

## 채소 및 주방기구에 대한 강산성전해수의 살균효과

- 연구노트 -

김윤정 · 최규덕 · 신일식<sup>†</sup>  
강릉원주대학교 해양생명공학부

### Bactericidal Activity of Strongly Acidic Electrolyzed Water on Various Vegetables and Kitchen Apparatus

Yun-Jung Kim, Kyoo-Duck Choi, and Il-Shik Shin<sup>†</sup>

Faculty of Marine Bioscience and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangwon 210-702, Korea

#### Abstract

The properties and bactericidal activities of strongly acidic electrolyzed water (SEW) against food-borne pathogenic bacteria, vegetables and kitchen apparatuses were investigated. The available chlorine concentration, pH and oxidation reduction potential (ORP) of SEW were  $35 \pm 1.2$  ppm,  $2.3 \pm 0.2$ , and  $1,140 \pm 20.4$  mV, respectively. Five strains of food-borne bacteria with initial cell number of 7.00 log CFU/mL were not detected except *Bacillus cereus* after treatment with SEW for 60 sec. The numbers of *Bacillus cereus* were reduced to  $2.08 \pm 1.00$  log CFU/mL at the same condition. In vegetables, SEW treatment after washing strongly in alkalic electrolyzed water (AEW) showed better bactericidal effects than SEW only. The viable cell on stainless steel bowl ( $3.86 \pm 2.49$  log CFU/100 cm<sup>2</sup>) and cup for water ( $2.40 \pm 1.80$  log CFU/100 cm<sup>2</sup>) were not detected by SEW treatment (35 ppm of available chlorine concentration) for 30 sec, but survival of more than 1.00 log CFU/100 cm<sup>2</sup> of viable cell was shown by washing of sodium hypochlorite solution at the same condition. On the other hand, the coliform group bacteria ( $5.08 \pm 4.00$  CFU/100 cm<sup>2</sup>) were detected on rubber globe only, and more than 2.00 log CFU/100 cm<sup>2</sup> of viable cell and coliform group bacteria on it survived, though it was washed with flowing SEW for 30 sec.

**Key words:** strongly acidic electrolyzed water, bactericidal activities, food-borne pathogenic bacteria, vegetables, kitchen apparatus

#### 서 론

최근의 식품산업은 그 생산 규모 면에 있어서 점점 대형화되어 가는 추세에 있으며, 저장·유통 수단의 발달로 말미암아 생산지에서 소비지까지의 범위가 크게 확대되었다. 또한 식량자원 및 가공식품 등이 경제 원리에 의해 전 세계에 유통되고 있는 상황에서, 병원미생물에 의한 식품 오염의 기회 및 오염 미생물 증식 가능성이 크게 증대되고 있으며, 이에 따라 병원미생물에 의한 식중독 사건이 전 세계적으로 빈번하게 발생하여 유행처럼 번지고 있으며, 국내의 경우에도 학교급식 등을 중심으로 한 식중독 사건이 끊이지 않고 있는 실정이다.

2009년 식품의약품안전청의 보고에 의하면 2002년 이후 식중독 발생건수 및 환자수는 점차 증가하고 있는 추세이며, 특히 단체급식(회사, 학교)에서의 식중독 발생률이 전체의 74.4%를 차지하고 있으며, 그 중 학교급식에서의 식중독 발생률이 약 80%를 차지하고 있어 학교급식에 대한 위생적인 관리가 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다(1).

지난 20년간 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 신선한 채소와 과일의 섭취량은 급속히 증가하여 왔다. 그에 비례하여 식중독 미생물, 화학물질 등으로 인한 질병과 폐수의 양도 급속하게 증가하여 왔다. 특히 식중독 미생물에 의한 질병의 발생이 현저하게 증가하였다. 더구나 과일이나 야채의 수확과 소비 사이의 기간 동안 미생물에 의한 부패는 과일·채소 생산량의 약 30% 이상의 손실을 가져 왔다(2).

신선한 과일이나 채소를 씻는 전통적인 기술은 살균제를 넣거나 혹은 넣지 않은 물로서 씻는 방법이며, 염소는 과일이나 채소의 소독에 가장 광범위하게 사용되는 살균제이다. 그러나 염소는 살균력에 한계가 있으며(2-6), 식품의 표면만 살균되는 단점을 가지고 있으며, 염소살균에 의한 균수의 감소는 약 1~2 log 정도로 낮을 뿐만 아니라(6), 더욱이 염소의 부산물인 trihalomethane은 환경과 건강에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(3,4). 과일·야채의 해충을 죽이기 위하여 막대한 양의 살충제가 매년 사용되어 왔었다. 과일과 야채 표면의 이러한 살충제는 완전히 분해되지 않으며, 잔류 염소는 살충제와 반응하여 또 다른 화학물질을 생성한다(7).

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: shinis@gwnu.ac.kr  
Phone: 82-33-640-2346, Fax: 82-33-640-2346

이들 화학물질을 소비자가 섭취하게 되고 직·간접적으로 공중 건강에 영향을 미친다.

따라서 염소소독을 대체할 새로운 살균제의 개발이 시급한 실정이며, 전기분해수(전해수, electrolyzed water, EW)는 전통적인 살균방법을 대체할 수 있는 유력한 살균방법으로 많은 장점을 지니고 있다(8-10). 전해수는 차아염소산수(hypochlorous acid water)로도 불리며 희박식염수(0.1% NaCl) 또는 해수를 직류전압으로 전기분해하여 얻어진 용액으로 살균, 제균 효과가 뛰어나며 식품산업의 현장에 있어서 식중독 원인미생물의 제거, 식품소재의 살균 등 식품의 안전성 확보를 위한 유효한 수단으로 인정되고 있다.

전해수는 염소살균에 비하여 훨씬 저 농도의 유효염소농도로 단시간에 강력한 살균효과를 나타낸다. 그 효과는 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, 병원성 비브리오를 비롯한 식중독세균(11-14), 포자형성균(15,16), 곰팡이(17), 황색포도상구균의 enterotoxin 분해(18), 곰팡이독의 분해(19), 세균, 아메바성 이질의 원생동물에 의해 오염된 음료수의 살균, 병원균에 오염된 손, 피부, 그리고 주방기구 등에 의한 2차 오염의 방지(20-22), 알칼리성수의 항산화효과(23,24), 전기분해해수의 어병세균 및 바이러스에 대한 살균효과(25,26) 등 지극히 광범위한 응용이 가능하다.

일본에서는 2002년 6월 전해수가 식품첨가물로 지정된 바 있으며, 식품산업현장 및 단체급식에서 위해미생물의 살균과 가공환경의 살균을 목적으로 대규모의 전해수 플랜트가 도입되어 가동되고 있으며 이에 대한 연구도 활발하다(24). 국내의 경우, 2007년 11월 강산성차아염소산수와 미산성차아염소산수가 과일류와 채소류의 살균제로 지정되었지만(27) 산업현장은 물론 학계에서도 이에 관한 연구는 미미한 실정이다.

이에 본 논문에서는 식품산업 및 학교급식의 미생물학적 안전성을 확보하기 위하여 살균제로서의 강산성전기분해수(strongly acidic electrolyzed water, SEW)의 물성 및 살균 특성을 조사하고, 학교급식에 제공되는 식재료에 대한 SEW의 살균효과를 조사하였으며, 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 강산성전해수의 제조 및 물성 측정

0.1% NaCl 용액 40 L를 격막식 전해수 생성장치 DIPS KI/KII/F((주)이수이앤씨, Incheon, Korea)와 연결된 물탱크에 넣고 전압 10V, 전류 10A, 유속 6.4 L/min로 전기분해한 후, 양극에서 생성된 강산성전해수(strongly acidic electrolyzed water, 이하 SEW)와 음극에서 생성된 강알칼리성 전해수(strongly alkalic electrolyzed water, 이하 AEW)의 유효염소농도, 산화환원전위(oxidation-reduction potential, ORP), pH를 측정하였다.

유효염소농도는 각 유량에서 10 mL를 추출하여 탈이온수

로 100배 희석하여 휴대용 염소측정기(Pocket colorimeter, HACH Co., Colorado, USA)로 측정하였다. ORP는 각 유량에서 300 mL를 추출하여 Inolab oxi level 1(InoLab Co., Weilheim, Germany)로 측정하였다. pH는 각 유량에서 300 mL를 추출하여 pH/ISE meter(Istek Co., Seoul, Korea)로 측정하였다.

### 공시균주

실험에 제공된 세균 중 *Vibrio vulnificus* KCTC 2962, *V. parahaemolyticus* ATCC 2210001은 3% NaCl을 첨가한 brain heart infusion(BHI) broth(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였으며, *E. coli* O157:H7 ATCC 43889, *Listeria monocytogenes* ATCC 19113, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* KCTC 1012는 BHI broth에 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였다.

### 시료

**채소:** 학교급식에 주로 제공되는 식재료 중 가열하지 않고 섭취하는 채소를 대상으로 SEW의 살균효과를 조사하기 위하여 사용된 시료 중 오이(cucumber, *Cucumis sativus*), 들깨잎(perilla leaf, *Perilla frutescens*), 당근(carrot, *Daucus carota*), 상추(lettuce, *Lactuca sativa*), 콩나물(soybean sprout, *Glycine max*), 무순(radish sprouts, *Raphanus sativus*)은 강릉시 이마트에서 구입하여 ice box(5°C 이하)에 넣어 실험실로 운반하였으며, 마늘(garlic, *Allium sativum*), 양파(onion *Allium cepa*), 자두(plum, *Prunus salicina*), 파(green onion, *Allium fistulosum*), 양배추(cabbage, *Brassica oleracea*), 팽이버섯(winter mushroom, *Flammulina velutipes*), 숙주나물(green-bean sprout, *Vigna radiata*)은 강릉시 소재 A 고등학교 학교급식 식당에서 제공받아 ice box(5°C 이하)에 넣어 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

**주방기구 및 주방환경:** 주방기구 및 주방환경에 대한 SEW의 살균력은 강릉시 소재 A 고등학교의 식당을 직접 방문하여 주방싱크대, 배식대, 식탁, 식판, 스테인리스 용기, 물컵, 칼, 도마, 고무장갑 등을 대상으로 측정하였다.

### 병원성 세균에 대한 SEW의 살균력 측정

전배양한 세균을 4°C, 1,250×g에서 30분간 원심분리한 후, cell pellet을 균수가 1.0×10<sup>9</sup> colony forming unit(CFU)/mL가 되도록 phosphate buffered saline(PBS, pH 7.0)에 현탁하였다. 이 현탁액 1 mL를 99 mL의 SEW에 각각 첨가하고 일정 시간(30초, 60초) 실온에서 균질화한 후, BHI agar를 이용하여 평판배양법으로 생균수를 측정, SEW의 살균력을 조사하였다. 대조구로는 유효염소농도 35 ppm의 차아염소산나트륨(sodium hypochlorite, Wako Pure Chemical Industries Ltd, Osaka, Japan) 용액을 사용하였다.

### 채소에 대한 SEW의 살균력 측정

채소류에 대한 SEW의 살균력은 먼저 각각의 채소를 20 g씩 취하여 200 mL의 SEW에 각각 60초간 침지한 후, 일반생균수와 대장균군수를 측정하였다. 한편, 강알칼리성 전해수와 강산성 전해수의 병용에 의한 상승효과를 측정하기 위하여 먼저 200 mL의 AEW로 30초간 세척한 후, 다시 200 mL의 SEW에 30초간 침지하여 일반생균수 및 대장균군수를 측정하였다. 대조구로는 수도수와 유효염소농도 35 ppm의 차아염소산나트륨 용액을 사용하였다.

**일반생균수 측정:** 채소 각 시료 20 g을 살균한 0.1% peptone수 180 mL를 함유하는 stomacher bag에 넣고 stomacher (Lab Blender 400, A. J. Seward Medical, London, UK)를 사용하여 2분 동안 균질화한 후 peptone수에 10진법 단계 희석하였다. 희석한 검액 1 mL를 plate에 분주한 후, PCA (plate count agar, Difco Laboratories)를 pour plate method로 접종한 후, 35°C에서 24시간 배양하여 콜로니를 계수, 측정하였다.

**대장균군 측정:** 대장균군의 측정은 일반생균수 측정에 사용한 검액을 이용하여 Recommended Procedures for the Bacteriological Examination of Sea water and Shellfish (28)의 방법에 따라 측정하였다.

### 주방기구 및 환경에 대한 SEW의 살균력 측정

주방기구 및 환경에 대한 전해수의 살균력은 3M Microbiology Quick Swab (St. Paul, MN, USA)의 Wet Swabbing method로 측정하였다. 즉, 유속 3.4 L/분의 SEW로 주방싱크대, 배식대, 식탁, 식판, 스테인리스 용기, 물컵, 칼, 도마, 고무장갑을 30초간 유수세척한 후, 10 cm×10 cm 면적의 검체 표면을 멸균생리식염수로 적신 면봉으로 3차례 이상 잘 닦은 후, 멸균 letheen broth가 들어있는 Swab tube에 원위치 시켜 실험실로 운반하였다. 실험실에서 이를 10초간 강하게 흔든 후, 면봉을 제거하고 3M Petrifilm plate를 이용하여 일반생균수 및 대장균군수를 측정하였다. 대조구로는 유효염소농도 35 ppm의 차아염소산나트륨 용액을 사용하였다.

### 통계처리

모든 실험은 3회씩 수행하였으며, 통계분석은 SPSS Ver. 17.0 package program을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 강산성전해수(SEW)의 물성

0.1% NaCl 용액 40 L를 격막식 전해수 생성장치와 연결된 물탱크에 넣고 전압 10 V, 전류 10 A, 유속 6.4 L/min로 SEW를 생산하고 그 물성을 측정할 결과는 Table 1과 같다. 격막식으로 생산한 SEW의 유효염소농도는  $35 \pm 1.2$  ppm이

Table 1. Properties of SEW<sup>1)</sup> and AEW<sup>2)</sup>

Type	Available chlorine concentration (ppm)	pH	ORP (mV)
SEW	$35 \pm 1.2$	$2.3 \pm 0.2$	$1,140 \pm 20.4$
AEW	$0.1 \pm 0.01$	$11.6 \pm 1.1$	$-900 \pm 18.2$

<sup>1)</sup>Strongly acidic electrolyzed water.

<sup>2)</sup>Alkalic electrolyzed water.

Results were represented as mean±SD of three independent experiments.

있으며, pH는  $2.3 \pm 0.2$ , ORP는  $1,140 \pm 20.4$  mV이었다. AEW의 유효염소농도는  $0.1 \pm 0.01$  ppm이었으며, pH는  $11.6 \pm 1.1$ , ORP는  $-900 \pm 18.2$  mV이었다.

SEW는 양극과 음극이 격막으로 구분된 전해조(유격막 전해조)에 의해 만들어진다. 예로서 식염수(0.1%)의 유격막 전해에 의한 SEW의 생성원리를 보면, 양극에서는 물(H<sub>2</sub>O)로부터 산소(O<sub>2</sub>)와 수소이온(H<sup>+</sup>), 또 염소이온(Cl<sup>-</sup>)으로부터 염소(Cl<sub>2</sub>)가 생성된다. 생성된 염소는 물과 반응하여 차아염소산(HClO)과 염산(HCl)으로 되며 그 결과, 산성화하여 용존산소(Dissolved oxygen, DO)와 산화환원전위(ORP)가 상승하고, 유효염소농도가 20~60 ppm에 이르게 된다. 음극에서는 H<sub>2</sub>O에서 수소(H<sub>2</sub>)와 수산이온(OH<sup>-</sup>)이 생성되며, H<sub>2</sub>는 DO와 반응한다. 그 결과, DO와 ORP가 현저하게 저하하여 pH 11~11.5의 강알칼리성 전해수가 생성된다.

SEW는 수소이온이 과잉상태여서 전자가 극도로 부족한 물이므로, 이 물이 평형을 유지하려는 성질을 가진 세균에 닿았을 때, 세포 내·외부간의 밸런스가 깨지고 세포벽에 구멍이 뚫려 파열되고 죽게 된다(29). 일반세균의 경우 증식 가능한 ORP의 범위는 700~820 mV 사이인데, SEW의 ORP는 최소 +1,000 mV 이상으로 높은 ORP의 강한 산화작용에 의해 세균체의 단백질이 변성되고 에너지 대사가 저해되어 살균효과가 나타난다. 염소 가스는 세균의 표면에 노출되어 있는 아미노산기를 공격하여 균체표면에 노출되어 있는 단백질 부분을 변성시키고 세포막을 파괴하여 세균을 사멸시킨다. 차아염소산은 세균 내에 침투하여 원형질과 반응, 독성화합물(N-Cl)을 형성하여 세균을 사멸시키며 차아염소산의 살균력은 차아염소산 이온(OCl<sup>-</sup>)에 비해 약 80배 정도 강한 것으로 알려져 있다(10). 한편 일반세균의 생존가능 pH 범위는 pH 3.0~10.0인데 SEW는 pH가 2.6 이하로서 세균이 생존하기 어려운 환경이다. 그러나 pH에 의한 살균력은 순간적으로 나타나는 것이 아니므로 간접 살균효과가 있다고 볼 수 있다.

### 병원성 세균에 대한 SEW의 살균력

병원성세균에 대한 SEW의 살균력을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 대조구로 사용한 유효염소농도 35 ppm의 차아염소산나트륨 용액의 경우, 60초간 처리하여도 2~4 log CFU/g 정도의 균밖에 감소하지 않았으나, SEW는 60초간 처리로 포자를 형성하는 *B. cereus*를 제외한 나머지 5종의 병원성

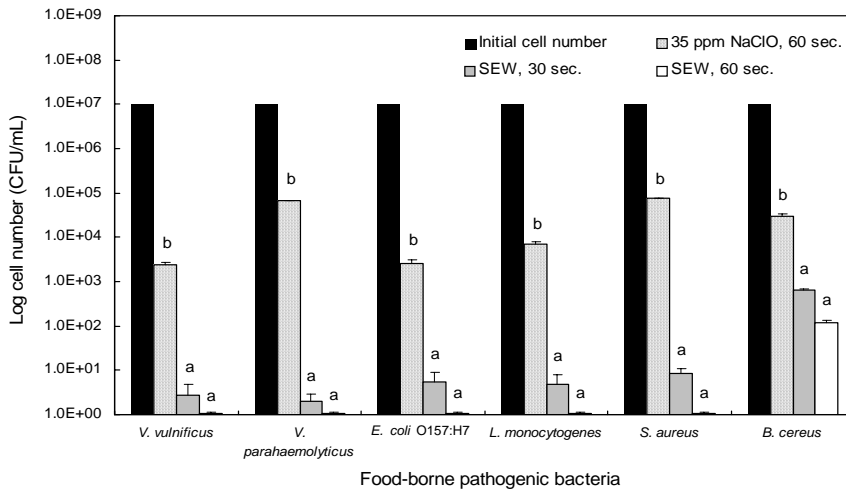


Fig. 1. Bactericidal activity of SEW against food-borne pathogenic bacteria. All values are expressed as mean±SD, n=3. Different superscripts on the bar are significantly different (p<0.05).

세균을 모두 살균하였으며, *B. cereus*의 경우 완전하게 살균하지는 못하였지만 약 4 log CFU/g 이상이 감소하여, 같은 유효염소농도라도 SEW가 차아염소산나트륨 용액보다 살균력이 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. Park 등(12)은 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 배양액 1 mL를 유효염소농도 5 ppm의 99 mL SEW로 30초간 각각 처리한 결과 균이 검출되지 않았다고 보고하였으며, Kim 등(14)은 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *B. cereus*를 같은 용량의 유효염소농도 56 ppm SEW로 30초간 처리한 결과, 영양세포는 모두 사멸하였으나, *B. cereus*의 포자는 3.5 log CFU/mL가 잔존하고 있었다고 보고하여 본 실험도 이와 유사한 결과를 나타내었다.

SEW의 강한 살균력의 주요인으로서 처음에는 높은 ORP나 낮은 pH가 주요인이라고 간주되었지만, 일본 Functional Water Foundation 연구진에 의해 HClO가 주요인인 것이 밝혀졌다(10). HClO는 pH에 따라서 존재비율이 변하는데, pH가 강산성수 영역(pH 2.2~2.7)에서는 Cl<sub>2</sub>와 HClO가 약 2대 8, 약산성수 영역(pH 5~6.5)에서는 거의 HClO만, 전체 차아수 영역(pH 8~9)에서는 HClO와 ClO<sup>-</sup>가 약 1대 9의 비율로 되며, 더 높은 pH에서는 ClO<sup>-</sup>만이 존재하게 된다. 살균력은 HClO가 ClO<sup>-</sup>에 비하여 약 80배 정도 더 강한 것으로 알려져 있다. 따라서 유효염소농도 40 ppm의 SEW는 1,000 ppm의 차아염소산나트륨용액에 필적하는 살균력을 나타낸다(10).

한편, radical 소거제의 첨가에 의해 SEW의 살균력이 약화됨으로써 ·OH(hydroxy radical)이 SEW의 살균력에 관여하고 있는 것이 확인되었으며, 또한 SEW에 Fe<sup>2+</sup>를 첨가하였을 때 ·OH의 생성량이 증가하여 SEW에는 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)가 존재하고, 펜톤(Fenton)반응에 의해 ·OH이 생성되는 것이 밝혀졌다(10). SEW는 세균의 핵산이나 단백질, 혹은 세포막에 손상을 주는데, 이것도 ·OH의 작용에 의해 설명할 수 있다. 이 살균메커니즘은 생체의 방어기작의 하나인 호중구(백혈구의 일종)의 살균메커니즘과 아주 유사하다. 호중구에서는 myeloperoxidase에 의하여 염소와 산소로

부터 HOCl, NADPH oxidase에 의해 분자상 산소로부터 super oxide(O<sup>2-</sup>)와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 생성되며, 여기에서 생성된 ·OH이 살균작용을 나타낸다. 즉 SEW도 이와 같은 기구에 의해 살균효과를 발휘하는 것으로 볼 수 있으며, HClO는 ·OH의 공급자로서의 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(10,29).

#### 채소에 대한 SEW의 살균력

시중에 판매되고 있는 각종 채소에 대한 SEW의 표면 살균효과를 Fig. 2에 나타내었다. 마늘과 양파는 원시료에서 일반세균이 검출되지 않았으며, 자두는 SEW 60초간 처리로 균이 검출되지 않았다. 파, 양배추, 팽이버섯의 경우, SEW 60초간 처리로 대조구(tap water)에 비하여 각각 2.17±0.11, 1.99±0.03, 3.27±0.04 log CFU/g이 더 감소하였으며, AEW로 30초간 세척 후 SEW 30초간 처리로 균이 검출되지 않았으며, 오이, 깻잎, 당근, 상추, 숙주나물의 경우도 SEW 60초간 처리로는 대조구(tap water)에 비하여 각각 1.46±0.17, 3.42±0.03, 1.94±0.05, 1.31±0.05, 1.47±0.57 log CFU/g 더 감소하였으나, AEW로 30초간 세척 후 SEW 30초간 처리로 각각 2.62±0.13, 4.22±0.24, 3.28±0.08, 2.74±0.18, 4.49±0.59 log CFU/g가 더 감소하여 AEW로 채소표면의 유기물을 세척한 후 SEW로 살균처리 하면 상승효과가 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 콩나물, 무순의 경우, AEW로 30초간 세척 후 SEW로 30초간 처리하여도 각각 2.50±0.13, 2.19±0.13만 감소하였고 4 log CFU/g 이상의 균이 잔존하고 있었다.

Suzuki(13)는 *E. coli* O157:H7를 오염시킨 무순을 강산성 전해수(SEW)로 살균한 결과, *E. coli* O157:H7에 대한 살균효과가 거의 없었으며, 그 이유로서 *E. coli* O157:H7가 무순의 조직 안으로 침투하여 표면살균효과를 지닌 강산성 전해수(SEW)의 영향을 받지 않는다고 보고한 바 있는데, 본 실험의 경우도 이와 비슷한 결과인 것으로 사료되며, 채소의 종류 또는 그 표면구조에 따라 전해수의 살균력에 차이가 있는 것을 추측할 수 있었다.

대조구로 사용한 차아염소산나트륨 용액은 모든 채소에 대하여 SEW보다 낮은 살균력을 나타내었다.

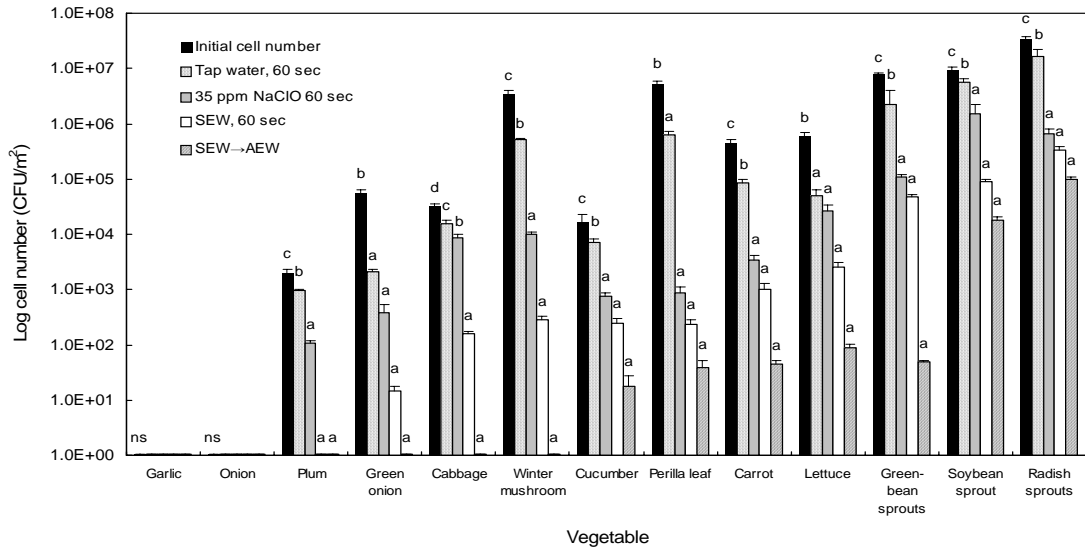


Fig. 2. Bactericidal activity of SEW against various vegetables. All values are expressed as mean±SD, n=3. Different superscripts on the bar are significantly different (p<0.05).

Table 2. Bactericidal activity of SEW<sup>1)</sup> on apparatus of school meals restaurant

Apparatus	Viable cell number and coliform group (Log CFU/100 cm <sup>2</sup> )			
	Before washing	After washing by tap water	After washing by NaClO	After washing by SEW
Dining table	Not detected	Not tested	Not tested	Not tested
Table ware	Not detected	Not tested	Not tested	Not tested
Kitchen board	Not detected	Not tested	Not tested	Not tested
Sink table	3.89±2.69	2.93±2.04	Not detected	Not detected
Kitchen knife	3.40±2.00	2.57±2.11	Not detected	Not detected
Stainless steel bowl	3.86±2.49	2.89±2.04	1.70±0.75	Not detected
Cup for water	2.40±1.80	2.83±1.81	1.28±0.41	Not detected
Rubber globes	5.66±4.40 (5.08±4.00) <sup>2)</sup>	4.94±4.04 (4.97±3.70)	3.84±2.18 (4.26±3.00)	2.91±1.40 (2.51±1.30)

<sup>1)</sup>Strongly acidic electrolyzed water.

<sup>2)</sup>The number in parenthesis means coliform group.

Results were represented as mean±SD of three independent experiments.

주방기구 및 환경에 대한 SEW의 살균력

주방의 조리 기구에 대한 SEW의 표면 살균효과를 Table 2에 나타내었다. 주방조리대(stainless steel 재질), 식당의 식탁, 조리용 도마(플라스틱)에서는 처음부터 균이 검출되지 않았으며, 주방싱크대와 조리용 칼은 차아염소산나트륨 용액(유효염소농도 35 ppm) 30초간 처리로 균이 검출되지 않았다. 식기와 컵은 차아염소산나트륨 용액(유효염소농도 35 ppm) 30초간 처리로는 대조군인 수도수에 비하여 약 1.19~1.28 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 정도만 더 감소하였지만, SEW 30초간 처리로 균이 검출되지 않아 역시 SEW가 차아염소산나트륨 용액(유효염소농도 35 ppm)에 비해 살균력이 높은 것을 알 수 있었다. 한편 고무장갑의 경우 유일하게 대장균군이 검출되었으며 SEW 30초간 처리로 고무장갑 표면의 일반세균과 대장균군은 대조군인 수도수에 비하여 약 2 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 이상 감소하였다. 그러나 완전한 살균은 되지 않아 고무장갑의 위생적인 취급에 주의를 기울여야 할 것으로 사료되었다.

요 약

격막식으로 생산한 강산성전해수(SEW)의 유효염소농도는 35±1.2 ppm, pH는 2.3±0.2, ORP는 1,140±20.4 mV이었으며, AEW의 유효염소농도는 0.1±0.01 ppm, pH는 11.6±1.1, ORP는 -900±18.2 mV이었다. 6종의 병원성세균(초기균수 1.0×10<sup>7</sup> CFU/mL)에 대한 SEW의 살균효과를 조사한 결과, 대조구로 사용한 유효염소농도 35 ppm의 차아염소산나트륨 용액의 경우, 60초간 처리하여도 2~4 log 정도의 균밖에 감소하지 않았으나 SEW는 60초간 처리로 포자를 형성하는 *B. cereus*를 제외한 나머지 5종의 병원성세균을 모두 살균하였으며, *B. cereus*의 경우 완전하게 살균하지는 못하였지만 약 4 log CFU/g 이상이 감소하여, 같은 유효염소농도라도 SEW가 차아염소산나트륨 용액보다 살균력이 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 채소의 경우, AEW로 세척 후 SEW 처리하였을 때가 SEW 단독처리보다 살균효과가 더 좋았다. 한편 콩나물, 무순의 경우 AEW로 30초간 세척 후 SEW로

30초간 처리하여도 균수는 각각  $2.50 \pm 0.13$ ,  $2.19 \pm 0.13$ 만 감소하였고 4 log CFU/g 이상의 균이 잔존하고 있었다. 식기와 컵은 차아염소산나트륨 용액(유효염소농도 35 ppm) 30초간 처리로는 1.19~1.28 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 정도만 감소하였지만, SEW 30초간 처리로 균이 검출되지 않았다. 고무장갑의 경우 유일하게 대장균군이 검출되었으며 SEW 30초간 처리로 고무장갑 표면의 일반세균과 대장균군은 대조군인 수도수에 비하여 약 2 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 이상 감소하였으나 완전한 살균은 되지 않았다.

### 감사의 글

이 연구는 농림수산식품부(전 해양수산부)의 수산특정기술개발(MNF22004040-3-1-SB010)의 지원을 받아 수행되었으며, 김윤정, 최규덕은 교육과학기술부 2단계 BK21핵심사업의 수혜학생임을 밝히며 사의를 표합니다.

### 문헌

1. Korea Food & Drug Administration. 2009. Information of food poison. <http://e-stat.kfda.go.kr>
2. Bott TR. 1991. Ozone as a disinfecting of raw produce. *Dairy Food Environ Sanitation* 12: 6-9.
3. Cena A. 1998. Ozone: Keep it fresh for food processing. *Water Conditioning Purification* Sept: 112-115.
4. Graham DM. 1997. Use of ozone for food processing. *Food Technol* 51: 72-73.
5. Rice RG, Arquhar FW, Bolyky LJ. 1982. Review of the application of ozone for increasing storage time for perishable foods. *Ozone Sic Eng* 4: 147-163.
6. Sapers GM. 1998. New technologies for safer produce-chemical-based treatments and decontamination by washing. In *Proc. of Fresh Fruits and Vegetables*. Food Safety and Technology, Chicago, USA. May p 12-14.
7. Ong KC, Cash JN, Zabik MJ, Sidding M. 1995. Chlorine and ozone as postharvest wash in the removal of pesticides from apples. In *Book of Abstracts*. Ann. Mtg., Inst. of Food Technologists. p 28.
8. Yamanaka S. 1995. Technology using electrolyzed oxidizing water sanitation. *Food Processing Technology* 15: 103-112.
9. Suzuki T. 1996. Bactericidal effect of electrolyzed water. *Bioindustry* 13: 15-27.
10. Hotta K, Suzuki T. 1999. Electrolyzed water: Formation principle, physicochemical property and function. *Bioscience & Industry* 57: 22-26.
11. Sharma RR, Demirci A. 2003. Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water. *Int J Food Microbiol* 86: 231-237.
12. Park H, Hung YC, Chung DH. 2004. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Int J*

13. Suzuki T. 1998. Electrolyzed water use and safety in the field of food. *Monthly Food Chemical* May: 35-42.
14. Kim C, Hung YC, Brackett RE. 2000. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Int J Food Microbiol* 61: 199-207.
15. Suzuki T. 1999. Strong acid electrolyzed solution: application and problems. *J Antibac Antifung Agents* 27: 487-492.
16. Chyer K, Yen-Con H, Brackett RE. 2000. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Int J Food Microbiol* 61: 199-207.
17. Al-Haq MI, Seo Y, Oshita S, Kawagoe Y. 2002. Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. *Food Res Inter* 35: 657-664.
18. Suzuki T, Itakura J, Watanabe M, Ohta M, Sato Y, Yamaya Y. 2002. Inactivation of staphylococcal enterotoxin-A with an electrolyzed anodic solution. *J Agric Food Chem* 50: 230-234.
19. Suzuki T, Noro T, Kwamura Y, Fukunaga K, Watanabe M, Ohta M, Sugieue H, Sato Y, Kohno M, Hotta K. 2002. Decontamination of aflatoxin-forming fungus and elimination of aflatoxin mutagenicity with electrolyzed NaCl anode solution. *J Agric Food Chem* 50: 633-641.
20. 鈴木鐵也. 1996. 電解處理水による食品衛生管理: 食品殺菌への利用その可能性と課題. *食品と開発* 31: 9-13.
21. Suzuki T. 1997. Challenges and prospects of acidic electrolyzed water use in the food industry. *New Food Industry* 39: 61-66.
22. 久保田昌治. 1995. 強酸化水の開發と利用. *食品と開發* 30: 9-13.
23. Miyashita K, Yasuda M, Ota T, Suzuki T. 1999. Antioxidative activity of cathodic solution produced by the electrolysis of a dilute NaCl solution. *Biosci Biotechnol Biochem* 63: 421-423.
24. 阿知波信夫. 2004. 強酸性電解水および強アルカリ性電解水の利用と普及. *防菌防黴誌* 32: 41-47.
25. Kasai H, Ishikawa A, Hori Y, Watanabe K, Yoshimizu M. 2000. Disinfectant effects of electrolyzed salt water on fish pathogenic bacteria and viruses. *Nippon Suisan Gakkaishi* 66: 1020-1025.
26. Jorquera MA, Valencia G, Eguchi M, Katayose M, Riquelme C. 2002. Disinfection of seawater for hatchery aquaculture systems using electrolytic water treatment. *Aquaculture* 207: 213-334.
27. Korea Food & Drug Administration. 2009. 식품첨가물의 기준 및 규격 고시 (고시 제 2009-168호). 3. 기구 등의 살균소독제. 6 차아염소산수. <http://www.kfda.go.kr/index.kfda?mid=92&page>
28. APHA. 1970. *Recommended procedures for the bacteriological examination of sea water and shellfish*. 4th ed. American Public Health Association, Inc., Washington, DC, USA. p 10-105.
29. Hotta K. 2001. The use of acidic electrolyzed water for sanitary or hygienic measure in food and medical field. *Food Processing & Ingredients* 36: 10-12.

(2010년 1월 25일 접수; 2010년 5월 3일 채택)