

전기분해수 및 이산화염소수 처리에 따른 배추의 미생물 제어 효과

박성순 · 성정민 · 정진웅 · 박기재 · 임정호*

한국식품연구원

Efficacy of Electrolyzed Water and Aqueous Chlorine Dioxide for Reducing Pathogenic Microorganism on Chinese Cabbage

Seong Soon Park, Jung Min Sung, Jin Woong Jeong, Kee Jai Park, and Jeong Ho Lim*

Korea Food Research Institute

Abstract This study evaluated the efficacy of strong acidic electrolyzed water (SAcEW), low alkaline electrolyzed water (LAIEW) and aqueous chlorine dioxide (ACD) for reducing pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus*) on Chinese cabbage. Artificially inoculated Chinese cabbage was immersed for 1, 5 and 10 min with TW, NaClO, EW and ACD. Generally, leaves showed more effective reduction than stems. Regarding the inhibitory effect, ACD treatment showed the highest effects rather than other treatments. When Chinese cabbage was immersed for 3 min in sterilized water, it was reduced to a minimum of 1.33 log CFU/g at LAIEW and a maximum of 4.70 log CFU/g at ACD. Compared to NaClO, ACD and LAIEW which showed a reduction of 3.2 log CFU/g (*Sal.* Typhimurium) and 2.7 log CFU/g (*B. cereus*), respectively. Furthermore, the others had similar inhibitory effects compared to NaClO.

Keywords: electrolyzed water, aqueous chlorine dioxide, pathogenic bacteria, Chinese cabbage, sterilization effect

서 론

배추는 한국인의 식생활에 필수적인 부식인 김치의 주원료로서 우리나라 엽채류 생산액의 절반 정도를 차지하는 주요 농산물 중 하나이다. 더욱이 여성의 사회 참여 증가, 외식 산업의 성장, 단체 급식의 증가 및 간편한 식생활을 추구하는 식문화의 변화는 상품 김치 및 상품 절임 배추에 대한 수요를 급격히 증가시키고 있다(1). 배추와 같이 토양에서 재배되는 신선 농산물은 토양 미생물의 오염에 의해 품질이 저하된다. 신선 농산물에 여러 경로로 오염된 미생물은 세척 시 제거되지 않고 물에 닿기 어려운 틈새 및 표면의 상처 등에서 살아남아 높은 농도로 생육할 수 있으며 신선 농산물은 가열 단계가 없이 섭취되기 때문에 병원성 미생물에 의한 식중독 위험성을 가지고 있다(2).

김치는 자연발효를 통하여 제조되는 식품으로 원재료에 오염된 미생물에 의해 이상 발효가 일어날 수 있으므로 김치의 표준화된 품질 유지를 위해서라도 원재료의 위생 확보는 필요하다(3,4). 따라서 김치의 안전성을 확보하기 위해 원재료의 초기 미생물 오염수준을 안전한 수준 이하로 감소시키거나 제거할 수 있는 세정 기술이 요구된다.

현재 학교 급식 위생관리 지침서에서 비가열조리 신선 농산물의 살균소독 방법으로 염소소독제의 유효염소 100 ppm으로 5분

간 침지한 후 물로 세척하는 것을 권장하고 있다(5). 염소소독제는 항균작용의 광범위성이나 속효성에서 인정받고 있으나 THM(Trihalomethanes), 염화페놀 등의 독성물질이 생성되어 환경과 건강에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(6). 수도수에 소량의 식염을 가한 후 전기분해하여 얻은 전기분해수는 처리대상의 제약이 적으며 잔류물이 없고 물 자체의 오염에 따른 2차적인 오염 가능성이 없다. 또한 전기분해수의 강력한 살균력은 식품산업의 현장에 있어서 식중독 원인 미생물의 제거, 식품 소재의 살균 등 식품의 안전성 확보를 위한 유효한 수단으로 인정되었고(7) 상추(8,9), 토마토(10), 오이, 딸기(11), 알팔파 새싹(12) 등에 적용되어 식재료의 안정성에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이산화염소수는 식품 및 환경의 표면을 소독하기 위한 살균소독제로서 기존의 염소소독에 비해 물에 대한 용해성이 10배 높고 산화력도 2.5배 강하여 오염물질에 대한 분해 능력과 살균력이 우수한 것으로 알려져 있다(13). 일본에서는 2002년 6월 전기분해수가 식품첨가물로 지정되었고, 식품산업현장 및 단체급식에서 위해미생물의 살균과 가공환경의 살균 목적으로 대규모 전기분해수 플랜트가 도입되어 가동되고 있으며(14), 우리나라에서도 2007년 강산성차아염소산수, 미산성차아염소산수 및 이산화염소수가 과실류와 채소류의 살균제로 지정되어 앞으로 비가열 신선 농산물의 살균처리 목적으로 이용이 증가할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 미생물학적 위해요소가 되는 대표적인 미생물인 *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* Typhimurium 그리고 인축 특히 작업자에 의해 오염의 빈도가 높은 식중독균인 *Staphylococcus aureus*를 대상으로 강산성 및 약알칼리 전기분해수 및 이산화염소수의 살균효과를 유효성 평가에 의해 조사하였고, 김치의 원재료인 배추에 병원성 미생물을 인위적으로 오염시킨 후 세척수로서 전기분해수와 이산화염소수를 적용하여 처리 시

*Corresponding author: Jeong Ho Lim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9331
Fax: 82-31-780-9333
E-mail: jhlim@kfri.re.kr
Received November 22, 2011; revised January 3, 2012; accepted January 20, 2012

간을 달리하였을 때 일반적인 염소소독법과 그 살균효과를 비교 평가하여 염소 대체제로서의 가능성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 배추는 해남에서 수확된 춘광 품종으로 경기도 성남의 대형 유통점에서 구입하여 4°C에 저장하면서 사용하였다. 살균소독수의 유효성 평가와 배추의 인위적인 오염을 위해 *Escherichia coli*(ACTC 1039), *Staphylococcus aureus*(KFRI 171), *Bacillus cereus*(KFRI 181), *Salmonella* Typhimurium(KFRI 250)의 균주를 tryptic soy agar(TSA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 1차 증균 배양한 후 4°C에서 보관하면서 사용하였다. 본 실험에 사용된 강산성 전기분해수(SAcEW)와 약알칼리 전기분해수(LAIEW)는 동시에 생성할 수 있도록 제작된 시스템으로 제조하였는데 이 때 사용한 전극은 이리듐 도금 티타늄 재질의 판형(70×140×1 mm)이었으며, 전해액 공급은 연속 유수 방식으로 0-10 mL/min으로 조절하여 사용하였다. 이산화염소수(ACD)는 chlorine dioxide generator system(Boobuck Entech Co., Ltd, Seoul, Korea)을 사용하여 제조하였다.

산화환원 전위(ORP), pH 및 차아염소산(HClO) 농도

산화환원전위는 ORP meter(RE-12P, TOA Electronics, Kobe, Japan)를 사용하여 측정하였으며, pH는 pH meter(AB 15, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)로 측정하였다. 차아염소산 함량은 식품 공전법에 따라 전기분해수 50 mL에 KI 2g, acetic acid 10 mL와 전분지시약을 몇 방울 가하여 흑갈색이 되도록 한 후 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액으로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 농도를 측정하였다. 각각의 살균소독수 물성은 Table 1과 같다.

살균소독수의 살균소독력 평가

살균소독력을 평가하기 위해 정량적 현탁액 시험법인 EN 1276 방법(15)을 응용하였으며 세척이 충분히 수행되지 않은 조건을 모사하기 위하여 오염조건에서 평가하였다(Fig. 1). 시험균 현탁액 1 mL와 간섭물질 1 mL가 혼합된 반응액과 시험용액 8 mL를 넣고 20±1°C에서 5분간 반응시켰다. 이 반응액 1 mL를 중화제 8 mL와 멸균증류수 1 mL가 혼합된 멸균시험관에 옮긴 후 중화반응 혼합액 1 mL를 TSA 배지에서 24시간 배양한 다음 생균수를 측정하였다. 시험 용액의 희석에 사용한 경수는 MgCl₂, CaCl₂, NaHCO₃ 혼합액 이었으며, 중화제는 lecithin, polysorbate 80, sodium thiosulfate, l-histidine 및 saponine의 혼합액이었다. 간섭물 질로는 bovine serum albumin을 사용하였다.

Table 1. Properties of sterilizing water

Properties	Type		
	SAcEW ¹⁾	LAIEW ²⁾	ACD ³⁾
ACC ⁴⁾	96±5.44	100±1.07	94±2.08
pH	3.22±0.03	8.80±0.06	3.57±0.02
ORP (mV)	1151±0.58	773±6.51	1082±4.04

¹⁾Strong acid electrolyzed water
²⁾Low alkaline electrolyzed water
³⁾Aqueous chlorine dioxide
⁴⁾Available chlorine concentration

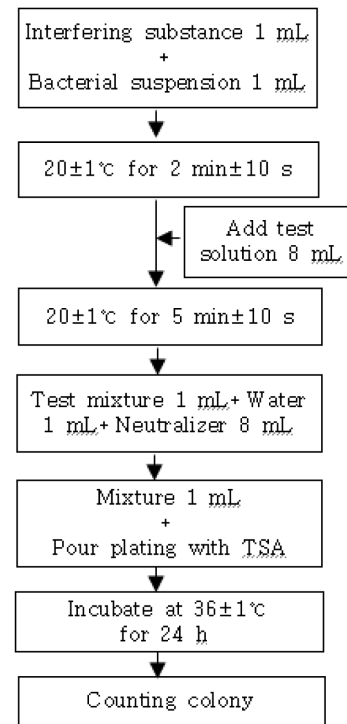


Fig. 1. Scheme of quantitative suspension test procedure.

균주의 인위적인 오염 및 살균소독수에 의한 세척 처리

배추를 식중독균에 인위적으로 오염시키기 위해 멸균 증류수 1.5 L에 각각의 세균현탁액 15 mL를 넣어 균주 현탁액을 만든 후 여기에 4절 된 배추를 3분 동안 침지시켜 배추 표면의 균이 5-6 log CFU/g 수준으로 오염되도록 집중시켰다. 침지 시킨 배추는 clean bench에서 4시간 동안 건조시킨 후 사용하였다. 살균소독수의 농도는 학교급식에서 사용하고 있는 학교급식 위생관리 지침서에서 제시한 유효염소 농도 100 ppm을 기준으로 강산성 및 약알칼리 전기분해수와 이산화염소수를 100 ppm으로 제조하였으며 대조구로는 수도수와 유효염소농도 100 ppm의 차아염소산나트륨 용액을 사용하였다. 배추 중량의 20배의 살균소독수에 오염시킨 배추를 각각 3, 5, 10분 침지한 후 잔류 염소를 제거하기 위해 동량의 증류수에 3분 침지하였다.

미생물 측정

세척된 배추를 줄기 부분과 잎 부분으로 나누어 10 g씩 채취한 후 멸균된 0.85% saline 용액으로 10배 희석하여 균질기(Bag-mixer R400, Interscience, Saint Norm, France)로 1분 동안 균질화 한 후 단계 희석하여 실험을 실시하였다. 희석한 검액 1 mL를 멸균 페트리접시에 무균적으로 취하여 TSA 약 15 mL에 pouring culture method로 접종한 다음 37°C에서 24시간 배양하여 콜로니를 계수하여 colony forming unit(CFU/g)으로 표시하였다.

통계처리

실험 결과는 Statistical Analysis System(SAS, Cary, NC, USA)를 이용하여 각 시료의 평균과 표준편차를 계산하였고, Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 0.05% 수준에서 유의성을 분석하였다.

Table 2. Efficacy test results of SAcEW, LAIEW and ACD on pathogenic bacteria in dirty condition

Sterilizing water	HCIO (ppm)	Pathogenic bacteria (Log CFU/mL)			
		<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	<i>Sal. Typhimurium</i>	<i>S. aureus</i>
SAcEW ¹⁾	0	9.26±0.02	8.29±0.52	8.76±0.05	9.00±0.53
	40	3.45±0.01	5.03±0.11	ND	6.38±0.09
	50	2.35±0.07	4.04±0.06	ND	6.37±0.47
	60	1.54±0.13	2.19±0.06	ND	6.27±0.02
	80	ND	ND	ND	ND
LAIEW ²⁾	0	9.26±0.02	8.29±0.52	8.76±0.05	9.00±0.53
	40	5.30±0.03	6.88±0.00	ND	9.46±0.01
	50	2.54±0.09	3.72±0.34	ND	8.53±0.01
	60	ND	ND	ND	7.21±0.10
	80	ND	ND	ND	ND
ACD ³⁾	0	8.64±0.04	8.17±0.37	8.49±0.21	8.52±0.07
	10	1.73	3.54	1.1	1.34
	20	ND	ND	ND	ND

¹⁾Strong acidic electrolyzed water²⁾Low alkaline electrolyzed water³⁾Aqueous chlorine dioxide

결과 및 고찰

살균소독수의 유효성 평가

살균소독제의 유효성 평가를 위한 현탁액 시험법은 특정균 현탁액과 살균소독제를 반응시켰을 때 그 감소율이 5 log CFU/mL 이상일 때 살균소독력이 있다고 판정한다(15). 대표적인 식중독균인 *E. coli*, *B. cereus*, *Sal. Typhimurium*, *S. aureus*균에 대하여 강산성 전기분해수, 약알칼리 전기분해수 및 이산화염소수가 초기 균수의 5 log CFU/mL 이상 감소시키는 농도를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 강산성 전기분해수는 *E. coli*와 *Sal. Typhimurium*에 대하여 5 log CFU/mL 이상의 살균력을 나타내는 최소 농도는 40 ppm이었다. 약알칼리 전기분해수의 경우 *E. coli*에 대하여 5 log CFU/mL 이상 감소시키는 농도는 50 ppm이었으며, *Sal. Typhimurium*에 대해서는 40 ppm이었다. *B. cereus*는 강산성 및 약알칼리 전기분해수에 대하여 60 ppm 농도에서 5 log CFU/mL의 살균소독력을 나타냈으며, *S. aureus*는 산성 및 알칼리 전기분해수에 대하여 80 ppm 이상의 농도에서 사멸되어 다른 병원성 미생물보다 5 log CFU/mL 이상 감소시킬 때 높은 농도의 유효염소가 필요한 것으로 나타났다. 일반적으로 Gram 양성균은 Gram 음성균보다 살균소독제에 대한 감수성이 큰 것으로 알려져 있다(16). 하지만 *E. coli*는 peptidoglycan 층에서 교차 결합하는 두 tetrapeptide의 가교가 비교적 간단한 구조인데 반해 *S. aureus*는 복잡한 3차구조로 되어 있어 살균소독력을 가진 유효성분이 세포 내 침투가 어려워 살균소독수의 *S. aureus*의 제어가 다른 균에 비해 어렵다는 Junli 등(17)의 보고와 같이 본 연구의 *S. aureus*의 제어 시에도 높은 농도의 유효염소가 요구되었다.

이산화염소수의 경우 *E. coli*, *S. aureus*, *Sal. Typhimurium*에 대하여 5 log CFU/mL 이상의 감소 효과를 나타내는 최소 농도는 10 ppm으로 측정되어 강산성 및 약알칼리 전기분해수보다 5 log CFU/mL 이상의 감소 효과를 나타내는 유효염소의 농도가 상당히 낮음을 확인하였다. 전반적으로 *E. coli*와 *Sal. Typhimurium*의 살균소독수에 대한 감수성이 *B. cereus*와 *S. aureus*보다 더 높은 것으로 평가되었다.

살균소독수의 *E. coli* 제어효과

인위적으로 식중독균에 오염시킨 배추를 수도수, 차아염소산나트륨수, 강산성 전기분해수, 약알칼리 전기분해수 및 이산화염소수에 시간을 달리하여 침지시킨 후 배추 표면의 식중독균 제어 효과를 평가하였다. 먼저 *E. coli*에 대한 제어 효과는 Fig. 2와 같다. 줄기 5.9 log CFU/g, 잎 7.0 log CFU/g 수준으로 오염된 배추를 수도수로 처리 하였을 때 줄기 0.1-0.2 log CFU/g, 잎 0.2-0.8 log CFU/g 정도 감소되었다. 치커리 잎을 수도수로 세정한 경우 미생물이 0.6-1.0 log CFU/g 감소된다는 Kwon 등(18)의 연구와 같이 수도수로 처리할 경우의 감소효과는 크지 않았다. 오염된 배추를 차아염소산나트륨수, 강산성 전기분해수, 약알칼리 전기분해수 및 이산화염소수에 3분간 침지 하였을 때 잎 부분에서 각각 3.8, 3.9, 4.2, 3.8 log CFU/g로서 세척 전보다 약 3 log CFU/g 이상 감소되는 것으로 나타났다. 잎의 경우 살균소독수의 처리 시간에 따른 균의 감소는 강산성 전기분해수를 제외하고 시간이 경과함에 따라 그 차이는 적으나 유의적으로 증가하였다. 배추 표면에 오염된 *E. coli*의 균수는 수도수에 비해 전기분해수와 이산화염소수로 세척할 경우 최대 4 log CFU/g의 차이가 나타났으며 일반적인 염소소독법인 차아염소산나트륨수에 비해서는 이산화염소수만이 1 log CFU/g 차이를 나타냈을 뿐 강산성 전기분해수와 약알칼리 전기분해수는 균의 감소에서 효과적인 차이를 나타내지 않았다.

Guentzel 등(19)은 *E. coli*에 오염된 시금치와 양상추를 100 ppm의 전기분해수에 10분 침지시킨 결과 시금치는 4.0 log CFU/g 감소시킨 것에 반해 상추는 0.3 log CFU/g 감소되었는데 이러한 차이는 양상추 잎의 접혀진 틈새에 미생물이 부착되어 침지 시 전기분해수의 영향을 덜 받아 살균 효과가 시금치보다 작게 나타났다고 보고하였다. 배추 또한 잎이 겹쳐진 부분이 있고, 표면이 일정하지 않아 살균소독수 처리 시 제약을 받았을 것으로 판단된다. 배추를 세척할 경우 처리시간 외에 채소의 틈새 사이로 살균소독수의 접촉이 잘 일어날 수 있도록 물리적 작용이 가해진다면 좀 더 효과적으로 미생물을 제어할 수 있을 것으로 사료된다.

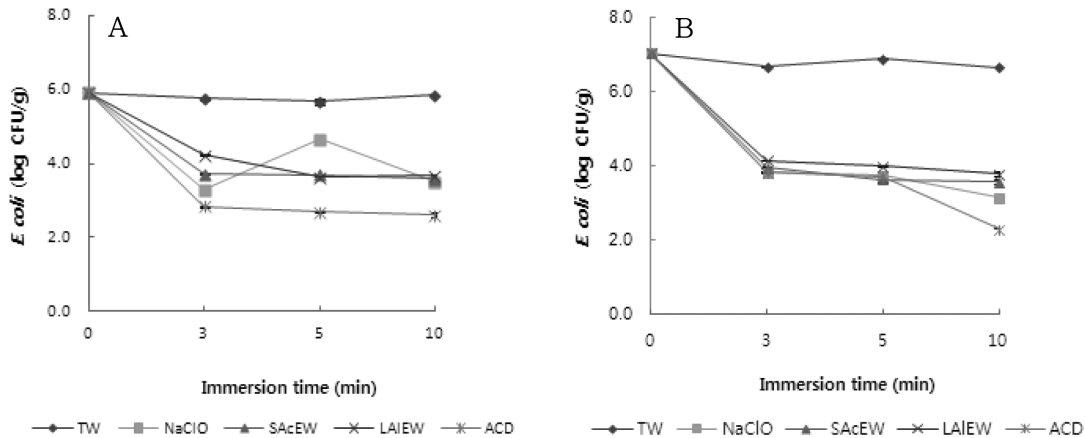


Fig. 2. Effects of *E. coli* reduction on Chinese cabbage using various sterilizing water. A: stem, B: leaf. TW: Tap water, NaClO: Sodium hypochlorite solution, SAcEW: Strong acidic electrolyzed water, LAIEW: Low alkaline electrolyzed water, ACD: Aqueous chlorine dioxide.

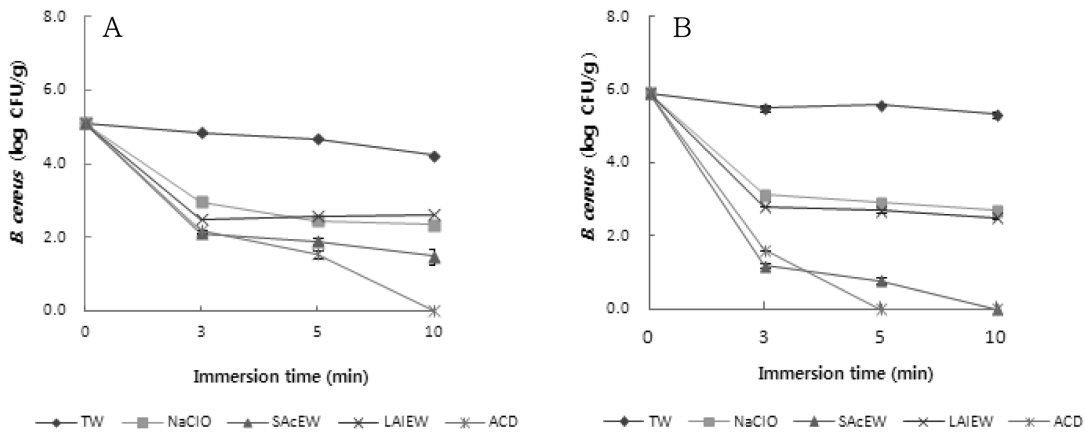


Fig. 3. Effects of *B. cereus* reduction on Chinese cabbage using various sterilizing water. A : stem, B : leaf. TW: Tap water, NaClO: Sodium hypochlorite solution, SAcEW: Strong acidic electrolyzed water, LAIEW: Low alkaline electrolyzed water, ACD: Aqueous chlorine dioxide.

살균소독수의 *B. cereus* 제어효과

*B. cereus*는 토양세균의 일종으로 식품에 쉽게 오염될 수 있고, 균이 생산하는 포자는 내열성이 있어 포자가 형성되면 가열 조리 과정에서도 생존하여 식중독을 일으킬 수 있다(20). *B. cereus* 식중독은 오염된 균수가 5 log CFU/g 이상 되어야 발병되는데 (21) 현재 우리나라에서는 생식류, 즉석섭취, 신선편의 식품과 더 이상의 가공, 가열 조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 식품에서 3 log CFU/g 이하로 기준을 설정하여 규제하고 있다(22). *B. cereus* 균에 오염시킨 배추에 대한 세척효과는 Fig. 3과 같다. 줄기 5.1 log CFU/g, 잎 5.9 log CFU/g로 오염된 배추를 수도수로 처리한 경우 줄기 0.3-0.9 log CFU/g, 잎 0.3-0.6 log CFU/g로 시간의 증가에 따른 감소효과는 1 log CFU/g 이하였다. 잎의 경우 사용된 살균소독수의 처리 시간이 증가함에 따라 균의 감소효과는 유의적으로 증가하였다. *B. cereus*의 경우 살균소독수에 10분 처리 시 앞에서 차아염소산나트륨수는 3.2 log CFU/g의 감소효과를 보였는데 강산성 전기분해수와 이산화염소수를 처리한 시료에서는 *B. cereus*가 검출되지 않았다. 약알칼리 전기분해수 3.4 log CFU/g의 감소 차이를 나타내어 강산성 및 약알칼리 전기분해수와 이산화염소수의 *B. cereus* 대한 살균력이 일반적인 염소소독법보다 더 우수한 것으로 나타났다.

Lee 등(23)은 *B. cereus*를 상추와 미니 배추 표면에 점 접종법으로 오염시킨 후 100 ppm의 전기분해수로 5분간 세척 시 5 log

CFU/g 이상의 감소 경향을 나타낸다고 보고하여 본 연구보다 *B. cereus* 제어효과가 높았다. 이는 균주의 오염시키는 방법인 침지법과 점 접종법에 의한 차이로 여겨진다. Lang 등(24)도 상추 및 파슬리에 균을 접종하는 방법으로 침지 접종법, 점 접종법, 분부 접종법을 각각 검토한 바 있는데 침지 방법에서 훨씬 많은 수의 균이 검출되었으며, 침지 시 채소의 절단면에 흡착하는 균의 수가 많기 때문인 것으로 보고하였다. 또한 Singh 등(25)은 접종된 균의 수가 적을수록 살균소독제의 효과가 크게 나타난다고 보고하여 접종 방식에 따른 균수의 차이가 살균소독수의 미생물 제어에 영향을 주어 Lee 등(23)의 결과와 차이가 난 것으로 판단된다.

살균소독수의 *Sal. Typhimurium* 제어효과

*Sal. Typhimurium*이 줄기 6.5 log CFU/g, 잎 6.9 log CFU/g로 오염된 배추에 대한 세척효과는 Fig. 4와 같다. 수도수에 침지 시 감소 효과는 줄기와 잎에서 1 log CFU/g 이하로 앞선 두 병원성 미생물의 결과와 유사하였다. 차아염소산나트륨수에 침지 시 잎에서 1.7-1.9 log CFU/g의 감소를 나타냈으며, 강산성 전기분해수의 경우 3분 침지 시 2.9 log CFU/g 정도 감소되었으나 처리 시간을 10분으로 하여도 3분 처리구와 크게 차이를 보이지 않아 시간이 경과함에 따른 감소효과는 기대할 수 없었다. 약알칼리 전기분해수와 이산화염소수 처리구의 경우 시간이 경과함에 따라 균의 감소는 유의적으로 증가하였으며, 10분 침지하였을 때

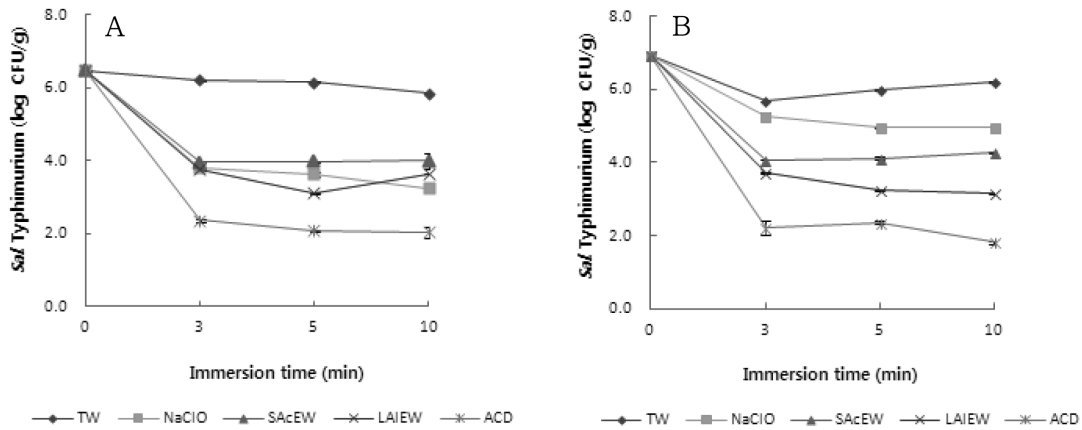


Fig. 4. Effects of *Sal. Typhimurium* reduction on Chinese cabbage using various sterilizing water. A: stem, B: leaf. TW: Tap water, NaClO: Sodium hypochlorite solution, SAcEW: Strong acidic electrolyzed water, LAIEW: Low alkaline electrolyzed water, ACD: Aqueous chlorine dioxide.

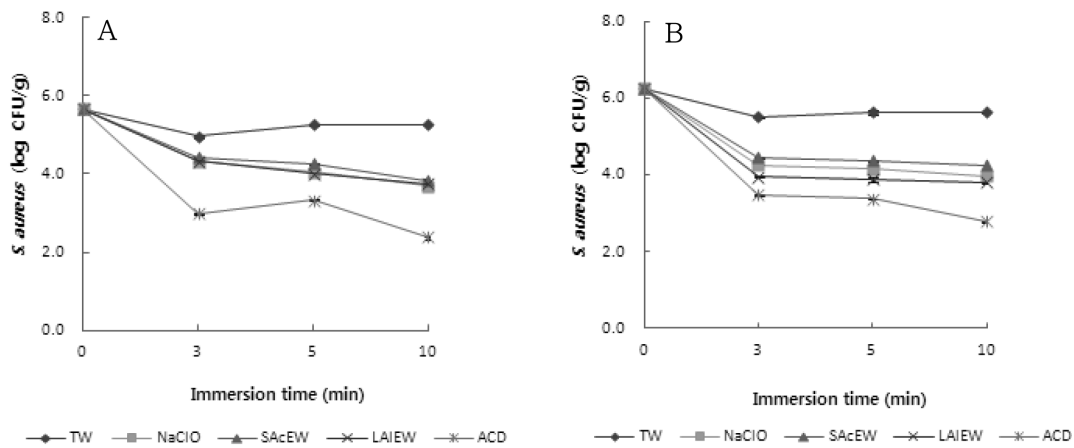


Fig. 5. Effects of *S. aureus* reduction on Chinese cabbage using various sterilizing water. A: stem, B: leaf. TW: Tap water, NaClO: Sodium hypochlorite solution, SAcEW: Strong acidic electrolyzed water, LAIEW: Low alkaline electrolyzed water, ACD: Aqueous chlorine dioxide.

약알칼리 전기분해수는 잎 부분에서 3.8 log CFU/g의 감소를 나타냈고, 이산화염소수는 줄기 4.4 log CFU/g, 잎 5.1 log CFU/g 정도 감소시켜 가장 높은 살균 효과를 보였다. 이산화염소는 거의 100% 분자상태로 존재하는 강력한 산화제로 세척 처리 시 균의 세포막을 쉽게 투과하여 세포의 반투과성 막과 삼투압을 파괴시켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(17).

Choi 등(2)은 *Sal. Typhimurium*를 균일한 크기로 썰어진 양배추에 접종시킨 후 이산화염소수의 농도를 달리하여 처리하였을 경우 200 ppm의 이산화염소수에 10분 처리 시 1.9 log CFU/g의 감소효과를 나타낸다고 보고하여 본 연구의 *Sal. Typhimurium* 억제 효과가 더 크게 나타났다. 이는 사용된 살균소독수의 처리 양의 차이에 의한 것으로 판단된다. Beuchat 등(26)은 상추의 절단면이나 조직의 파괴가 많을수록 염소와 반응하는 세포의 조직액인 유기물이 증가하여 유효염소의 감소가 일어나는데, 특히 살균소독제와의 처리 비율이 1:10 미만일 경우 짧은 시간 안에 유효염소가 감소되어 살균가능성이 작아진다고 보고하였다. 본 연구에서 20배 분량의 살균소독수의 양이 Choi 등(2)의 연구보다 많아 제어효과가 크게 나타난 것으로 사료되며, 배추의 세척 전 절단면을 최소화하여 살균소독수에 세척 시 병원성 미생물을 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

살균소독수의 *S. aureus* 제어효과

*S. aureus*는 독소형 식중독균으로 현재 우리나라에서는 즉석 섭취, 편의식품류에서 *S. aureus*의 기준을 100 CFU/g 이하로 규정하여 관리하고 있다(27). Jo 등(28)은 유통 중인 유기농 채소류의 미생물 오염도를 살펴본 결과 상추와 깻잎에서 각각 7.1%, 14.3%가 검출되었는데 상추에서 3.2 log CFU/g, 깻잎이 2.5 log CFU/g 수준으로 *S. aureus*가 생산하는 독소로 인한 식중독을 일으킬 수 있는 수준인 6.1 log CFU/g(29)보다는 낮았지만 증식이 일어나면 식중독을 야기할 수 있으므로 섭취 전 충분한 세척으로 균수를 감소시키는 것이 필요하다고 보고하였다. 본 연구에서 *S. aureus*가 줄기 5.7 log CFU/g, 잎 6.3 log CFU/g 수준으로 오염된 배추를 세척한 결과(Fig. 5) 차아염소산나트륨수에서는 10분 침지 시 잎에서 최대 2.3 log CFU/g 정도 감소되었으나, 약알칼리 전기분해수는 5분 침지 시 2.4 log CFU/g, 이산화염소수는 3분 침지 시 2.8 log CFU/g, 10분 처리 시 3.5 log CFU/g 정도 감소되어 약알칼리 전기분해수와 이산화염소수로 세척할 경우 일반적인 염소 세척보다 *S. aureus*에 대한 제어효과가 높게 나타나는 것을 확인하였다. *S. aureus*에 대한 전기분해수 및 이산화염소수의 유효성 평가 결과에서도 *S. aureus*를 제어하는 데는 높은 농도의 유효염소 함량이 요구되었는데, 같은 농도의 살균소독수를 배추에 적용

시에도 앞선 식중독균에 비해 그 감소효과가 적게 나타났다.

또한 식중독 균에 오염시킨 배추를 살균소독수로 세척한 결과 줄기보다 잎 부분에서 균의 감소효과가 더 큰 것으로 나타났는데 이는 배추 줄기 사이의 공간이 좁음하여 살균소독수의 접촉이 잎보다 어려워 세척효과가 적었던 것으로 판단된다.

결론적으로 전기분해수 및 이산화염소수를 살균소독수로서 배추 세척에 적용한 결과 3분 처리구에서 초기 균수에 대한 감소가 가장 크게 나타났으며, 5분과 10분 처리구에서는 유의성은 있었으나 그 차이가 크지 않아 배추의 미생물학적 위험을 감소시키기 위해서는 5분 정도 침지 시켜 세척하는 방법이 효과적인 것으로 생각된다. 본 연구에서 사용한 살균소독수 중에서 이산화염소수로 처리하였을 때가 네 가지의 병원성 미생물을 제어하는데 있어서 가장 우수한 것으로 평가되었다. 그러나 이산화염소수 처리 시 배추 표면이 미홍색으로 변하는 것이 관찰되었으며 이는 이산화염소수의 빠른 산화력에 의해 배추의 품질 저하가 야기된 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 일반적인 염소소독법을 대체하기 위하여 살균소독수로의 유효성을 가진 강산성 및 약알칼리 전기분해수와 이산화염소수를 배추 세척에 적용하였다. 배추 표면에 *E. coli*, *B. cereus*, *Sal. Typhimurium*, 및 *S. aureus*를 인위적으로 오염시킨 후 각각의 살균소독수를 100 ppm의 농도로 하여 침지 시간을 달리 하면서 미생물 제어효과를 비교하였다. 전체적으로 줄기 부분보다 잎 부분에서 세척 효과가 더 크게 나타났으며 네 가지 병원성 미생물에 대한 세척효과는 이산화염소수가 가장 큰 것으로 나타났다. 수도수 처리 시 10분이 경과하여도 1 log CFU/g 이하의 낮은 감소 효과가 나타났으며, 살균소독수에 3분 침지 하였을 때 최소 감소효과는 약알칼리 전기분해수에서 1.3 log CFU/g였으며, 최대 감소효과는 이산화염소수에서 4.7 log CFU/g의 수준으로 수도수 세척에 비해 살균소독수의 미생물 감소효과가 크게 나타났다. 또한 5분과 10분 처리구에서 유의성은 있었으나 그 차이가 크지 않아 배추의 미생물학적 위험을 감소시키기 위해서는 5분 정도 침지 시키는 방법이 효과적일 것으로 생각된다. 차아염소산 나트륨수와 비교 시 산성 및 약알칼리 전기분해수의 미생물 감소효과는 유사하거나 최대 2.7 log CFU/g 정도(LAIEW, *B. cereus*, 10분)의 차이를 나타냈고, 이산화염소수는 3.2 log CFU/g (*Sal. Typhimurium*, 10분) 수준의 차이를 나타내어 본 연구에서 사용된 살균소독수가 염소소독 대체제로서 가능성이 있는 것으로 사료된다. 또한 이산화염소수는 병원성 미생물을 제어하는데는 우수한 것으로 평가되었으나 배추의 품질 저하가 야기되어 배추 적용에는 부적합한 것으로 판단된다.

문 헌

1. Ku KH, Cho MH, Park WS. Characteristics analysis for the standardization of commercial kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 316-319 (2003)
2. Choi MR, Oh SW, Lee SY. Efficacy of chemical sanitizer in reducing levels of foodborne pathogens and formation of chemically injured cells on cabbage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1337-1342 (2008)
3. Lee KH. Effect of ozone treatment for sanitation of Chinese cabbage and salted Chinese cabbage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 90-96 (2008)
4. Yoon HH, Lee SY. Quality characteristics of *baechu* kimchi salted with recycled wastebrine. Korean J. Soc. Food Cookery

- Sci. 19: 609-615 (2003)
5. The guide of sanitary management in school food service, Ministry of Education, Science and Technology, Seoul, Korea. p.39 (2010)
6. 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)
7. 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)
8. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. J. Food Protect. 64: 652-658 (2001)
9. Park CM, Hung YC, Doyle MP, Ezeike GOI, Kim C. Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed oxidizing and acidified chlorinated water. J. Food Sci. 66: 1368-1372 (2001)
10. Bari ML, Sabina Y, Isobe S, Uemera T, Isshiki K. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes. J. Food Protect. 66: 542-548 (2003)
11. Koseki S, Yosida K, Kamitani Y, Itoh K. Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. J. Food Protect. 67: 1247-1251 (2004)
12. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. J. Food Protect. 66: 208-214 (2003)
13. Ryu SH. Effects of aqueous chlorine dioxide against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on broccoli served in foodservice institutions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1622-1627 (2007)
14. Kim YJ, Choi KD, Shin IS. Bactericidal activity of strongly acidic electrolyzed water on various vegetables and kitchen apparatus. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 776-781 (2010)
15. European Committee for Standardization. Chemical disinfectants and antiseptics (Phase2, step1). European committee for standardization. EN 1276. British Standards Institution. Winterthur, Switzerland (1997)
16. Russell AD, Hammond SA, Morgan JR. Bacterial resistance to antiseptics and disinfectants. J. Hosp. Infect. 7: 213-224 (1986)
17. Junli H, Li W, Namqi R, Fang M, Juli. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. Wat. Res. 31: 607-613 (1997)
18. Kwon JY, Kim BS, Kim JH. Effect of washing methods and surface sterilization on quality fresh-cut chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). Korean J. Food Sci. Technol. 38: 28-34 (2006)
19. Guentzel JL, Lam KL, Callan MA, Emmons SA, Dunham VL. Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water. Food Microbiol. 25: 36-41 (2008)
20. Koo M. *Bacillus cereus* - An ambusher of food safety. Bull. Food Technol. 22: 587-600 (2009)
21. EFSA. Opinion of the scientific panel on biological hazards on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. In foodstuffs. EFSA J. 175: 1-48 (2005)
22. KFSA. Food Code.10-3-1-43. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea (2009)
23. Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 912-917 (2011)
24. Lang MM, Harris LJ, Beuchat LR. Survival and recovery of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* on lettuce and parsley as affected by method of inoculation, time between inoculation and analysis and treatment with chlorinated water. J. Food Protect. 67: 1092-1103 (2004)
25. Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Strohshine RL. Effect of inoculation and washing methods on the efficacy sanitizers against *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. Food Microbiol. 19: 183-193 (2002)
26. Beuchat LR, Adler BB, Lang MM. Efficacy of chlorine and a

- peroxyacetic acid sanitizer in killing *Listeria monocytogenes* on iceberg and romaine lettuce using simulated commercial processing conditions. *J. Food Protect.* 67: 1238-1242 (2004)
27. Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu SG, Lee SY. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 161-168 (2011)
28. Jo MJ, Jeong AR, Kim HJ, Lee NR, Oh SW, Kim YJ, Chun HS, Koo MS. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 91-97 (2011)
29. Walls I, Scatt VN. Use of predictive microbiology in microbial food safety risk assessment. *Int. J. Food. Microbiol.* 36: 97-102 (1997)