

## 전기분해수 세척에 따른 배추의 미생물 및 잔류농약 제거효과

성정민 · 박기재 · 임정호 · 정진웅\*  
한국식품연구원

### Removal Effects of Microorganism and Pesticide Residues on Chinese Cabbages by Electrolyzed Water Washing

Jung-Min Sung, Kee-Jai Park, Jeong-Ho Lim, and Jin-Woong Jeong\*  
Korea Food Research Institute

**Abstract** This study investigated the washing efficiency of electrolyzed water for the removal of microorganisms and pesticide residues from Chinese cabbage. Initial total bacteria and coliform counts were 6.64 and 3.56 log cfu/g respectively. After washing, total bacteria count of tap water (TW) were 5.97 log cfu/g and low alkaline electrolyzed water (LAIEW) and strong acidic electrolyzed water (SAcEW) were 1.63-4.67 log cfu/g. Especially SAcEW-100 was found to be the most effective method of washing the cabbages. After washing, the coliform count was dramatically reduced. The removal rate of pesticide residues by NaClO treatment (36.93-50.13%) was greater than that of TW treatment (32.28-38.46%). The removal rate of LAIEW-100 and SAcEW-100 was 63.79 and 78.30% respectively, and was higher than those of TW and NaClO treatments. The vitamin C content of the Chinese cabbages after all treatments did not differ significantly. Consequentially, the electrolyzed water was found to be effective to remove bacteria and pesticide residues from Chinese cabbage without affecting quality.

**Keywords:** microorganism, pesticide residue, electrolyzed water, washing, vitamin C

## 서 론

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*)의 원산지는 중국 북부이며 십자화과에 속하는 두해살이 잎줄기 채소로 우리나라 엽채류 생산의 절반 이상을 차지하는 주요 농작물이다(1,2). 배추의 생산량은 연간 약 240만톤으로 전국에서 골고루 재배되나 강원, 경기, 전남, 전북 지역에서 주로 재배된다. 봄배추는 김해, 해남 등지에서, 여름 배추는 강원도에서, 김장(가을)배추는 당진, 화성, 양주, 서산, 청원 등에서 주로 생산된다(3). 배추는 주로 고랭지 지역에서 대규모의 재배가 이루어지고 있기 때문에 서늘한 기후와 비료의 과잉으로 인하여 작물이 연약하게 자라 진딧물 및 배추 흰나비 등의 병해충에 의한 피해가 심각하다. 이 때문에 농산물의 생산성과 품질의 향상을 위해 농약을 방제하고 있으며(4), 강원도 고랭지배추 경작지의 경우, 농민들이 병해충의 방제를 위하여 농약에 의존하며 농약안전사용기준 미준수와 같은 농약의 오·남용이 심각한 것으로 보고하였다(5). Cho와 Moon의 연구(6)에 따르면 농민들의 50% 이상이 농약 사용기준을 준수하지 않을 뿐 아니라 추천 사용량의 2배 정도 처리하는 농민이 47.7%로

나타나는 것으로 보고하였다. 농약의 사용으로 생산량 증가라는 유익성을 주지만 독성이 강한 농약들로 인해 소비자들에게 직간접적인 위해를 줄 뿐 아니라 나아가 환경 오염, 생태계 파괴의 문제도 내포하고 있다.

배추와 같이 토양에서 재배되는 농산물은 재배 시 토양 미생물의 오염에 의해 품질 저하가 일어난다. 신선 농산물에 여러 경로로 오염된 미생물은 세척 시 제거되지 않고 물에 닿기 어려운 틈새 및 표면의 상처 등에서 살아남아 높은 농도로 생육할 수 있으며, 특히 비가열조리 신선 농산물은 가열 단계가 없이 섭취되기 때문에 여러 병원성 미생물에 의한 높은 식중독의 위험성을 가지고 있다(7). 김치나 절인 배추의 주재료로 이용되고 있는 배추는 가열 처리 없이 생으로 섭취를 하기 때문에 미생물이나 농약 등의 안전성에 문제가 생길 수 있다. 과일이나 채소의 미생물 수를 줄이기 위해 다양한 종류의 살균제를 사용하고 있으며, 이중 염소 용액을 대표적인 살균소독제로 사용하고 있다. 염소 용액은 항균작용의 광범위성이나 속효성에서 인정받고 있으나 THM (Trihalomethanes), 염화페놀 등의 독성물질이 생성되어 환경과 건강에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(8). 반면, 수도수에 소량의 식염을 가한 후 전기 분해하여 얻은 전기 분해수는 처리대상의 제약이 적으며 잔류물이 없고 물 자체의 오염에 따른 2차적인 오염 가능성이 없다(7). 또한 전기분해수의 강력한 살균력은 식품산업의 현장에 있어서 식중독 원인 미생물의 제거, 식품 소재의 살균 등 식품의 안전성 확보를 위한 유효한 수단으로 인정되었다(9).

따라서 본 연구에서는 전기분해수를 이용하여 배추의 미생물학적 저해효과와 잔류농약 제거효과를 살펴보았다.

\*Corresponding author: Jin-Woong Jeong, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9137  
Fax: 82-31-780-9144  
E-mail: jwjeong@kfri.re.kr  
Received March 28, 2012; revised May 29, 2012;  
accepted August 8, 2012

## 재료 및 방법

### 실험 재료 및 처리 방법

본 연구에 사용된 재료는 2011년 6월 강원도 태백에서 수확된 ‘춘광’ 품종의 배추를 이용하였다. 평균 구고는 26.33 cm, 구폭은 16.67 cm이며 무게는 2.85 kg이었다. 세척 방법으로는 무세척, 수돗물(tap water, TW), 차아염소산나트륨(NaClO) 용액, 강산성 전해수(Strong acidic electrolyzed water, SAcEW) 및 약알칼리 전해수(Low alkaline electrolyzed water, LAIEW)를 사용하였으며, 유효염소 함량은 각각 50, 100 ppm 농도로 이용하였다. 세척 방법은 배추 무게 10배의 세척수에 10분 동안 침지한 후 시험에 사용하였다. 잔류농약 제거효과를 알아 보기 위해 농약을 사용하지 않는 시료의 사용량에 따라 증류수에 용해하여 2 L의 희석액에 1분 정도 침지 후 24시간 동안 건조하여 세척수별로 세척한 다음 농약 잔류량을 분석하였다. 사용된 농약 성분은 살충제로 chlorpyrifos, prothiofos와 deltamethrin 이다(Table 1).

### 산화환원 전위(ORP) 및 차아염소산(HClO) 농도

산화환원전위는 ORP(Oxidation-Reduction Potential) meter(RE-12P, TOA Electronics, Tokyo, Japan) 사용하여 측정하였으며, 차아염소산 함량은 식품 공전에 따라 전기분해수 50 mL에 KI 2 g, acetic acid 10 mL와 전분지시약을 몇 방울 가하여 흑갈색이 되도록 한 후 0.1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 용액으로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 농도를 측정하였다. pH는 pH meter(AB 15 Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)로 측정하였다.

### 미생물 측정

배추 30 g을 멸균백에 넣고 무게의 10배의 멸균된 0.85% saline 용액을 넣어 stomacher로 1분간 균질시킨 후 각각의 시료액을 1 mL씩 취하여 9 mL의 멸균된 0.85% saline 용액으로 희석하여 페트리디쉬에 1 mL씩 넣은 후 pouring method로 실험하였다. 배지는 총균수는 plate count agar를, 대장균수는 chromacult agar (Merck, Darmstadt, Germany)를 사용하였으며 배지를 부은 후 37°C에서 24시간 배양한 후 colony수를 측정하여 colony forming unit(cfu)으로 표시하였다.

### 잔류농약 분석 및 회수율 측정

세척처리에 따른 시료의 추출, 정제 및 잔류농약 분석은 식품 공전(10) 방법으로 하였다. 배추 50 g을 300 mL beaker에 담고 100 mL acetonitrile 을 넣어 균질기로 1분간 균질화한 후 감압 여과한다. 여과액을 NaCl 10 g이 담긴 분리병에 담고 1분간 진탕한 후 층 분리가 되도록 3시간 방치하였다. 분리된 상층액 20 mL을 취하여 40°C 이하의 수욕조 중에서 질소가스를 통과시키면서 소

Table 2. GC condition for the analysis of the pesticide residue

Instrument	GC2010 (Shimadzu, Tokyo, Japan)
Detector	ECD
Column	DB-5 (30 m×0.25 mm× 0.25 μm)
Injector temp.	260°C
Detector temp.	280°C
Oven temp.	120°C 2 min (10°C/min) 220°C 2 min (7°C/min) 250°C 2 min (7°C/min) 280°C 15 min
Carrier gas	N <sub>2</sub>
Column flow	1.0 mL/min
Split ratio	ECD:split mode 20:1
Injection volume	2 μL

량 남을 때까지 농축한 후 일정액으로 정용하였다. 정제를 위해 Florisil cartridge(Waters Co., Milford, MA, USA)를 활성화 하였다. Florisil cartridge 에 hexane 5 mL와 20% acetone/hexane 5 mL를 통과시킨 후 농약 추출액을 cartridge 상단에 넣고 용출시켰다. 용출액은 다시 농축하여 20% acetone/hexane으로 일정량으로 하여 GC 시험용액으로 사용하였다(Table 2). 회수율 측정은 동일시료 50 g에 농약 표준용액을 1 ppm씩 넣어 혼합한 다음 동일한 방법으로 분석하였다. 회수율은 농약 첨가량에 대한 %로 산출하였다.

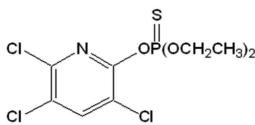
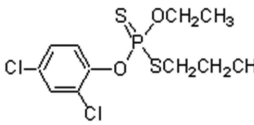
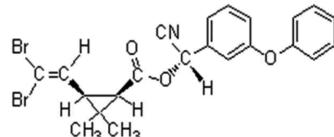
### 비타민 C 측정

비타민 C 함량은 식품공전(11)에 의한 방법으로 동결 건조된 시료 0.2 g에 5% metaphosphoric acid(HPO<sub>3</sub>) 용액 20 mL을 가하고 blender(KA-2600, Kaiser, Seoul, Korea)로 1분간 중속으로 균질화 시킨 고 원심분리기(Centrifon T-324, Kontron Instruments, Milan, Italy)를 이용하여 8,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 0.45 μm filter로 여과한 후 적당히 희석하여 HPLC 에 주입하여 분석하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO., USA)를 사용하였다. Column은 μ-Bondapak C<sub>18</sub>(125Å, 3.9×300 mm, 10 μm; Waters Co.)를 사용하였고, solvent 조건은 water 1 L에 methanol, acetic acid 각각 10 mL씩, 1-hexane sulfate sodium을 1 g을 첨가하였다. Flow rate는 0.8 mL였으며, 검출파장은 254 nm, injection volume은 20 μL였다.

### 통계처리

실험결과의 통계처리는 SAS system(Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며 각 처리구간 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

Table 1. General information of the pesticides used in this study

Pesticide	Chlorpyrifos	Prothiofos	Deltamethrin
Structure			
Formula	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS	C <sub>11</sub> H <sub>15</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>2</sub> PS <sub>2</sub>	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>
M.W. <sup>1)</sup>	350.6	345.2	505.2
MRS <sup>2)</sup> (ppm)	0.5	0.05	0.5

<sup>1)</sup>M.W. : molecular weight; <sup>2)</sup>MRLs : maximum residue limit.

## 결과 및 고찰

### 세척수의 이화학적 특성

본 연구에 사용된 세척수의 종류는 차아염소산나트륨 용액 (NaOCl), 강산성 전해수(SAcEW), 약알칼리성 전해수(LAIEW)로 초기 유효염소 농도는 각각 47.52-56.73과 93.61-106.00 ppm 수준이었다(Table 3). 세척 동안 농도가 감소하는 경향을 보였으며 특히 SAcEW-50, 100 처리구의 차아염소산 농도가 초기에 비해 10% 수준 감소하여 가장 높은 감소를 나타냈다. 전해수는 소량의 식염을 TW에 첨가, 전기분해 하는 것으로 얻어지는데, 희석된 NaCl은 전해수 장치 내부의 양극과 음극을 통과하여 전기 분해를 통해 살균 유효 성분인 차아염소산을 생성한다. 전기 분해시 증류수에 용해된 NaCl은 음성의 Cl<sup>-</sup>와 양성의 Na<sup>+</sup>로 분해되며 동시에 OH<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>도 생성된다. Cl<sup>-</sup>와 OH<sup>-</sup>와 같은 음이온은 전자를 잃고 양극으로 이동하여, O<sub>2</sub>기체, Cl<sub>2</sub>기체, OCl<sup>-</sup>, HOCl과 염산을 생성하며 H<sup>+</sup>와 Na<sup>+</sup> 같은 양이온은 전자를 얻어 음극으로 이동하여, H<sub>2</sub>, NaOH를 생성하게 된다(12). 염소 화합물 중 가장 많이 생성되는 형태는 HClO으로 미생물 살균에 가장 효과적이며 같은 농도의 ClO<sup>-</sup> 보다 80배 이상 살균력을 가진다(13). SAcEW의 경우 SAcEW-100의 세척 10분 경과 후 79.76 ppm로 초기에 비해 15% 이상 감소하였으며 NaClO-100과 LAIEW-100은 각각 7.6과 6.3% 감소하였다. pH는 TW의 경우 초기 7.55 수준이었으며 세척 10분 후 7.34 수준으로 다소 감소하는 경향을 나타내었다. NaClO-100과 LAIEW-100의 경우 초기에 pH 9.55와 pH 9.05 수준에서 세척 10분 후 각각 pH 9.03과 pH 8.58으로 감소하여 다

른 처리수들에 비해 높은 감소를 나타내었으며 SAcEW-50, 100은 초기 pH 3.31-3.62로 강산성 수준이었으며 세척 동안 큰 변화가 없었다. TW의 초기 ORP의 경우 606 mV로 NaClO와 LAIEW의 753-771 mV와 비슷한 수준을 나타낸 반면 SAcEW의 경우 1137-1150 mV로 높은 수준을 나타내었다. 세척동안 TW와 SAcEW의 경우, 감소하였으나 NaClO와 LAIEW의 경우 다소 증가하는 경향을 보였다. 높은 ORP는 미생물 세포막을 공격하여 방어기전에 손상을 입히게 된다(14). 호기성균 증식에 적당한 ORP는 200-800 mV이며 -200-400 mV 범위는 혐기성균의 증식에 적당한 것으로 알려져 있다(15).

### 미생물

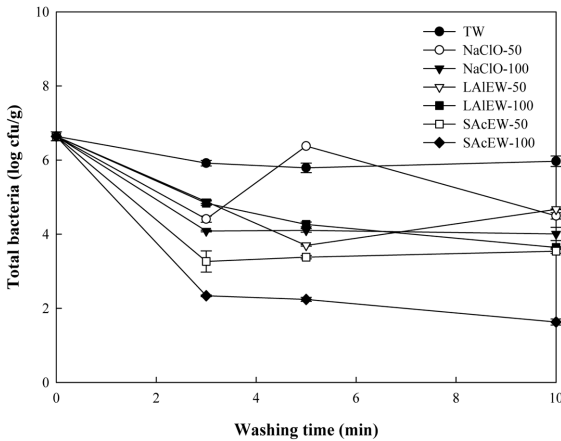
세척에 의한 미생물 제어 결과, 초기 총균수는 6.64 log cfu/g 수준이었으며 세척 동안 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). TW 처리구의 경우 세척 10분 후 5.97 log cfu/g 수준이었으나 세척수 처리구의 경우 세척 3분 경과 2.34-4.88 log cfu/g으로 TW보다 효과가 높음을 알 수 있었다. NaClO 처리구의 총균수는 4.01-4.67 log cfu/g으로 TW 처리구에 비해 높은 감소를 보였으나 LAIEW와 SAcEW 처리구보다는 낮은 감소를 나타내었다. 기존의 소독제로 많이 사용하고 있는 NaClO 용액에 비해 전해수의 살균 효과는 뛰어난 것을 확인할 수 있었으며 Građa 등의 연구(16)에서도 비슷한 결과를 나타내었다. 특히 SAcEW 처리구의 경우 세척수들 가운데 가장 높은 감소 효과를 보였으며 세척 10분 경과 후 1.63 log cfu/g으로 5 log cfu/g 이상의 감소를 나타내었다. SAcEW-50 처리구는 NaClO-100 처리구에 비해 감소효과가 높았으며 전해수

Table 3. Change on physicochemical properties of the washing water

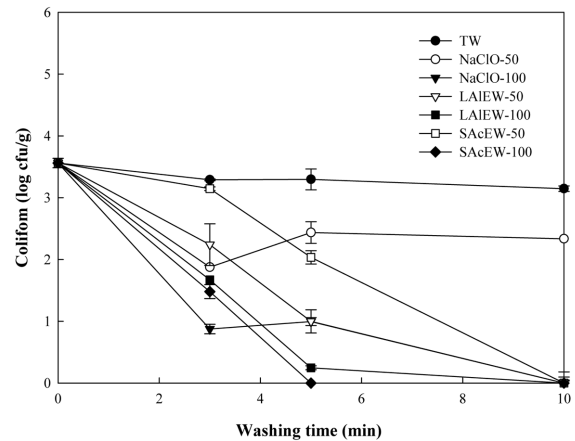
Treatment <sup>1)</sup>	Washing time(min)				
	0	3	5	10	
HClO (ppm)	TW	-	-	-	-
	NaClO-50	56.73±1.27 <sup>a2)</sup>	58.15±0.40 <sup>a</sup>	56.02±1.52 <sup>a</sup>	52.65±1.05 <sup>b</sup>
	NaClO-100	106.00±0.80 <sup>a</sup>	97.86±1.34 <sup>b</sup>	97.86±1.54 <sup>b</sup>	90.77±1.14 <sup>c</sup>
	LAIEW-50	47.52±1.29 <sup>ns</sup>	46.10±0.85	46.80±1.20	46.98±1.62
	LAIEW-100	99.29±0.71 <sup>ab</sup>	99.99±2.31 <sup>a</sup>	92.96±6.24 <sup>b</sup>	97.16±2.04 <sup>ab</sup>
	SAcEW-50	51.06±0.94 <sup>a</sup>	46.09±2.11 <sup>b</sup>	43.97±2.53 <sup>b</sup>	43.26±1.94 <sup>b</sup>
	SAcEW-100	93.61±1.95 <sup>a</sup>	81.56±6.44 <sup>b</sup>	81.56±7.04 <sup>b</sup>	79.43±0.84 <sup>b</sup>
pH	TW	7.55±0.10 <sup>ns</sup>	7.40±0.06	7.43±0.26	7.34±0.06
	NaClO-50	9.54±0.01 <sup>a</sup>	9.12±0.03 <sup>b</sup>	8.96±0.03 <sup>b</sup>	8.89±0.04 <sup>b</sup>
	NaClO-100	9.55±0.12 <sup>a</sup>	9.10±0.01 <sup>b</sup>	9.04±0.01 <sup>b</sup>	9.03±0.08 <sup>b</sup>
	LAIEW-50	8.77±0.05 <sup>ns</sup>	8.60±0.05	8.61±0.05	8.70±0.02
	LAIEW-100	9.05±0.01 <sup>a</sup>	8.88±0.08 <sup>b</sup>	8.80±0.08 <sup>b</sup>	8.58±0.02 <sup>c</sup>
	SAcEW-50	3.62±0.03 <sup>ns</sup>	3.60±0.06	3.60±0.06	3.61±0.06
	SAcEW-100	3.31±0.02 <sup>ns</sup>	3.32±0.01	3.32±0.01	3.32±0.03
ORP (mV)	TW	606±6.00 <sup>a</sup>	456±7.55 <sup>b</sup>	398±1.00 <sup>c</sup>	364±1.00 <sup>d</sup>
	NaClO-50	771±16.00 <sup>ns</sup>	770±25.00	780±15.00	776±9.00
	NaClO-100	753±33.00 <sup>ns</sup>	759±30.00	774±7.00	774±9.00
	LAIEW-50	763±21.00 <sup>b</sup>	811±14.29 <sup>a</sup>	823±10.00 <sup>a</sup>	821±10.00 <sup>a</sup>
	LAIEW-100	770±10.00 <sup>c</sup>	795±14.00 <sup>b</sup>	799±2.00 <sup>ab</sup>	814±8.00 <sup>a</sup>
	SAcEW-50	1137±5.00 <sup>ns</sup>	1130±80.00	1129±6.00	1128±7.00
	SAcEW-100	1150±4.00 <sup>ns</sup>	1145±5.00	1142±8.00	1141±6.00

<sup>1)</sup>TW: Tap water, NaClO-50: NaClO aqueous solution containing 50 ppm concentration of available chlorine, NaClO-100: NaClO aqueous solution containing 100 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-50: low alkaline electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-100: low alkaline electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-50: strong acidic acid electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-100: strong acidic acid electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine.

<sup>2)</sup>Means with different letters (a-d) in a row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.



**Fig. 1. Effects of washing treatment on total bacterial count in Chinese cabbage.** TW: Tap water, NaClO-50: NaClO aqueous solution containing 50 ppm concentration of available chlorine, NaClO-100: NaClO aqueous solution containing 100 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-50: low alkaline electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-100: low alkaline electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-50: strong acidic acid electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-100: strong acidic acid electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine.

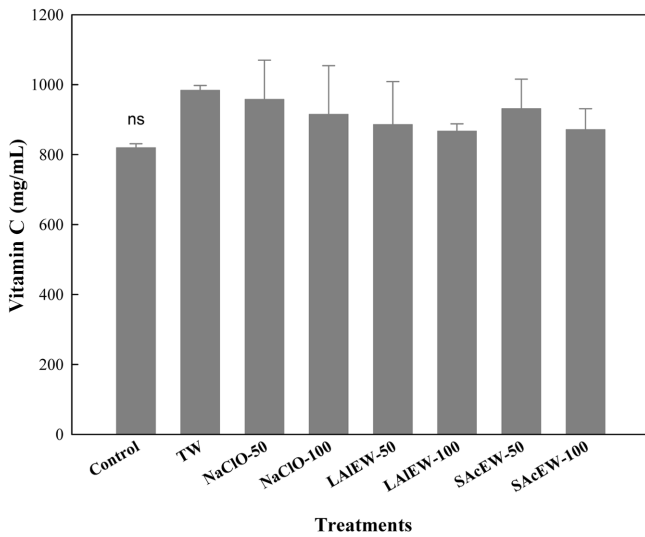


**Fig. 2. Effects of washing treatment on coliform count in Chinese cabbage.** TW: Tap water, NaClO-50: NaClO aqueous solution containing 50 ppm concentration of available chlorine, NaClO-100: NaClO aqueous solution containing 100 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-50: low alkaline electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-100: low alkaline electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-50: strong acidic acid electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-100: strong acidic acid electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine.

를 이용한 사과와 배의 세척 효과에 대한 연구에서도 50 ppm 농도의 산성 전해수가 100 ppm 농도 NaClO 용액과 비슷하거나 높은 효과를 보였다고 보고하였다(16). 대장균의 경우 초기 3.56 log cfu/g 수준이었으며 TW 처리구의 경우 총균수와 유사한 감소 경향을 보였다(Fig. 2). 세척 10분 경과 후 NaClO 처리구는 0-2.33 log cfu/g로 감소하였으며 LAIEW-50, 100과 SAcEW-50, 100 처리구는 대장균이 검출되지 않았다. 특히, SAcEW-100 처리구의 경우 세척 5분 경과 후 대장균이 모두 제어된 것으로 나타났다. 농도별 미생물 제어효과는 세척수의 농도가 높을수록 높은 것으로 나타났다. 총균수의 경우 10분 경과 후, 세척수의 종류에 관계없이 농도 50 ppm의 경우 1.97-3.10 log cfu/g 감소하였으며 100 ppm의 경우 2.63-5.01 log cfu/g 감소한 것으로 나타났다. 결과적으로 세척수 처리구가 TW 처리구보다 효과가 높았으며 세척수 가운데서도 SAcEW 처리구가 가장 높게 나타났다. 이는 높은 산화 환원전위(ORP)로 인한 세포막의 손상으로 HOCI이 쉽게 침투하여 산화작용으로 미생물 제어를 할 수 있기 때문이다(14). 세척수의 종류에 관계없이 농도가 높을수록 미생물 제어효과가 높았다. 시간에 경과에 따른 미생물 제어효과는 총균의 경우 NaClO, SAcEW, LAIEW-50 처리구는 3분 경과 후 급격히 감소하였으며, 그 이후 비슷한 수준을 유지하였으며 SAcEW-100 처리구는 10분 처리시까지 유의적인 감소를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 대장균의 경우 모든 처리구에서는 10분 처리동안 유의적인 감소를 나타내었으며 TW 처리구와 NaClO 처리구를 제외하고 10분 경과 후 모두 제어되었다. Suzuki 등(17)은 양상추의 경우, 미생물 제어를 위해 약산성수에 10분 동안 침지하면 충분하다고 보고하였으며 Soli 등(18)은 5분간 침지하면 충분하다고 보고하였다. Lin 등(19)은 엽채류와 오이를 유효 염소농도가 50 ppm인 강산성수에 15분 이상 침지하였더니 화학적 장애가 발생하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과 미생물 제어를 위해 전해수 세척시 10분 동안 침지할 경우 효과적일 것으로 판단된다.

**잔류농약**

시험에 사용된 잔류농약 성분은 chlorpyrifos, prothiofos 및 deltamethrin이었으며 회수율은 각각 95.61, 103.53 및 96.38%이었다. 농약은 현대농업에 있어서 필수적인 농업자재로 농산물의 생산성 제고, 품질향상 및 풍요로운 먹거리 공급뿐만 아니라 노동력과 농업생산비를 절감시켜주는 장점이 있다. 지구상의 농약이 없을 경우 전체의 30-80%의 농산물 생산만이 가능하게 될 것으로 보고되었다(20). 하지만 농약은 환경을 오염시키며 건강을 해칠 수 있다. 유기인계 농약은 아세틸콜린에스테라아제라는 효소를 억제하여 충추신경계의 전달에 문제를 일으킬 수 있다(21). 채소류의 잔류농약을 조사한 연구 결과 농약 검출건수가 엽채류가 가장 많았으며 그 중 배추는 전체 엽채류의 7.1%가 검출되었으며 1.8%가 농약 잔류허용기준(MRLs)을 초과하였다고 보고하였다(22). Seung 등의 연구(23)에서도 배추의 잔류농약 분석 결과, 327개의 배추 샘플 중 66개의 샘플에서 농약이 검출되었으며 2개의 샘플이 MRLs를 초과한 것으로 보고하였다. MRLs는 법적 허용량으로서 식품에 존재 가능한 최대 잔류 한도(maximum residue limit)를 뜻하며(24) 식품공전에 따르면 배추의 경우 chlorpyrifos, prothiofos 및 deltamethrin의 MRLs는 각각 0.5, 0.05 및 0.5 ppm이다. 침지 처리구 잔류농약의 농도는 1.13, 1.91과 0.67 ppm이며 TW 처리한 결과 0.77, 1.25 및 0.41 ppm 수준으로 32.28-38.46% 감소 결과를 나타내었다(Table 4). Jegal 등의 연구(25) 결과 배추를 TW에 세척한 결과 유기인계 농약의 제거율은 19.4-41.0%로 본 연구와 비슷한 수준을 나타내었다. 세척 처리 후 chlorpyrifos 제거효과는 NaClO-50 처리구를 제외한 모든 처리구는 TW 처리구에 비해 유의적으로 높은 감소 효과를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 특히 LAIEW-100, SAcEW-100 처리구들의 경우 감소율이 61.24-68.73%로 TW 처리구에 비해 두 배 이상의 감소를 보였다. Choi 등의 연구(7)에서 사과와 배의 잔류농약 제거효과에서 TW에 비해 전해수, 염소수, 오존수, 및 초산용액이 효과적이며, 농산물에 많이 사용



**Fig. 3. Vitamin C contents of Chinese cabbage with various washing methods.** Control: no washing, TW: Tap water, NaClO-50: NaClO aqueous solution containing 50 ppm concentration of available chlorine, NaClO-100: NaClO aqueous solution containing 100 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-50: low alkaline electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-100: low alkaline electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-50: strong acidic acid electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-100: strong acidic acid electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine.

되고 있는 chlorpyrifos의 경우 전해수 처리시 53.7% 감소하여 가장 높은 감소율을 나타내었다고 보고하였다. Prothiofos 결과 NaClO-100 처리구의 감소율은 48.09%이며 LAIEW-100과 SAcEW-100 처리구는 각각 65.86과 74.06%로 잔류농약 제거효과는 SAcEW>LAIEW>NaClO 순서로 나타났다. Deltamethrin 또한 위의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. NaClO-50 처리구의 deltamethrin 감소율은 36.93%로 TW 처리구 38.46%와 유사한 결과를 나타내었으나 다른 처리구들은 41.96-78.30%로 TW 처리구에 비해 높은 감소 결과를 나타내었다. 100 ppm 농도 처리구들의 감

소율은 50.13-78.30%로 50 ppm 농도 처리구의 감소율 36.93-54.30%에 비해 1.38배 이상의 효과를 보였다. 전해수의 잔류농약 분해는 이산화염소수와 오존과 마찬가지로 강력한 산화제로써 농약의 이중결합에 작용하는 것으로 판단된다(26).

### 비타민 C

세척 처리하지 않은 처리구의 비타민 C 함량은 81.94 mg/mL 수준이었으며 세척 처리 후 비타민 C 함량은 88.63-98.41 mg/mL 으로 처리구들간에 유의적인 차이를 보이지는 않았다(Fig. 3). 유자 세척시 세척 방법에 의한 비타민 C의 차이는 없었으며(27), 쌈채소의 세척에 대한 연구에서 염소, 초음파 및 오존수를 이용하여 세척할 경우 TW의 일반세척과 마찬가지로 비타민 C 함량에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다(28).

## 요 약

위생적인 배추 생산을 위해 전기분해수를 이용하여 미생물 저해효과와 잔류농약 제거효과에 대해 연구하였다. 대조구는 TW로 세척하였으며, 상업적으로 많이 사용되고 있는 NaOCl 용액으로 세척하여 비교하였다. 배추의 초기 총균수와 대장균균수는 각각 6.64, 3.56 log cfu/g 수준이었으며 침지 시간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 10분 경과 후, TW 처리구는 5.97 log cfu/g 수준이었으며 LAIEW와 SAcEW 처리구는 1.63-4.67 log cfu/g 수준으로 감소하였다. 특히 SAcEW-100처리구는 1.63 log cfu/g 수준으로 초기에 비해 5 log scale 이상 감소하여 가장 높은 효과를 나타내었다. 대장균균수는 초기에 3.56 log cfu/g 수준에서 10분 경과 후, TW와 NaOCl-50 처리구를 제외하고 검출되지 않았다. 잔류농약의 경우, 초기 chlorpyrifos, prothiofos 및 deltamethrin 함량은 각각 1.13, 1.91 및 0.67 ppm이었다. 세척 후, TW 처리는 32.28-38.46% 감소하였으며 NaOCl 처리구의 감소율은 36.93-50.13%으로 TW의 1.5배 수준 감소하였다. LAIEW-100 처리구와 SAcEW-100 처리구의 감소율은 63.79-78.30% 감소하여 TW와 NaOCl 처리구에 비해 효과적이었다. 비타민 C함량은 세척수에 따른 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 전기분해수는 품질에 영향을 주지 않으면서 미생물 제어와 잔류농약 제거에 효과가 있는 것으로 나타났다.

**Table 4. Pesticide residue and removal rate of Chinese cabbage with various washing methods**

Treatments <sup>1)</sup>	Chlorpyrifos		Prothiofos		Deltamethrin	
	Removal rate (%)	Pesticide residues (ppm)	Removal rate (%)	Pesticide residues (ppm)	Removal rate (%)	Pesticide residues (ppm)
Initial		1.13±0.05 <sup>a</sup>		1.91±0.13 <sup>a</sup>		0.67±0.01 <sup>a</sup>
TW	32.28±5.74 <sup>c2)</sup>	0.77±0.07 <sup>b</sup>	34.59±5.26 <sup>c</sup>	1.25±0.10 <sup>b</sup>	38.46±9.12 <sup>e</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>
NaClO-50	42.47±5.34 <sup>bc</sup>	0.65±0.06 <sup>bc</sup>	46.76±6.35 <sup>bc</sup>	1.02±0.12 <sup>b</sup>	36.93±0.10 <sup>de</sup>	0.42±0.03 <sup>b</sup>
NaClO-100	48.07±9.79 <sup>b</sup>	0.59±0.11 <sup>c</sup>	48.09±7.68 <sup>bc</sup>	0.99±0.15 <sup>bc</sup>	50.13±3.80 <sup>cd</sup>	0.33±0.05 <sup>cd</sup>
LAIEW-50	48.71±7.17 <sup>b</sup>	0.58±0.08 <sup>c</sup>	48.85±9.24 <sup>bc</sup>	0.98±0.18 <sup>bc</sup>	41.96±8.16 <sup>cde</sup>	0.39±0.05 <sup>cd</sup>
LAIEW-100	63.79±9.01 <sup>a</sup>	0.41±0.10 <sup>d</sup>	65.86±11.12 <sup>a</sup>	0.65±0.21 <sup>d</sup>	65.97±1.26 <sup>ab</sup>	0.23±0.01 <sup>e</sup>
SAcEW-50	61.24±1.03 <sup>a</sup>	0.44±0.01 <sup>d</sup>	61.68±6.95 <sup>ab</sup>	0.73±0.13 <sup>cd</sup>	54.30±8.61 <sup>bc</sup>	0.31±0.06 <sup>d</sup>
SAcEW-100	68.94±4.10 <sup>a</sup>	0.35±0.05 <sup>d</sup>	74.06±8.01 <sup>a</sup>	0.50±0.15 <sup>d</sup>	78.30±5.19 <sup>a</sup>	0.15±0.03 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup>TW: Tap water, NaClO-50: NaClO aqueous solution containing 50 ppm concentration of available chlorine, NaClO-100: NaClO aqueous solution containing 100 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-50: low alkaline electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, LAIEW-100: low alkaline electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-50: strong acidic acid electrolyzed water containing 50 ppm concentration of available chlorine, SAcEW-100: strong acidic acid electrolyzed water containing 100 ppm concentration of available chlorine.

<sup>2)</sup>Means with different letters (a-f) in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

## 문헌

1. Higdonm JV, Delage B, Williams DE, Dashwood RH. Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. *Pharmacol. Res.* 55: 224-236 (2007)
2. Hwang ES. Changes in myrosinase activity and total glucosinolate levels in Korean Chinese cabbages by salting conditions. *Korean J. Food Cookery Sci.* 26: 104-109 (2010)
3. Park RS. *Food Materials*. Kyomunsa, Seoul, Korea. p. 65 (2005)
4. Heo SJ, Ah JS, Kim JY, Kim JG, Hur JH. Residual analysis and risk assessment of acephate in Korean cabbage. *J. Agric. Life Sci.* 22: 43-49 (2010)
5. Kim SM, Choi HJ, Kim HY, Lee DK, Kim TH, Ahn MS, Hur JH. Survey on pesticide use by Chinese cabbage growers in Gangwon alpine farmland. *Korean J. Pesticide Sci.* 6: 250-256 (2002)
6. Cho TS, Moon YH. Recognition of farmer and urban resident on pesticide toxicity. *Korean J. Pesticide Sci.* 4: 48-55 (2000)
7. Choi SY, Cho MA, Hong YP. Effects of washing treatments with different components in removal of pesticide residues and microorganisms in 'Fuji' apple. *Korean J. Hortic. Sci.* 26: 251-257 (2008)
8. Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW. Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid on reduction of *salmonella typhimurium* on sprouting radish seeds. *Korean J. Food Preserv.* 15: 754-759 (2008)
9. Kim MH, Jeong JW, Cho YJ. Comparison of characteristics on electrolyzed water manufactured by various electrolytic factors. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 416-422 (2004)
10. KFDA. Food Code. Method 10-15-5-1. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea (2008)
11. KFDA. Food Code. Method 10-11-2-10. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea (2008)
12. Kim YS, Park IS, Ha SD. Application sanitizer for the control of microorganisms in food. *Food Sci. Ind.* 42: 26-51 (2009)
13. Cui X, Shang Y, Shi Z, Xin H, Cao W. Physicochemical properties and bactericidal efficiency of neutral and acidic electrolyzed water under different storage conditions. *J. Food Eng.* 91: 582-586 (2009)
14. Issa-Zacharia A, Kamitani Y, Miwa N, Muhimbula H, Iwasaki K. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. *Food Control* 22: 601-607 (2011)
15. Warriner K, Ibrahim F, Dickinson M, Wright C, Waites W M. Internalization of human pathogens within growing salad vegetables. *Biotechnol. Genet. Eng.* 20: 117-134 (2003)
16. Graça A, Abadias M, Salazar M, Nunes C. The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples. *Postharvest Biol. Tec.* 61:172-177 (2011)
17. Suzuki K, Nakamura T, Doi T, Kokubo S, Tomita M. The disinfectant effect of slightly acidic electrolyzed water prepared with hydrochloric acid as a raw material for lettuce. *J. Antibact. Antifungal Agent.* 33: 589-597 (2005)
18. Soli KW, Yoshizum A, Motomatsu A, Yamakawa M, Yamasaki M, Mishima T. Decontamination of fresh produce by the use of slightly acidic hypochlorous water following pretreatment with sucrose fatty acid ester under microbubble generation. *Food Control* 21: 1240-1244 (2010)
19. Lin CS, Wu C, Yen JY, Saalia FK. The evaluation of electrolyzed water as an agent for reducing micro-organisms on vegetables. *Int. J. Food Sci. Tech.* 40: 495-500 (2005)
20. Zuin VG, Vilegas JHY. Pesticide residues in medicinal plants and phytomedicines. *Phytother. Res.*14: 73-88 (2000)
21. Jang MR, Moon HK, Kim TR, Yuk DH, Kim EH, Hong CK, Choi CM, Hwang IS, Kim JH, Kim MS. The survey on pesticide residues in vegetables collected in Seoul. *Korean J. Pesticide Sci.* 15: 114-124 (2011)
22. Seung HJ, Park SK, Ha KT, Kim OH, Choi YH, Kim SJ, Lee KA, Jang JI, Jo HB, Choi BH. Survey on pesticide residues in commercial agricultural products on the northern area of Seoul. *J. Fd Hyg. Safety* 25: 106-117 (2010)
23. Lee MK, Shim JH, Ko SH, Chung HR. Research trends on the development of scientific on the domestic maximum residue limits of pesticides. *Food Sci. Ind.* 43: 41-65 (2010)
24. Jegal SA, Han YS, Kim SA. Organophosphorus pesticides removal effect in rive and Korean Cabbages by washing and cooking. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 410-414 (2000)
25. Kim KR, Song KB. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the decomposition of pesticide residues. *J. Korean Soc. Food Sic. Nutr.* 38: 601-605 (2009)
26. Sung JM, Kwon KH, Kim JH, Jeong JW. Effect of washing treatments on pesticide residues and antioxidant compounds in *yuja*. *Food Sci. Biotechnol.* 20: 767-774 (2011)
27. Oh SY, Choi ST, Kim JG, Lim CI. Removal effects of washing treatments on pesticide residues and microorganisms in leafy vegetable. *Korean J. Sci. Technol.* 23: 250-255 (2005)