

식품첨가제를 첨가한 전해산화수의 세정효과

정승원 · 정진웅
한국식품개발연구원

Cleaning Effect of Electrolyzed Oxidizing Water by Containing Food Additives

Seong-Weon Jeong and Jin-Woong Jeong
Korea Food Research Institute, Sungnam 463-420, Korea

Abstract

This study, to enhance the sterilization, browning inhibition and precooling effect of electrolyzed oxidizing water(EOW) as cleaning water on food industry, was carried out to investigate the efficacy of electrolyzed oxidizing water(EOW) with 0.85% NaCl, 0.5% ethanol, polysorbate 80 of 1 ppm, 0.5% lemon juice and 0.5% citron juice. *Escherichia coli* KCTC 1039 with initial count of 5.63×10^8 CFU/mL were reduced to $<10^1$ CFU/mL after 15~30 sec when it was treated by electrolyzed oxidizing water added with various food additives. *Bacillus cereus* KCTC 1012 were reduced to $<10^1$ CFU/mL after 2 minutes treatment with electrolyzed oxidizing water containing polysorbate 80 and ethanol. *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108 were reduced to $<10^1$ CFU/mL after 30 sec treatment with electrolyzed oxidizing water containing polysorbate 80, citron juice and lemon juice, respectively. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* KCTC 2776 were reduced to $<10^1$ CFU/mL after 30 sec treatment with electrolyzed oxidizing water containing polysorbate 80 and lemon juice. Browning inhibition effect was determined by comparison of polyphenol oxidase activity. Inhibition ratio of polyphenol oxidase was approximately 62~84% in most treatments with the exception of 57% and 25% inhibition by 0.5% ascorbic acid and polysorbate 80, respectively. Sliced potato dipped in electrolyzed oxidizing water containing NaCl and citron juice for 30 minutes showed significantly low PPO activity, 64 units in treatment with NaCl and 91 units in treatment with citron juice. At the same time, changes in color value(ΔE) of sliced potato was below 3 in most treatments.

Key words : electrolyzed oxidizing water, food additive, sterilization, polyphenol oxidase(PPO), browning inhibition

서 론

일반적으로 전해산화수는 물에 소량의 NaCl을 첨가하여 전기분해하였을 때 얻어지는 산화환원전위(oxidation-reduction potential : ORP)가 +1000 mV이상, pH 2.7이하의 강산화수로써 살균력 및 세정효과가 뛰어난 기능수를 말한다. 전해산화수는 강한 살균력과 함께 적용범위가 넓고, 미생물, 유기물과 접촉하여 살균효과를 발휘한 다음에는 염소, 산소 등 휘발성 기체와 물로 되어 일반 화학약품과는 달리 유해한 잔유물이 생기지 않고 인체에도 전혀 해를 미치지 않는다는 장점이 있다(1-7).

지금까지 진행되어 온 전해산화수에 관한 연구는 대부분 미생물 살균에 초점이 맞춰져 있으며, 특히 식중독에 관여

하는 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*의 살균을 중심으로 연구되어졌다(1-8). 신선 편외 채소류는 미생물에 오염되었을 경우 저장일수가 급격히 감소할 뿐만 아니라 병원성균에 의하여 식중독에 감염될 가능성이 내재되어 있어 세정과 같은 전처리 작업은 필수적이다(9, 10). 또한, 수확 후 가공 처리되는 최소가공 채소류의 경우 가공과정에서 과채류 조직의 손상으로부터 오는 갈변은 품질손실의 주 요인이 되고 있다. 그러나 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안의 일환으로 사용되어진 전기분해수에 관한 연구는 전해산화수만을 사용한 것에 국한되어 있으며, 전해산화수의 효과를 높이기 위하여 다양한 식품첨가물을 첨가하여 특성을 변화시킨 전해산화수에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 실험에서는 전해산화수 generator로 수도수를 전기분해하여 높은 산화환원전위를 가지는 전해산화수를 생성시킨 다음, 여기에 살균효과, 갈변방지효과 및 빙점강하에 효과가 있다고 알려져 있는 ethanol, NaCl 및 비타민 C, 그리고

Corresponding author : Seong-Weon Jeong, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Sungnam, Kyunggi 463-420, Korea
E-mail : jwjeong@kfri.re.kr

계면장력 저하에 따른 미생물과의 접촉을 보다 원활히 하여 살균효과를 상승시키는 역할을 지닌 친수성의 polysorbate류 등을 각각 첨가하여 제조한 0°C 이하의 저온수를 사용하여 최소가공 채소류의 초기품질 유지 및 저장성 향상을 위한 목적으로 갈변억제 및 살균력 향상 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

재료 및 전처리

실험에 사용한 감자는 당일 수송되어 포장한 것을 경기도 성남의 대형 유통점에서 구입하여 저온저장하면서 사용하였다. 처리수로 사용할 제조수는 전해산화수생성기(GTB 1200, (주)경우테크, 한국)로 제조한 산화환원전위 및 pH가 각각 1,120~1,150 mV, pH 2.4~2.7인 전해산화수에 식품첨가제를 혼합하여 사용하였다. 사용된 식품첨가제로는 NaCl (Junsei, Japan), polysorbate 80(Sigma, USA), ethanol(Hayman, USA) 및 ascorbic acid(Showa, Japan)를 사용하였고, 레몬과즙은 (주)정안농산(대구)에서 공급받아 사용하였으며, 유자과즙은 2000년 11월 전남 고흥에서 수확한 유자의 외피, 내피를 제거한 후 착즙·여과한 것을 사용하였다.

제조수의 빙결점 측정

다양하게 처리한 제조수의 빙결점은 시료가 담긴 3 mL vial 중심부에 thermocouple를 사용하여 Beckman법(11, 12)에 의하여 빙결점을 결정하였으며, 온도측정은 Hackert 등의 방법(13)에 따라 0.3mm copper-constantan 열전대를 시료의 기하학적 중심부에 부착하여 일정온도에 도달할 때까지 Hydra data acquisition (Fluke 2625A, USA)을 사용하여 연속 측정하였다. 본 실험에 사용한 열전대의 표준편차는 ±0.12°C이다.

제조수의 물성 측정

pH는 pH meter(Suntex 2000A, USA)를 사용하였고, 산화환원전위의 측정은 ORP meter (TOA Electronics, RM-12P, Japan)로 실온에서 측정하였다. 차아염소산(HClO)함량은 제조수 50 mL에 요오드화칼륨 2 g, 초산 10 mL 및 1% 전분 지시약 몇 방울 가하여 흑갈색이 되도록 한 후 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액으로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 측정하였다.

미생물 측정

제조수의 미생물 살균효과를 살펴보기 위하여 *Escherichia coli* KCTC 1039, *Bacillus cereus* KCTC 1012, *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* KCTC 2776을 유전공학연구소 유전자은행에서 분양 받아

사용하였으며, *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108은 MRS broth 및 agar(Difco Lab., USA)를, 이외의 균주는 TSB(Difco Lab., USA) 및 TSA(Difco Lab., USA)를 배양 배지로 사용하였다. 미생물 측정은 대상 균주를 20 mL의 배지에 접종하여 30~37°C에서 24~48시간 동안 배양한 후 원심분리(3,000 rpm, 15분)하여 얻은 균체에 20 mL 인산완충용액(pH 7.2, 10 mM)을 넣어 현탁하였다. 현탁균액 1 mL씩을 미리 멸균한 시험관에 분주하고, 제조해 둔 0°C 이하의 제조수를 가하여 10 mL로 한 다음 0°C 수조에 넣어 진탕하면서 노출시간에 맞추어 1 mL씩 취하여 멸균생리식염수로 단계 희석한 다음, 배지에 pour plating 한 후 배양하였다. 대조구는 제조수 대신 멸균 증류수를 사용하였다.

색도 및 polyphenol oxidase(PPO) 활성 측정

색도는 색도계(Macbeth spectrophotometer color eye 310, USA)를 사용하여 L, a, b값으로 측정하였으며, 각 처리구간의 색도의 차이는 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 분석하였다. 색차 값의 방정식은 다음과 같다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

그리고 polyphenol oxidase 활성 측정은 시료 10 g에 10 mM 인산 완충용액 (pH 7.2) 40 mL와 polyvinylpyrrolidone 0.5 g을 넣고 빙냉하면서 마쇄한 후 거르로 거른 다음, 12,000×g로 10분간 원심분리하여 상등액을 조효소액으로 하였다. PPO의 역가를 측정하기 위해서는 pH 6.0의 0.1M 인산 완충용액 1 mL에 0.1 M catechol 1.9 mL를 가한 다음 조효소액 0.1 mL를 넣고 반응을 진행시키면서 420 nm에서 흡광도의 증가를 측정하고, 조효소액 1 mL가 1분당 흡광도를 0.001 변화시키는 것을 1 unit로 하여 PPO의 역가로 표시하였다(14).

결과 및 고찰

제조수의 첨가물 농도 결정시험

과채류의 수확후 초기품질 유지와 위생적 안전성을 향상시키기 위한 방안으로 수압식 예냉시 예냉, 세균 및 갈변억제를 동시에 얻고자 전해산화수를 이용하고자 빙점을 0°C 이하 수준으로 낮출 수 있는 식품첨가제를 첨가하여 세정수를 제조하였다. 첨가제의 종류는 NaCl, ethanol, ascorbic acid, 유자과즙, 레몬과즙 및 polysorbate 80이며, 첨가비율은 첨가제의 맛과 향을 거의 느낄 수 없고, 산화환원전위를 1,000 mV 이상으로 유지시킬 수 있는 수준에서 결정하였다. 먼저, ethanol은 유기물에 닿았을 때 탈수작용을 일으켜 강한 살균효과를 나타내나 세균 포자에는 크게 영향을 미치지 못하고, 휘발성이 높아 알콜 냄새가 강하게 나는 단점이 있다. 따라서 관능적으로 알콜 냄새를 느끼지 못하는 농도인 1%

이하의 ethanol을 전해산화수에 첨가하여 전해산화수의 살균력을 상승시키고자 깡마늘에 살균효과를 적용하여 본 결과, 0.1~1%의 농도에서 전해산화수의 물성은 pH가 2.57~2.60, ORP가 1,132~1,125 mV, 차아염소산 함량이 3.55~11.70 ppm으로 전해산화수의 특성을 그대로 지니고 있었으며, 초기 1.66×10^4 CFU/mL 였던 대장균수가 전해산화수에 첨가한 에탄올의 농도가 0.5%일 때 2.00×10^1 CFU/mL 으로, 총균수가 5.70×10^4 CFU/mL에서 3.45×10^2 CFU/mL 으로 나타나 그 밖의 농도에 비하여 살균력이 우수함을 알 수 있었다(Table 1). 한편, 과채류의 세정에서 0.5~1%의 비타민C는 식품의 품질을 떨어뜨리는 갈변현상을 억제시킬 수 있는 갈변방지제의 역할을 한다. 따라서 본 실험에서는 ascorbic acid와 천연과즙인 유자 및 레몬 착즙액을 전해산화수에 첨가하여 전해산화수의 높은 살균력과 비타민C의 갈변방지능을 동시에 얻기 위한 목적으로 시도하였으나 ascorbic acid는 0.1%, 0.3%를 첨가하였을 때 전해산화수의 중요한 성질인 ORP와 차아염소산 함량을 급격히 감소시켜 실험의 목적에 부합되지 않았다. 레몬과즙과 유자과즙은 $0.45 \mu\text{m}$ membrane으로 2차 여과시켜 첨가시켰을 때, 레몬과즙은 전해산화수에 첨가하였을 때 별다른 반응을 보이지 않았으나 유자과즙을 첨가한 경우에는 약간의 연기와 강한 향이 발생되었다. 코를 자극하는 강한 향은 유자의 향과 전해산화수의 염소의 작용이라고 생각되어지며 이를 뒷받침하는 결과로 다른 첨가제에 비하여 유자과즙의 첨가시 ORP와 차아염소산 함량이 낮은 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 그 물성치가 전해산화수의 특성을 나타내기에 충분하여 깡마늘의 세정에 적용하여본 결과 레몬과즙 첨가구는 0.5% 첨가시 대장균과 총균수 모두 2 log cycle 정도의 감소율을 보였으며, 유자과즙 첨가구 또한 0.5% 첨가시 대장균은 2 log cycle의 감소율, 총균수는 1 log cycle의 세정효과를 나타내었다(Table 1). 이러한 결과에 따라 선정된 첨가제의 농도는 NaCl 1%(w/v), ethanol 1%(v/v), ascorbic acid 1%(w/v), 유자 및 레몬 과즙 0.5%(v/v), polysorbate 80은 1 ppm이었으나, 산화환원전위를 241 mV까지 낮추는 ascorbic acid는 시험구에서 제외하였고, 처리시 삼투압 현상으로 식물체의 조직이 손상되는 것을 방지하기 위하여 NaCl은 0.85%(w/v)로 결정하였다. 그리고 선행된 실험(15)에 따르면 계면활성제중 친수성 비이온계 계면활성제로서 polysorbate 20, 60 및 80을 농도별(10 ppb, 100 ppb, 1 ppm, 10 ppm 및 100 ppm)로 전해산화수에 10분간 침지한 처리구와 전해산화수 만을 사용한 처리구에 있어 총균수와 대장균수를 비교 검토한 결과, polysorbate 80을 1 ppm 첨가한 처리구에 있어 총균수의 살균율은 1/300 수준, 대장균은 약 1/1,700 수준으로 감소시키므로써 현저한 상승효과를 나타내었으므로 polysorbate 80의 농도를 1 ppm으로 선정하였다. 마찬가지로 유자과즙과 레몬과즙 첨가구도 타 첨가구에 비하여 ORP가 다소 낮게 나타났으나, 깡마늘을 침지하여 초기미생물수의 감소율을 살펴보았을 때

타 첨가구와 비슷한 미생물 살균효과를 나타내었기에 제조한 비율 중 대장균수와 총균수가 가장 많이 감소한 0.5%(v/v)를 선정하였다. 제조된 저온수의 빙점은 대부분 $-1.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 수준으로 나타났다(Table 2).

Table 1. Sterilization effect of electrolyzed oxidizing water containing different concentration of additives on garlic

Treatments	Concentration (%)	Cell number(CFU/g)		Physicochemical property		
		Coliform	Total viable	pH	ORP ¹⁾ (mV)	HClO(ppm)
Untreated		1.66×10^4	5.70×10^4			
+ ²⁾ Ethanol	0.1	2.05×10^2	4.10×10^2	2.60	1,130	11.70
	0.3	4.81×10^2	4.52×10^3	2.57	1,132	6.74
	0.5	2.00×10^1	3.45×10^2	2.59	1,125	4.26
	1.0	6.50×10^1	9.35×10^3	2.59	1,128	3.55
+ Ascorbic acid	0.1	3.30×10^2	3.77×10^3	2.59	307	0
	0.3	6.55×10^3	1.45×10^5	2.55	241	0
+ Lemon juice	0.1	2.34×10^3	1.90×10^3	2.67	1,122	11.70
	0.3	5.80×10^2	2.28×10^4	2.60	1,112	6.80
	0.5	2.80×10^2	3.32×10^2	2.57	1,110	6.24
+ Citron juice	0.1	4.90×10^2	1.83×10^3	2.60	1,120	8.16
	0.3	1.14×10^3	2.11×10^4	2.58	1,067	8.16
	0.5	1.60×10^2	3.53×10^3	2.56	1,003	6.38

¹⁾ Oxidation reduction potential.

²⁾ Added to electrolyzed oxidizing water.

Table 2. Effect of additives on the initial freezing point of electrolyzed oxidizing water

Sample	Initial freezing point(°C)	Sample	Initial freezing point(°C)
EW ¹⁾	0.0 ± 0.1	+ Citron juice 0.3 %	-0.1 ± 0.0
+ ²⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	-0.4 ± 0.0	+ Citron " 0.5 %	-0.1 ± 0.0
+ NaCl 0.85 %	-0.5 ± 0.0	+ Citron " 1.0 %	-0.1 ± 0.1
+ NaCl 1 %	-1.5 ± 0.0	+ Lemon juice 0.3 %	-0.1 ± 0.0
+ NaCl 5 %	-4.1 ± 0.0	+ Lemon " 0.5 %	-0.1 ± 0.1
+ Ethanol 0.5 %	-0.6 ± 0.0	+ Lemon " 1.0 %	-0.2 ± 0.0
+ Ethanol 1 %	-0.5 ± 0.0	+ Ascorbic acid 0.3 %	-0.1 ± 0.0
+ Ethanol 5 %	-1.7 ± 0.1	+ Ascorbic acid 0.5 %	-0.2 ± 0.0
+ Citron juice 0.1 % + NaCl 1 %	-0.8 ± 0.0	+ Ascorbic acid 1 %	-0.2 ± 0.0
+ Citron " 0.1 % + NaCl 2 %	-1.2 ± 0.0	+ Citron juice 0.2 % + NaCl 1 %	-0.6 ± 0.0
+ Citron " 0.1 % + NaCl 3 %	-1.8 ± 0.0	+ Citron " 0.2 % + NaCl 2 %	-1.6 ± 0.1
+ Citron " 0.3 % + NaCl 1 %	-0.7 ± 0.2	+ Citron " 0.2 % + NaCl 3 %	-1.9 ± 0.0
+ Citron " 0.3 % + NaCl 2 %	-1.3 ± 0.0	+ Citron " 0.3 % + NaCl 3 %	-1.6 ± 0.1

* Mean \pm standard deviation of 3 measurements.

¹⁾ Electrolyzed oxidizing water.

²⁾ Added to electrolyzed oxidizing water.

보관기간에 따른 제조수의 특성 변화

식품첨가제를 첨가하여 처리한 제조수를 0°C 저온으로 저

장하면서 살균력과 관계되는 pH와 ORP, 차아염소산 함량을 살펴본 결과, pH는 모든 제조수가 초기 pH 2.45~2.52로 거의 비슷하고 저장 30일이 지나도 그 값이 크게 변화하지 않았으며(Fig. 1), 제조 직후 측정된 산화환원전위는 전해산화수와 polysorbate 80 첨가구에서 각각 1,143 mV, 1,145 mV로 가장 높게 나타났고, 그 다음 에탄올 첨가구가 1,137 mV, 레몬과즙 첨가구가 1,122 mV, NaCl 첨가구가 1,119 mV, 유자과즙 첨가구가 1,002 mV 순으로 나타났다(Fig. 2). 이 중 전해산화수, polysorbate 80 첨가구와 NaCl 첨가구는 33일의 저장기간 동안에 ORP의 변화가 거의 없었으며, ethanol 첨가구는 저장 8일 동안 초기 ORP 값을 유지하다가 8일 이후에 서서히 감소하기 시작하여 저장 33일에 1,070 mV까지 감소하였고, 레몬과즙 첨가구와 유자과즙 첨가구는 제조 직후부터 시간이 경과할수록 지속적으로 감소하여 저장 33일에 각각 1,000 mV, 879 mV를 나타내었다. 제조 직후 최고 43.62 ppm에서 최저 14.18 ppm이던 차아염소산 함량은 전체적으로 제조 1일 내지 2일 후 5 ppm이상씩 급격히 감소한 다음, 저장 30일 후에 polysorbate 80 첨가구가 20.57 ppm으로 52.06%의 감소율을 보였고, 전해산화수가 19.50 ppm으로 약 55%, NaCl 첨가구는 16.31 ppm으로 56.79% 감소되었으며, 유자과즙 첨가구가 4.61 ppm으로 67.5%, 레몬과즙첨가구가 3.19 ppm으로 82.7%, ethanol 첨가구가 3.19 ppm으로 초기 차아염소산 함량에 비해 91.18%라는 급격한 감소율을 나타냈다(Fig. 3). 그러나 이와 같은 차아염소산의 함량 감소에도 불구하고, 유자과즙 첨가구를 제외한 처리구에서는 전반적으로 동일한 기간 동안에 산화환원전위가 1,000 mV 이상을 유지하고 있기 때문에 그 살균력에는 크게 영향을 미치지 못할 것으로 예상되고, 5°C로 저장시 저장 7일째에 12.38 ppm으로 차아염소산 함량이 저하되었다는 Jeong 등(16)의 보고와 비교하였을 때 전해산화수의 저장온도를 0°C로 전환하게 되면 이보다 높은 차아염소산 함량을 유지시킬 수 있어, 수예냉(hydrocooling)에 사용할 경우 살균 효과 증대 및 호흡률의 급격한 감소로 인해 과채류의 선도 연장에 유용하게 이용될 수 있어 상업적 이용가치가 매우 높다고 판단되어 진다.

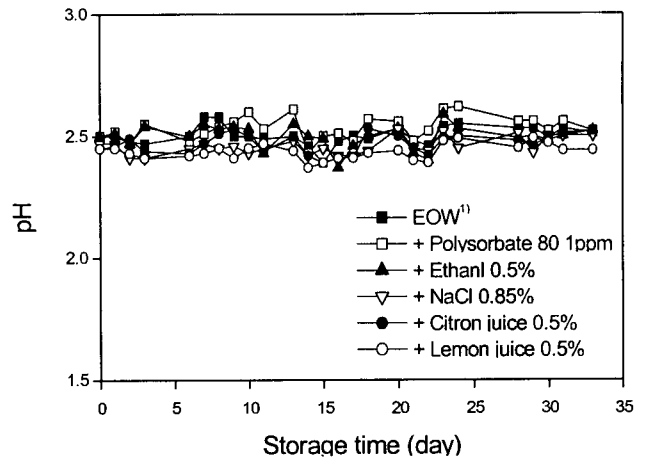


Fig. 1. Changes in pH of electrolyzed oxidizing water with/without additives during storage.

¹⁾ Electrolyzed oxidizing water.
+ : Added to electrolyzed oxidizing water.

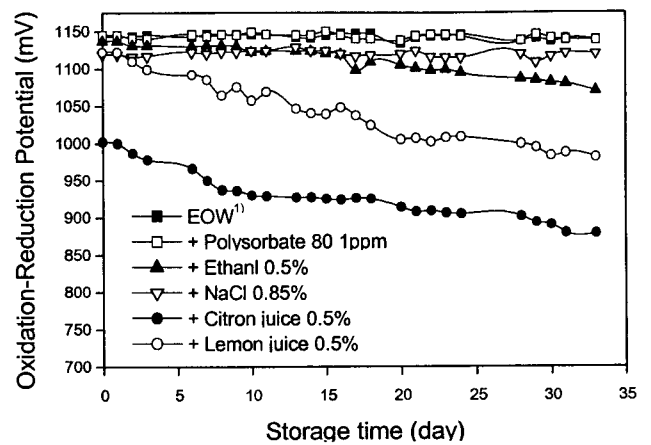


Fig. 2. Changes in oxidation-reduction potential of electrolyzed oxidizing water with/without additives during storage.

¹⁾ Electrolyzed oxidizing water.
+ : Added to electrolyzed oxidizing water.

Table 3. Changes in number of *Escherichia coli* KCTC 1039 in various treatment conditions (Unit : CFU/mL)

Treatments	Exposure time (min)								
	0	0.25	0.5	1	2	5	10	30	60
SDW ¹⁾	5.63×10 ⁸	5.5×10 ⁸	4.7×10 ⁸	5.4×10 ⁸	5.3×10 ⁸	4.3×10 ⁸	6.2×10 ⁸	4.4×10 ⁸	4.6×10 ⁸
EOW ²⁾	5.63×10 ⁸	4.5×10 ¹	N.D. ⁴⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ ³⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	5.63×10 ⁸	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ NaCl 0.85%	5.63×10 ⁸	1×10 ¹	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Ethanol 0.5%	5.63×10 ⁸	1×10 ¹	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Citron juice 0.5%	5.63×10 ⁸	2.5×10 ¹	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Lemon juice 0.5%	5.63×10 ⁸	1×10 ¹	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾ Sterilized distilled water. ²⁾ Electrolyzed oxidizing water. ³⁾ Added to electrolyzed oxidizing water. ⁴⁾ < 10¹ CFU/mL.

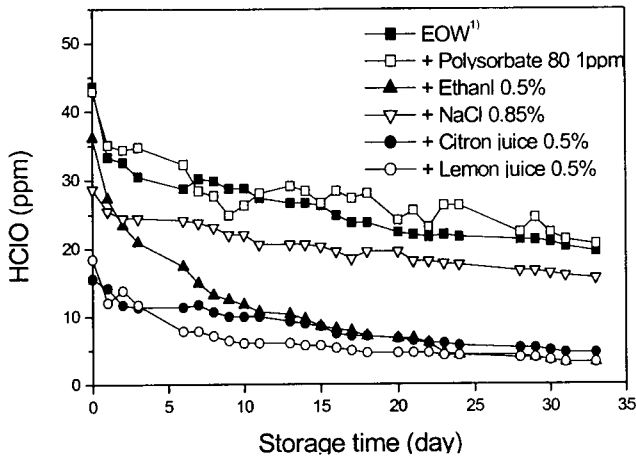


Fig. 3. Changes in HClO of electrolyzed acid water with/without additives during storage.

¹⁾ Electrolyzed oxidizing water.
+ : Added to electrolyzed oxidizing water.

미생물 살균효과

제조한 초저온수의 미생물 살균효과를 살펴보기 위해 멸균 증류수를 대조군으로 하여 전해산화수 및 식품첨가제를 첨가한 제조수를 0°C 냉장수조 내에서 비교 실험한 결과는 Table 3~6과 같다. 초기 균수가 5.63×10^8 CFU/mL인 *Escherichia coli* KCTC 1039는 멸균 증류수에서 1시간 침지 후에도 4.6

$\times 10^8$ CFU/mL로 거의 변화가 없었던 반면에, polysorbate 80 첨가구, NaCl 첨가구, ethanol 첨가구와 레몬과즙 첨가구는 15초만에 사멸하였으며, 전해산화수만을 처리한 시험구도 처리 30초만에 모두 사멸하는 결과를 나타내어, 대장균에 대한 높은 살균효과를 볼 수 있었다(Table 3). 이러한 결과는 생식하는 과채류의 세정 및 주방기구 세척에 제조수를 효율적으로 사용할 수 있으며, 최근 식품 위생에서 가장 문제시되고 있는 *Escherichia coli* O157:H7을 단시간에 효과적으로 살균할 수 있는 방법으로서의 가능성을 제시할 수 있었다. 한편, 포자를 형성하여 살균이 어려운 *Bacillus cereus* KCTC 1012는 초기 균수 1.71×10^8 CFU/mL에서 처리 30초 후 모든 시험구에서 $2.15 \sim 11.9 \times 10^2$ CFU/mL의 수준을 보였다. 즉, NaCl 첨가구에서 최고 68%, 유자과즙 첨가구에서 58% 수준의 균수가 감소하여 50% 이상이 사멸되는 효과를 보였으며, 전해산화수와 polysorbate 80 첨가구, ethanol 첨가구에서 처리 2분만에, NaCl 첨가구는 처리 5분, 레몬과즙 첨가구는 처리 10분만에 1.0 Log CFU/mL 수준으로 감소하였다(Table 4). 특히, *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108은 전해산화수, polysorbate 80, 유자과즙 및 레몬과즙 첨가구에서 처리 30초만에 더 이상 균이 검출되지 않는 뛰어난 효과를 나타내었다(Table 5). 그리고 채소류 연부병의 주원인균인 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* KCTC 2776은 전해산화수, polysorbate 80 첨가구 및 레몬과즙 첨가구에 30초 침지하였을 때 균이 모두 사멸하였으며, NaCl에서는 1분만

Table 4. Changes in number of *Bacillus cereus* KCTC 1012 in various treatment conditions (Unit : CFU/mL)

Treatments	Exposure time (min)							
	0	0.5	1	2	5	10	30	60
SDW ¹⁾	1.71×10^8	1.63×10^8	1.67×10^8	1.90×10^8	1.74×10^8	1.83×10^8	1.68×10^8	1.84×10^8
EOW ²⁾	1.71×10^8	3.0×10^2	1.1×10^2	1.5×10^1	N.D. ⁴⁾	N.D.	N.D.	N.D.
+ ³⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	1.71×10^8	2.25×10^2	5×10^1	1×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ NaCl 0.85%	1.71×10^8	2.15×10^2	9.5×10^1	3.5×10^1	1×10^1	N.D.	N.D.	N.D.
+ Ethanol 0.5%	9.43×10^8	3.3×10^2	1.15×10^2	1×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Citron juice 0.5%	1.71×10^8	1.19×10^3	7.45×10^2	4.2×10^2	2.85×10^2	1.55×10^2	7.5×10^1	3×10^1
+ Lemon juice 0.5%	1.71×10^8	5.5×10^2	3.45×10^2	1.1×10^2	6×10^1	5×10^1	N.D.	N.D.

¹⁾ Sterilized distilled water. ²⁾ Electrolyzed oxidizing water. ³⁾ Added to electrolyzed oxidizing water. ⁴⁾ $< 10^1$ CFU/mL.

Table 5. Changes in number of *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108 in various treatment conditions (Unit : CFU/mL)

Treatments	Exposure time (min)							
	0	0.5	1	2	5	10	30	60
SDW ¹⁾	9.43×10^8	1.06×10^9	8.7×10^8	8.9×10^8	8.35×10^8	8.3×10^8	8.8×10^8	1.03×10^9
EOW ²⁾	9.43×10^8	N.D. ⁴⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ ³⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	9.43×10^8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ NaCl 0.85%	9.43×10^8	3.5×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Ethanol 0.5%	9.43×10^8	2.3×10^1	1.0×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Citron juice 0.5%	9.43×10^8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Lemon juice 0.5%	9.43×10^8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾ Sterilized distilled water. ²⁾ Electrolyzed oxidizing water. ³⁾ Added to electrolyzed oxidizing water. ⁴⁾ $< 10^1$ CFU/mL.

Table 6. Changes in number of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* KCTC 2776 in various treatment conditions

(Unit : CFU/mL)

Treatments	Exposure time (min)							
	0	0.5	1	2	5	10	30	60
SDW ¹⁾	1.97×10^7	1.06×10^9	8.7×10^8	8.9×10^8	8.35×10^8	8.3×10^8	8.8×10^8	1.03×10^9
EOW ²⁾	1.97×10^7	N.D. ⁴⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ ³⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	1.97×10^7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ NaCl 0.85%	1.97×10^7	1.0×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Ethanol 0.5%	1.97×10^7	2.3×10^1	1×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Citron juice 0.5%	1.97×10^7	2.1×10^2	1.2×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+ Lemon juice 0.5%	1.97×10^7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾ Sterilized distilled water. ²⁾ Electrolyzed oxidizing water. ³⁾ Added to electrolyzed oxidizing water. ⁴⁾ $< 10^1$ CFU/mL.

에, 에탄올과 유자과즙 첨가구에서는 처리 2분만에 동일한 결과를 나타내었다(Table 6). 이와같은 결과로 볼 때, 일반적으로 실온의 전해산화수 사용시 *Escherichia coli*의 살균에 5분의 처리 시간을 필요로 한 반면, 본 실험에 사용한 $-1.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 저온처리 제조수를 사용하였을 때에는 30초 정도의 처리만으로도 높은 살균효과를 나타냈고, *Bacillus cereus*가 5분 정도의 처리시간이 필요한 것을 제외하고는 거의가 대장균과 유사한 경향을 나타내었는 바, 과채류의 수확 및 유통과정 중 초저온수 세정을 통하여 초기 오염 미생물을 감소시켜 선도를 연장시키거나, 비타민C 처리로 인한 갈변 억제에 이용할 수 있는 가능성을 보여주었다.

chlorophyllase 등에 의한 효소적 갈변과 maillard 반응, 카라멜화, ascorbic acid 산화 등에 의한 비효소적 갈변으로 구분된다(17, 18). 효소적 갈변은 식품가공 과정에서 polyphenol oxidase, peroxidase 등의 효소에 의한 산화반응의 결과이며, 이 효소들은 과일과 채소의 갈변 및 이취 생성 등에 관련하여 가공 제품의 품질특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있어 매우 중요시되고 있다(19, 20). 대부분의 과채류에 존재하는 페놀성 화합물은 polyphenol oxidase에 의한 효소적 갈변의 기질로 공기중의 산소에 의해 quinone 또는 quinone 유도체들로 산화되는 물질이다. 이와 같이 형성된 quinone 내지 quinone 유도체들은 활성이 매우 커서 계속 산화, 중합 또는 축합되어 최종적으로 melanin 색소 또는 흑색의 색소들을 형성한다. 따라서 polyphenol oxidase 활성과는 밀접한 관계가 있는 페놀성 화합물들의 양을 줄일 수 있으면 품질 열화와 관계된 갈변현상도 어느 정도 억제시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다(21, 22).

따라서, 본 실험에서 전해산화수의 갈변억제 효과는 감자를 대상으로 시료 중량 2배의 저온처리한 전해산화수에 각기 0.5, 5, 10, 20, 30분을 침지한 후 PPO의 기질을 제거시키는 phenol scavenger인 불용성 polyvinylpyrrolidone을 첨가하여 조효소액을 추출하고 polyphenol oxidase의 역할을 측정하였는바 그 결과는 Fig. 4와 같다. 즉, 침지처리 30초 후 탈수하여 측정된 PPO 활성은 무처리구가 297 units를 나타내는 반면 NaCl이 123 units로 가장 높은 활성 억제를 보였으며, ethanol 0.5% 첨가구가 196 units로 처리 후에 가장 낮은 활성 저해를 받은 것으로 나타났다. 그러나 본 결과에 나타내지 않았으나 침지 후에 탈수하여 공기 중에 방치하였을 때 초기 PPO의 활성이 가장 적은 시험구가 갈변현상 또한 느리게 일어나기 때문에 초기 PPO의 활성을 낮추는 것이 중요하다. 기존의 과육 갈변억제제로 가장 많이 사용되고 있는 ascorbic acid는 침지 5, 10, 20, 30분의 침지시에 polyphenol oxidase의 활성이 각각 110, 112, 109 및 115 units로 처리 20분에 효소 활성을 가장 크게 억제하는 것으로 나타났다. 첨가제의 특성에 따라 갈변 억제능을 가지는 NaCl 및 유자과즙을 첨가한

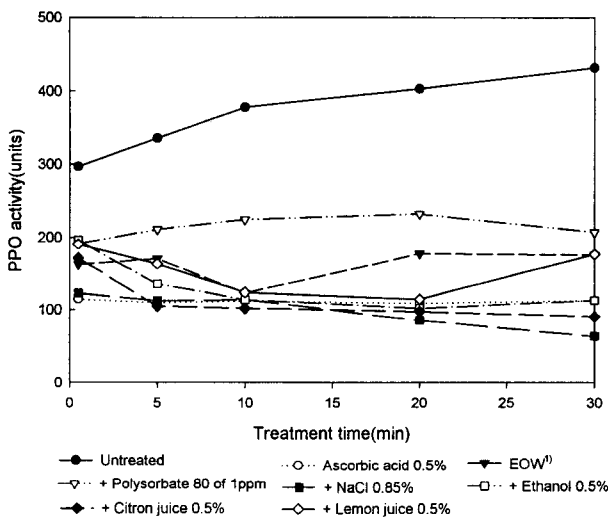


Fig. 4. Changes in polyphenol oxidase activity of peeled potato in various treatment conditions.

Units: $0.001 \Delta A_{420} \text{m}^{-1} \text{mL}^{-1}$

¹⁾ Electrolyzed oxidizing water.

+: Added to electrolyzed oxidizing water.

갈변억제 효과

식품의 갈변현상은 polyphenol oxidase, peroxidase, lipoxygenase,

경우에는 PPO 활성 억제능이 뛰어나 NaCl 첨가구에 30분, 유자과즙 첨가구에 30분 침지시 각각 64, 91 units로 낮은 효소활성을 보였다(Fig. 4). 한편, 색도에서는 침지시간이 길어질수록 밝기를 나타내는 L값은 아주 적은 폭이지만 대부분 증가하는 추세를 보였으며, 30분간 침지한 다음에도 대부분의 처리구에서 색차(ΔE)가 3 이하를 나타내어 침지시간에 따라 눈으로 확인할 수 있는 색도는 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다(Table 7). 이상의 결과로 보아 전해산화수에 유자과즙을 첨가하여 제조한 세정수로 처리한 경우에는 기존의 갈변억제제와 같은 높은 갈변효소 억제능과 더불어 표면 살균까지 동시에 처리할 수 있어 최소가공 채소류의 전 처리에 필요한 시간 및 경비를 줄여 경제적으로 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각되어 진다.

Table 7. Changes in color value by immersion time of peeled potato in various treatment conditions

Treatment	Hunter value	Treatment time(min)				
		0.5	5	10	20	30
Untreated	L	66.22	66.58	66.30	66.23	67.23
	a	1.99	2.03	2.15	1.75	2.27
	b	10.50	10.98	10.88	10.60	10.77
	ΔE	-	0.59	0.41	0.26	1.08
0.5% ascorbic acid	L	65.48	67.27	68.69	65.98	68.43
	a	1.89	1.94	1.93	1.89	1.83
	b	9.94	9.78	9.92	9.47	9.86
	ΔE	-	1.80	3.21	0.69	3.53
Electrolyzed oxidizing water	L	65.98	66.36	64.94	67.09	67.86
	a	2.06	2.00	2.09	1.86	2.10
	b	10.04	9.56	9.31	9.70	10.25
	ΔE	-	0.26	1.80	0.76	1.60
+ ¹⁾ Polysorbate 80 of 1ppm	L	64.23	68.68	68.87	68.81	68.38
	a	2.20	2.16	1.9	1.91	1.57
	b	10.37	11.11	11.04	10.90	10.46
	ΔE	-	2.70	2.82	2.71	2.17
+ NaCl 0.85%	L	66.38	65.62	66.73	67.13	67.12
	a	1.70	1.72	1.72	1.93	1.95
	b	9.52	9.58	9.70	10.12	10.33
	ΔE	-	0.76	0.39	0.99	1.13
+ Ethanol 0.5%	L	68.56	68.64	70.98	70.51	70.65
	a	1.88	1.53	1.92	1.92	1.66
	b	10.04	9.89	10.14	10.14	10.02
	ΔE	-	0.76	0.39	0.99	1.13
+ Citron juice 0.5%	L	66.28	66.08	66.28	66.56	64.39
	a	1.51	1.83	1.67	1.71	1.63
	b	9.39	9.64	9.42	9.45	8.67
	ΔE	-	0.30	0.43	0.44	2.26
+ Lemon juice 0.5%	L	67.79	67.56	70.05	69.83	70.13
	a	2.08	1.80	1.67	1.72	1.79
	b	10.38	8.70	9.65	9.76	10.19
	ΔE	-	1.72	2.40	2.16	2.36

¹⁾ Added to electrolyzed oxidizing water.

요 약

세정수로서의 전해산화수 효능을 증대시키기 위하여 다양한 식품첨가제를 첨가하여 제조한 0°C 이하의 세정수에 대한 냉각특성, 살균 및 갈변억제 효과를 조사하였다. 식품첨가제의 첨가비율은 NaCl 0.85%(w/v), ethanol 0.5%(v/v), 레몬과즙 0.5%(v/v), 유자과즙 0.5%(v/v), polysorbate 80은 1 ppm으로 결정하였다. 미생물 사멸효과는 초기 5.63×10^8 CFU/mL인 *Escherichia coli* KCTC 1039가 모든 첨가구에서 15~30초 이내에 전부 사멸하였으며, *Bacillus cereus* KCTC 1012는 polysorbate 80 및 ethanol 첨가구에서 2분 후, *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108은 polysorbate 80, 유자 및 레몬과즙 첨가구에서 30초만에, 그리고 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* KCTC 2776은 polysorbate 80 및 레몬과즙 첨가구에서 30초만에 사멸하는 효과를 나타내었다. 갈변억제효과는 polyphenol oxidase의 활성을 측정하여 비교한 결과, ascorbic acid 0.5% 첨가구에 5분간 침지하였을 때 57%의 활성저해를 보인 반면, 25%의 저해능을 보인 polysorbate 80 첨가구를 제외한 모든 처리구에서 62~84%의 높은 활성저해 효과를 보였으며, 그 중에서도 NaCl 및 유자과즙 첨가구에서 30분 침지시에 각각 64, 91 units로 가장 낮은 활성을 보여주었다. 절단 감자를 30분간 침지처리한 후의 색도에서도 대부분의 처리구에서 색차(ΔE)가 3 이하를 나타내었다.

참고문헌

- Kim, C., Hung, Y. C. and Brackett, R. E. (2000) Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogen. *J. food prot.*, 63, 19-24
- Jung, S.W. Park, K.J., Kim, Y.H., Park, B.I. and Jung, J.W. (1996) Effect of electrolyzed acid water on initial control of microorganisms in Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25, 761-767
- Park, K. J. Jung, S. W., Park, B. I. Kim, Y. H. and Jung, J. W. (1996) Initial control of microorganism in Kimchi by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 1104-1110
- 堀田 國元 (1998) Antimicrobial mechanism and application of acidic electrolyzed water. *食品と開発*, 33, 5-7
- Hotta, K. (1997) Acidic electrolyzed saline solution : Its antimicrobial activity and factors, and practical applications. *International symposium on biotechnology current status & prospects(Korea University)*, 3-9

6. 小宮山 寛機 (1998) Toxicological studies of electrolyzed water. 食品と開發, 33, 8-9
7. Venkitanarayanan, K. S., Ezeike, G. O. Hung, Y. C. and Doyle, M. P. (1999) Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. Applied and environmental microbiology, 65, 4276-4279
8. Venkitanarayanan, K. S., Ezeike, G. O. Hung, Y. C. and Doyle, M. P. (1999) Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. J. Food Prot., 62, 857-860
9. Smooth, L. A. and Pierson, M. D. (1979) Effect of oxidation-reduction potential on the growth and chemical inhibition of *Clostridium botulinum* 10755A spores. J. Food Sci., 44, 700-707
10. Jung, S.W., Park, K.J., Park, K.J., Park, B.I., and Kim, Y.H. (1996) Surface sterilization effect of electrolyzed acid-water on vegetable., Korean J. Food Sci. Technol., 28, 1045-1051
11. Henningson, R. W. (1967) Thermister cryoscopy in the food industry. Food Technol., 21, 132-135
12. Fennema, O.R., Powrie, W.D. and Marth, E.H. (1973) Low temperature preservation of foods and living matter, Marcel Dekker Inc., New York, p.137-145
13. Hackert, J.M., Morey, R.V. and Thompson, D.R. (1987) Precooling of fresh market broccoli, Trans. ASAE, 30, 1489-1494
14. Takahashi, T., Abe, K. and Chachin, K. (1996) Effect of air-exposure at low temperature on physiological activities and browning of shredded cabbage. J. Japanese Soc. Food Sci. Technol., 43, 663-667
15. Jeong, J.W., Park, K.J. and Jung, S.W. (1999) Microbiological cleaning effect of electrolyzed acid water by containing polysorbates. Korean J. Food Sci. Technol., 31(4), 1029-1034
16. Jeong, J.W., Jung, S.W. and Kim, M.H. (2000) Applicable properties of electrolyzed acid water as cleaning water. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 7(4), 395-402
17. Kuroki, M. and Uritani, I. (1966) Isolation and identification of two coumarin derivatives from Japanese chestnut. Agri. Biol. Chem., 30, 78-82
18. Ha, B.S., Bae, M.S., Jeong, T.M., Sung, N.J. and Son, Y.O. (1982) Studies on constituent variation during storage after freeze-drying of chestnut. Korean J. Food Sci. Technol., 14, 97-105
19. Park, W.P., Cho, S.H. and Lee, D.S. (1998) Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. Korean J. Food Sci. Technol., 30, 278-282
20. Whitaker, J.R. and Lee, C.Y. (1995) (Recent advances in chemistry of enzymatic browning) Enzymatic browning and its prevention. ACS symposium series 600:2-7. American Chemical Society, Washington, D.C.
21. Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L. Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, T.J. Sondey, S.M. Seib. P.A. and Ei-Atawy, Y.S. (1989) Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid, derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. J. Food Sci., 54, 997-1002
22. Saper, G.M. and Miller, R.L. (1992) Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. J. Food Sci., 57, 1132-1135

(접수 2002년 3월 27일)