를 분석한 결과, 상온에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디가 수도수를 처리한 오디보다 POD 함량이 감소하였다. 수도수 처리구의 6시간과 48시간 후 상호 비교하면 약 82.8%의 PPO 함량의 증가를 보였으며, 나머지 처



**Fig. 2. Change of CAT enzyme activity on mulberry using various sterilizing water.**  
 Data are mean±S.D. (3 replicates).  
 TW : Tap water; EW : Electrolyzed water; ClO<sub>2</sub> : Chlorine dioxide.



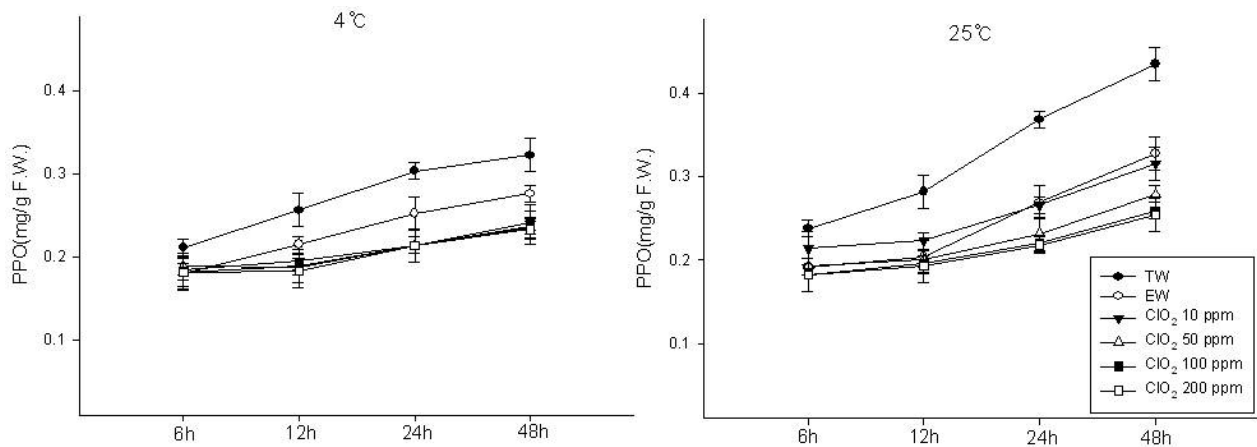
**Fig. 3. Change of POD enzyme activity on mulberry using various sterilizing water.**  
 Data are mean±S.D. (3 replicates).  
 TW : Tap water; EW : Electrolyzed water; ClO<sub>2</sub> : Chlorine dioxide.

리구에서는 39.6~70.8%의 PPO 함량의 증가를 보였다. 또한 이산화염소수 농도에 비례하여 최종 PPO 함량이 감소함을 알 수 있다. 4°C에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디의 PPO 함량은 수도수에서 가장 높은 함량을 보였으며, 6시간에서는 전해수와 이산화염소수 처리구간의 PPO 함량이 유사했으나, 시간이 경과하면서 전해수 처리구의 PPO 함량이 더 크게 증가하였다. 이산화염소수 농도에 의한 유의적 차이는 보이지 않았다. 또한 저장 온도별 PPO 함량의 차이는 상온에서 보관한 처리구가 시간의 경과에 따라 4°C에서 보관한 처리구보다 높게 측정되었다. 이는 상온에서 효소 활성이 더 활발히 이루어졌기 때문으로 생각된다(Fig. 4). 이와 유사한 연구로 Liu *et al*(2010)은 wild rice에 이산화염소수를 처리한 결과, 저장 초기에는 CAT, POD, PPO 효소가 무처리보다 활성이 낮게 관찰되었고, Kim *et al*(2009)은 양상치를

전해수와 구연산을 이용해 세척하였을 때 수도수보다 현저하게 PPO 활성을 저해하여 갈변반응을 억제한다고 보고하였다. 이와 같이 효소 활성이 수도수보다 감소한다는 것은 상대적으로 효소에 의한 부패 및 변질이 가능성이 낮다는 것을 시사한다.

**4. 총 폴리페놀 화합물 함량**

오디를 수도수, 전해수, 이산화염소수 10, 50, 100, 200 ppm을 각각 처리한 후, 상온과 4°C에서 저장보관하면서 시간에 따른 산화 방지작용을 하는 항산화 물질인 총 폴리페놀 함량의 변화를 조사하였다. 오디의 총 폴리페놀 함량은 상온에서 전해수와 이산화염소수를 처리한 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 이산화염소수에서 총 폴리페놀 함량 값이 가장 적게 측정되었다. 4°C에



**Fig. 4. Change of PPO enzyme activity on mulberry using various sterilizing water.**  
 Data are mean±S.D. (3 replicates).  
 TW : Tap water; EW : Electrolyzed water; ClO<sub>2</sub> : Chlorine dioxide.

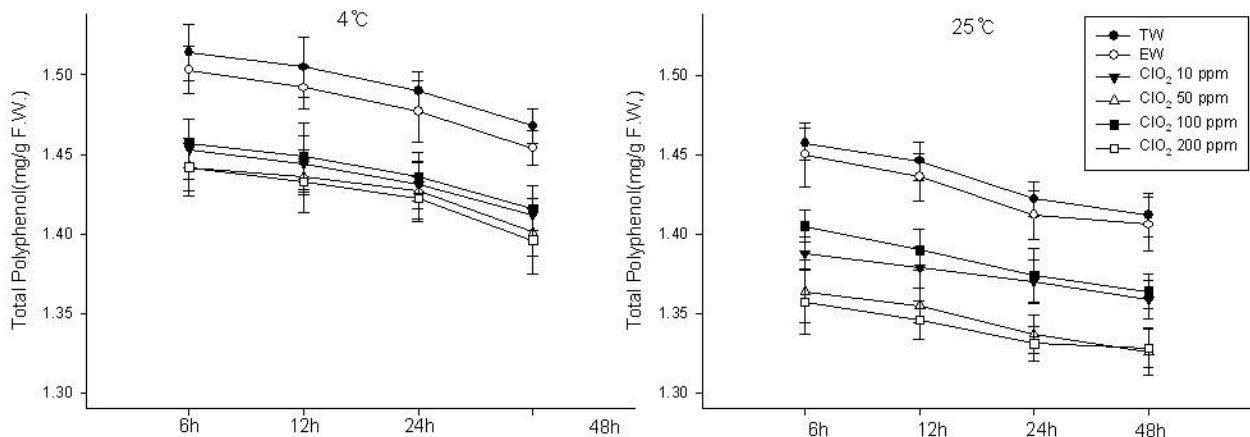


Fig. 5. Change of total polyphenol contents on mulberry using various sterilizing water.

Data are mean±S.D. (3 replicates).

TW : Tap water; EW : Electrolyzed water; ClO<sub>2</sub> : Chlorine dioxide.

서 전해수와 이산화염소수를 처리한 오디의 총 폴리페놀 함량 역시 시간이 경과함에 따라 감소함을 볼 수 있었으며, 이산화염소수 처리구에서 가장 낮은 총 폴리페놀 함량 값이 측정되었다. 상온과 4°C 보관 모두에서 전해수에서 총 폴리페놀 함량이 이산화염소수 처리구보다 높았으며, 전반적으로 이산화염소수 농도에 비례하여 총 폴리페놀 함량이 감소하는 것으로 측정되었다. 또한 상온 보관보다는 4°C에서 오디를 보관하는 것이 총 폴리페놀 성분의 손실을 감소시키는 것으로 보여진다(Fig. 5). 이 결과는 Vandekinderen *et al*(2009)이 상추에 전해수와 차아염소산나트륨 등을 처리한 결과, 이산화염소수(1.54±0.07 mg/L<sup>-1</sup>) 처리구에서 총 폴리페놀 함량이 크게 감소한다는 내용과 유사하였다.

## 요 약

본 연구에서는 수도수, 전해수, 이산화염소수 처리에 의한 오디의 저장온도 및 기간에 따른 품질 양상을 분석하였다. 오디를 수도수, 전해수와 이산화염소수 농도별 10, 50, 100, 200 ppm으로 각각 30초 동안 담금질을 한 후, 실온과 냉장에 저장하여 시간에 따른 저장성 효과를 비교하였다. 또한, 외관 품질 유지와 갈변 저해 효과를 탐색하였다. 또한, 오디 과실 표면으로부터 *Enterobacter aerogenes*와 *Serratia marcescens*의 위해미생물을 분리·동정하였다. 살균세척수를 처리한 후, 저장 온도별 시간에 따른 미생물 총 균수를 측정할 결과, 각 처리구의 미생물 살균력은 전해수와 이산화염소수가 수도수 처리보다 증가하였으며, 이산화염소수는 고농도일수록 현저하게 증가하였다. 상온에서 저장하는 처리구보다 냉장 저장한 처리구에서의 미생물 억제효과가 뛰어났다. 오디의 표면에 주사전자현미경 촬영 결과, 살균 세척수 처리구에서는 미생물이 생존하지 않았다. 효소활성을 측정할 결과,

수도수 처리구보다 살균 세척수 처리구에서 함량이 낮아졌으며, 시간이 지남에 따라 서서히 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 세척 방법 간 유사한 결과를 나타내었다. 저장일수가 증가할수록 감소하였고, 전해수와 이산화염소수 처리구의 함량이 수도수 처리보다는 낮았다. 따라서 오디의 전해수와 이산화염소수 처리는 초기의 미생물 총 균수를 감소시켜 신선도를 유지하고, 상온보다 냉장 저장에서 효과가 더 우수하였으며, 품질 유지 및 저장성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 15대 아젠다과제(PJ008490)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Abadias M, Usall J, Alegre I, Vinas I (2008) Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *Int J Food Microbiol* 123: 151-158.
- Aebi H (1974) Catalase. in: *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, New York. pp 673-684.
- Chen Z, Zhu C (2011) Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharv Biol Technol* 61: 117-123.
- Havsteen B (1983) Flavonoid, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem Pharmacol* 32: 1141-1148.
- Hejazi A, Falkiner FR (1997) *Serratia marcescens*. *J Med*

- Microbiol* 46: 903-912.
- Heo SI, Jin YS, Jung MJ, Wang MH (2007) Antidiabetic properties of 2,5-dihydroxy-4,3'-di( $\beta$ -D-glucopyranosyloxy)-trans-stilbene from mulberry (*Morus bombycis* Koidzumi) root in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 10: 602-607.
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ (2006) Disinfection effects of electrolyzed water on strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv* 13: 316-321.
- John G (1997) *Essentials of Food Microbiology*. 1st ed. Arnold Publishers, London. pp 97-98.
- Jung SW, Park KJ, Park KJ, Park BI, Kim YH (1996) Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1045-1051.
- Kar M, Mishra D (1976) Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiol* 57: 315-319.
- Kim HB, Ryu KS (2000) Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. *Korean J Seric Sci* 42: 73-77.
- Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY (2001) Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *Korean J Seric Sci* 43: 104-108.
- Kim MW, Kim AJ (2007) The quality characteristics of mulberry fruit wine by two different manufacturing methods. *Korean J Food & Nutr* 20: 276-281.
- Kim SK (1991) Beneficial medicine, mulberry fruit. In Bonchohak. Younglimsa, Seoul. pp 598-605.
- Kim YG, Kim TW, Ding T, Oh DH (2009) Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in head lettuce. *Korean J Food Sci Technol* 41: 578-586.
- Koseki S, Yosida K, Kamitani Y, Itoh K (2004) Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. *J Food Protect* 66: 1247-1251.
- Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T (2004) Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chem* 84: 329-339.
- Lee HH, Hong SI, Kim DM (2009) Microbiological characterization and chlorine treatment of buckwheat sprouts. *Korean J Food Sci Technol* 41: 452-457.
- Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI (2011) Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 912-917.
- Liu M, Qian B, Zhang H, Deng Y, Shen Y, Ping J, Cao L (2010) Sanitizer treatments alleviate lignification of sliced few-flower wildrice (*Zizania latifolia* Turcz.). *Food Res Int* 43: 2363-2368.
- Park CM, Hung YC, Doyle MP, Ezeke GOI, Kim C (2001) Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed water. *J Food Sci* 66: 1368-1372.
- Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW (2007) Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatment. *Korean J Food Preserv* 14: 487-491.
- Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW (2008) Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid on reduction of *Salmonella typhimurium* on sprouting radish seeds. *Korean J Food Preserv* 15: 754-759.
- Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH (2012) Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on chinese cabbage. *Korean J Food Sci Technol* 44: 240-246.
- Ryu SH (2007) Effects of aqueous chlorine dioxide against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on broccoli served in food service institutions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1622-1627.
- Sanders Jr WE, Sanders CC (1997) *Enterobacter* spp.: pathogens poised to flourish at the turn of the century. *Clin Microbiol Rev* 10: 220-241.
- Shigenobu K, Seiichiro I (2007) Microbial control of fresh produce using electrolyzed water. *Jpn Agr Res* 41: 273-282.
- Song HJ, Chun HH, Jo WS, Song KB (2012) Effects of aqueous chlorine dioxide and UV-C irradiation on decontamination and growth of microbes during chilled storage of celery and cherries. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 402-407.
- Sung JM, Park KJ, Lim JH, Jeong JW (2012) Removal effects of microorganism and pesticide residues on Chinese cabbages by electrolyzed water washing. *Korean J Food Sci Technol* 44: 628-633.
- Vandekinderen I, Camp JV, Meulenaer BD, Veramme K, Bernaert N, Denon Q, Ragaert P, Devlieghere F (2009) Moderate and high doses of sodium hypochlorite, neutral elec-

trolyzed oxidizing water, peroxyacetic acid, and gaseous chlorine dioxide did not affect the nutritional and sensory qualities of fresh-cut iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) after washing. *J Agric Food Chem* 57: 4195 - 4203.

Yoo JY, Jang KI (2011) Changes in quality of soybean sprouts

washed with electrolyzed water during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 586-592.

---

접 수: 2013년 07월 03일  
최종수정: 2013년 10월 29일  
채 택: 2013년 10월 30일