

Effect of Alkaline Ionized Water on Stabilization of Antioxidation, Antithrombosis and Antibacterial Activities

Seon-Mi Ahn, Meea Kang¹, Moo In Kim² and Ho-Yong Sohn*

Department of Food and Nutrition, and ¹Department of Environmental Engineering, Andong National University, Andong 760-749, Korea
²Water Purification Division, Bucheon City, 420-736, Korea

Received April 21, 2010 / Accepted June 14, 2010

In this study, the stable maintenance of bioactivity in alkaline ionized water (AIW) and antibacterial effects of AIW were evaluated to confirm benefits of AIW. As controls, purified water (PW) and tap drinking water (DW) were used. The pH and ORP (oxidation-reduction potential) of AIW, PW and DW used were 9.5 and 120 mV, 7.2 and 144 mV, and 7.3 and 564 mV, respectively. High level of minerals was observed in DW (DW>AIW>PW of mineral contents). Concentrations of Ca⁺⁺ and Na⁺ in DW were 14.5, and 8.4 mg/l, respectively, while no Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, and Na⁺ were detected in PW. Evaluation of antioxidant activities for AIW, PW and DW showed that the waters did not act as antioxidants. However, the DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) or superoxide radical scavenging activities or reducing power of vitamin C were stably maintained in AIW and PW, though not in DW, against heat treatment (60°C) or vigorous shaking (120 rpm) at 37°C. Similarly, after aspirin treatment at 60°C for 1 hr, the antithrombosis activity in PW and AIW was 62.6% and 55.3%, while that of DW was 52.1%. Furthermore, cell growth analysis and viable cell count of *Escherichia coli* H7:O157 in PW, AIW and DW showed that AIW and DW, not DW, have antibacterial activities. Our results suggest that the state of water, for example pH, ORP and mineral contents of water, should be considered in medicine or food industries, and that AIW has high potential for utilization in various fields.

Key words : Alkaline ionized water, antioxidation activity, antibacterial activity, antithrombosis activity

서 론

알카리 이온수(AIW: alkaline ionized water)는 pH 8.5를 초과하는 알카리 상태의 물을 의미하며, 통상 물의 전기분해 방식 또는 필터방식으로 생성된다[3]. 전기분해 방식은, 수도 물 등을 필터 처리하여 유기화합물, 중금속 등을 제거하고 이를 전기분해하여 (-)극에 알카리수, (+)극에 산성수를 생성한 후 알카리수만을 회수하여 제조하며, 한편 필터방식은 식수와 미네랄 함유 소재(수소보다 이온화 경향이 큰 마그네슘, 칼슘과 같은 알칼리토금속) 세라믹이 충전된 필터를 통과하여 생성하게 된다[1,3]. AIW는 1930년대 일본에서 전해이온수에 대한 연구 중 발견되었으며 이후, 일본 민간에서는 설사와 소화불량, 피부 습진치료 등에 사용하여 왔다. 1966년 1월 15일 일본 후생성이 전해이온수 제조기를 의료용 물질생성기로 제조 승인하고 의료용구로 인정함에 따라 본격적으로 AIW가 이용되게 되었으며, 1975년 AIW의 효능을 “위장내 이상발효, 만성설사, 소화불량, 위산과다”로 한정하고 이를 기능수의 일종으로 사용토록 하였다.

한편 국내에서는, 1981년 알카리 이온수기를 의료용 물질인

pH 8.5를 초과하는 알카리수 생성기구로 정의하고 이를 의료 기기로 허가 관리해오면서 AIW가 광범위하게 이용되기 시작하였다. 현재 국내에서 AIW의 효능을 “위장내 이상발효, 만성설사, 소화불량, 위산과다, 위산중화”로 인정하고 있다(식약청 공개자료: 알카리이온수기 관리 개선방안, 2007년 11월). 그러나, 국내 먹는물관리법 제 3조 [먹는물 수질기준 및 검사등에 관한 규칙]에는 먹는물의 수질기준상 pH를 5.8~8.5로 규정하고 있으므로, pH 8.5를 초과하는 알카리 이온수의 일반인의 상시 음용은 여러 다른 의견이 있는 실정이며, 실제 pH 10 이상의 알카리수는 음용을 제한하고 있다.

실제 민간에서 AIW가 오랜 기간 다양한 용도로 이용되어 왔음에도 불구하고, AIW에 대한 생리활성 연구는 많이 이루어져 있지 않으며 최근까지 세정, 추출제로서의 효과[3,9], 세균 살균효과 및 식품저장성 증대 효과[2,11,14,15], 가축의 산독증 억제 및 비육 효과[1,5], 혈당 감소 및 항당뇨 효과[4,8,12], 간 보호 효과 및 항산화 활성[6,10,16,17,19] 및 암세포 사멸효과[20]등이 일부 보고되어 있다.

본 연구에서는 AIW의 유용성을 검증하기 위한 연구의 일환으로, 생리활성물질의 AIW에서의 활성 유지 및 AIW의 항균 효과를 검토하였다. 즉, AIW, 정수, 상수용수에서 항산화물질인 vitamin C 또는 항혈전제로 이용되고 있는 아스피린의 생리활성 유지 효과를 검토하였으며, 각각의 물에서 *Escherichia*

*Corresponding author

Tel : +82-54-820-5491, Fax : +82-54-820-7804

E-mail : hysohn@andong.ac.kr

coli H7:O157 식중독 세균의 증식을 및 생존율 변화를 조사하였다. 이에 AIW와 정수는 상수용수에 비해 우수한 생리활성 유지효과와 항세균 효과를 나타내었기에 그 결과를 보고하고자 하며, 이러한 연구는 향후 식품 및 의료산업에서 용매로서의 물의 상태도 고려되어야 함을 제시하고 있으며, 다양한 분야에서의 AIW 이용 가능성을 제시하고 있다.

재료 및 방법

실험재료

AIW는 시판 알칼리수(H사)를 구입하여 사용하였으며, 대조구로는 정수(purified water: PW)와 상수용 음용수(drinking water: DW)를 사용하였다. PW는 국내 정수기(W사: 정수 필터에 부직포, 활성탄, 역삼투막 및 은 활성탄 및 UV 멸균기가 장착된 모델)를 통과한 물을 사용하였다. 각각의 pH, ORP (oxidation-reduction potential) 및 미네랄 함량은 Table 1에 나타내었다. 사용한 물의 농축 시료 조제를 위해서는 AIW, PW 및 DW 각각 1L를 감압회전 농축기(Eyela Co., Japan)를 이용하여 60°C에서 농축하여 최종적으로 10 ml를 회수하였으며, 4°C 냉장고에 보관하며 사용하였다.

미네랄 함량, pH, ORP 평가

미네랄 함량은 Ca, K, Na, Mg 4개 항목에 대하여 유도결합 플라즈마 발광 광도법으로 Optima 4300 DV (Perkin Elmer Co., USA)를 사용하여 측정하였다. pH 및 ORP는 HI 991003 pH-meter (HANNA Instruments Co., USA)를 사용하여 측정하였다.

항산화 활성

AIW, PW, DW 및 이들의 농축시료를 대상으로 항산화 활성 및 이들에 용해된 vitamin C의 항산화 활성 유지효과를 평가하였다. 먼저 다양한 물 및 100 배 농축액의 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능 측정, superoxide radical 소거능 및 환원력 측정에 의해 평가하였다[7,18]. DPPH radical 소거능 평가의 경우, 다양한 농도로 희석한 물 시료 20 µl에 99.5% 에탄올에 용해시킨 2×10⁻⁴M DPPH용액 380 µl를 넣고 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후, 516 nm에서 microplate reader (Asys Hitech, Expert96, Asys Co., Austria)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. DPPH

free radical 소거능은 시료첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였으며, 최종 결과는 3회 측정값의 평균과 편차로 나타내었다. 환원력 평가는 Oyaizu등의 방법을 변형하여 측정하였다[18]. 각각의 물 시료 1 ml를 0.2M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 ml와 10% potassium ferricyanide 2.5 ml를 첨가하고 50°C에서 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 2.5 ml를 첨가하여 반응을 종료하고 4,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 회수한 상등액은 증류수로 2배 희석한 후, 신선하게 조제된 0.1% ferric chloride 용액과 5:1 (v/v) 비율로 혼합하고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 평가하였다. Superoxide radical 소거능 평가는 superoxide와 반응하여 갈변물질을 만드는 pyrogallol 자동산화를 측정하여 평가하였다[7,18]. 즉, 물 시료용액 0.2 ml에 Tris-HCl buffer (50 mM tris, 10 mM EDTA, pH 8.5) 3 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 가하고, 25°C에서 10분간 반응시킨 후, 1N HCl 1 ml로 반응을 정지시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각각의 항산화 활성은 시료첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였으며, 최종 결과는 3회 측정값의 평균과 편차로 나타내었다. 한편 다양한 물 시료에서의 vitamin C의 항산화능 유지 효과 평가를 위해서는, 각각의 물에 25 µg/ml의 vitamin C를 녹인 후 37°C에서 2시간 동안 120 rpm의 속도로 교반하거나, 60°C에서 2시간 정지한 후 잔존 항산화능을 평가하였다. 각각의 항산화 활성은 상기 언급한 바와 동일하게 나타내었으며, 최종 결과는 3회 측정값의 평균과 편차로 나타내었다.

항혈전 활성

다양한 물 시료에서의 aspirin의 항혈전능 유지효과 평가를 위해, 각각의 물에 30 mg/ml의 aspirin을 가한 후 60°C에서 1시간 정지한 후 잔존 항혈전능을 측정하였다. 항혈전능은 Amelung coagulometer KC-1A (Japan)를 이용하여 thrombin time을 측정하여 평가하였다[7,18]. 즉, 37°C에서 0.5U thrombin (Sigma Co., USA) 50 µl와 20 mM CaCl₂ 50 µl, 각각의 물에서 열처리한 아스피린 시료 10 µl를 coagulometer의 튜브에 혼합하여 2분간 반응시킨 후, 인간 혈장 100 µl를 첨가한 후 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였다. 대조군으로는 기존의 용매대조구로 사용된 dimethylsulfoxide (DMSO)를 사용하였으며, 평균 33.0초의 응고시간을 나타내었다. Thrombin time은 3회 반복한 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

Table 1. The pH, ORP and mineral contents of alkaline ionized water, purified water and drinking water used in this study

Water	pH	ORP (mV)	Mineral (mg/l)			
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
AIW ¹	9.5±0.4	120	4.0±1.0	0.4±0.1	0.1±0.003	0.5±0.008
PW ²	7.2±0.4	144	ND ⁴	ND	ND	ND
DW ³	7.3±0.1	564	14.5±0.3	3.0±0.1	2.3±0.2	8.4±0.2

¹AIW: alkaline ionized water, ²PW: purified water, ³DW: drinking water, ⁴ND: Not detected

항균 활성

다양한 물 시료의 항균 활성을 평가하기 위해, AIW와 일반 음용수에서 *E. coli* H7:O157 식중독 세균의 생존율 및 증식율 변화를 조사하였다. 먼저 *E. coli*를 Luria Broth (LB, Difco Co., USA)에 8시간 전배양 한 후 원심집균하고, 2회 멸균 증류수로 수세한 후 각각의 물에 현탁하여 2×10^4 CFU/ml 농도가 되도록 조정하였다. 이후 이를 37°C에서 3시간 진탕 후 회수하고 LB 한천배지에 도말하여 생균수를 측정하였다. 한편 각각의 물 처리에 의한 *E. coli*의 증식도 변화를 측정하기 위해서는 원심집균 및 수세한 *E. coli*를 각각의 물에 현탁하여 초기 OD 0.18 (600 nm, OD₆₀₀)로 조정하였으며, 이를 37°C에서 18시간 동안 진탕배양하면서 경시적으로 시료를 취하여 OD 변화를 측정하였다. 결과는 각각 독립된 3번의 반복 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

통계분석

실험 결과는 SPSS 17.0 버전을 사용하여 mean±SD로 나타내었으며, 각 군간의 차이는 ANOVA Tukey LSD 통계처리방법으로 통계적 유의성 검정을 조사하였다. 유의수준은 p<0.05로 하였다.

결과 및 고찰

AIW의 항산화 활성 유지 효과

먼저 다양한 물 시료들의 pH 및 ORP를 측정하였으며, AIW의 경우 pH는 9.5, ORP는 120 mV이었다(Table 1). PW와 DW의 pH는 7.2 및 7.3으로 유사하였으나 ORP는 각각 144 및 564 mV로 나타나, PW의 경우 pH는 DW와 유사한 반면, ORP는 AIW와 유사하였다. 한편 미네랄 함량 측정 결과, PW에서는 미네랄이 측정범위 이하로 검출되지 않았으며, AIW는 소량의 Ca, Mg, K 및 Na 이온을 포함하였다. 그러나 DW는 14.5 mg/l의 Ca 이온을 비롯하여 상당량의 미네랄을 포함함을 확인하였다.

각각의 물 시료들의 항산화능을 평가한 결과는 Table 2에 나타내었다. 물 시료들을 대상으로 DPPH radical 소거능을 측정한 결과, AIW 및 PW에서 2% 정도의 매우 미약한 DPPH 소거능을 나타내었으며, DW에서는 전혀 활성이 나타나지 않

았다. 또한 환원력 및 superoxide radical 소거능은 AIW, PW, 및 DW 모두에서 나타나지 않았다. 각각의 물 시료들을 100배 농축하여 다시 평가한 경우 AIW 및 PW에서 5.39% 및 4.25%의 DPPH radical 소거능을 나타내었으나, 환원력 및 superoxide radical 소거능은 AIW, PW 및 DW의 100배 농축액 모두에서 나타나지 않았다. Vitamin C의 경우 25 µg/ml 농도(142 µM)에서 63%의 DPPH radical 소거능을 나타낼 때 고려할 때 (Fig. 1), 이러한 미약한 DPPH radical 소거능은 무시할 수 있었으며, 또한 통계적으로 유의하지 않았다. AIW의 경우 농축에 따른 pH가 0.6정도 감소가 나타났으나, 이의 원인은 향후 조사가 필요한 부분이다.

한편 항산화제인 vitamin C의 다양한 물에서의 안정성을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 먼저 다양한 물에 용해된 vitamin C를 37°C에서 120분간 진탕하면서 잔존 항산화능을 평가한 경우, AIW 및 PW에서는 DPPH radical 소거능이 초기 63%에서 58~59%로 미미하게 감소한 반면, DW에서는 매우 빠르게 감소하여 10분 후 26%, 60분 후 12%, 120분 후 6% 잔존활성을 나타내었다. 또한 다양한 물에 용해된 vitamin C를 60°C에서 120분간 정치하면서 잔존 항산화능을 평가한 경우에도 AIW 및 PW에서는 DPPH radical 소거능이 초기 61%에서 56~57%로 감소한 반면, DW에서는 10분 후 17%, 60분 후 6%, 120분 후 5% 잔존활성을 나타내었다. 이와 유사하게 환원력 및 superoxide radical 소거능 평가 경우에도, AIW 및 PW에 용해시킨 vitamin C는 각각의 활성이 안정하게 유지되었으나, DW에 용해시킨 경우 빠른 활성 감소가 나타났다. 전반적으로 37°C, 진탕조건보다 60°C, 정치조건에서 보다 빠른 활성 감소가 나타나 고온조건이 보다 vitamin C의 활성유지에 더욱 가혹한 조건임을 알 수 있었다[13]. 비록 매우 낮은 농도의 vitamin C와 가혹한 조건에서의 활성변화 실험이지만, 이러한 결과는 향후 식품 및 의약품 산업에서 용매로서의 물의 상태도 고려인자가 되어야 함을 제시하고 있다.

AIW의 항혈전 활성 유지 효과

항혈전 활성을 나타내는 aspirin의 다양한 물에서의 열처리 후 활성 안정성평가 결과는 Table 3에 나타내었다. 열처리 하지 않은 aspirin은 aspirin 무처리구에 비해 thrombin time을

Table 2. Antioxidant activity of the alkaline ionized water, purified water and drinking water

Water	State	pH	DPPH scavenging activity (%)	Reducing power (OD 700)	Superoxide scavenging activity (%)
AIW ¹	Without treatment	9.47	2.21±0.005 ^b	0.03±0.007	0.21±0.001
	×100 concentrated	8.83	5.39±0.146 ^b	0.03±0.007	0.21±0.008
PW ²	Without treatment	7.21	2.16±0.005 ^b	0.03±0.007	0.20±0.017
	×100 concentrated	7.48	4.25±0.002 ^b	0.03±0.007	0.20±0.019
DW ³	Without treatment	7.37	0.00±0.005 ^a	0.03±0.005	0.21±0.001
	×100 concentrated	7.48	0.00±0.730 ^a	0.03±0.007	0.21±0.015

¹AIW: alkaline ionized water, ²PW: purified water, ³DW: drinking water.

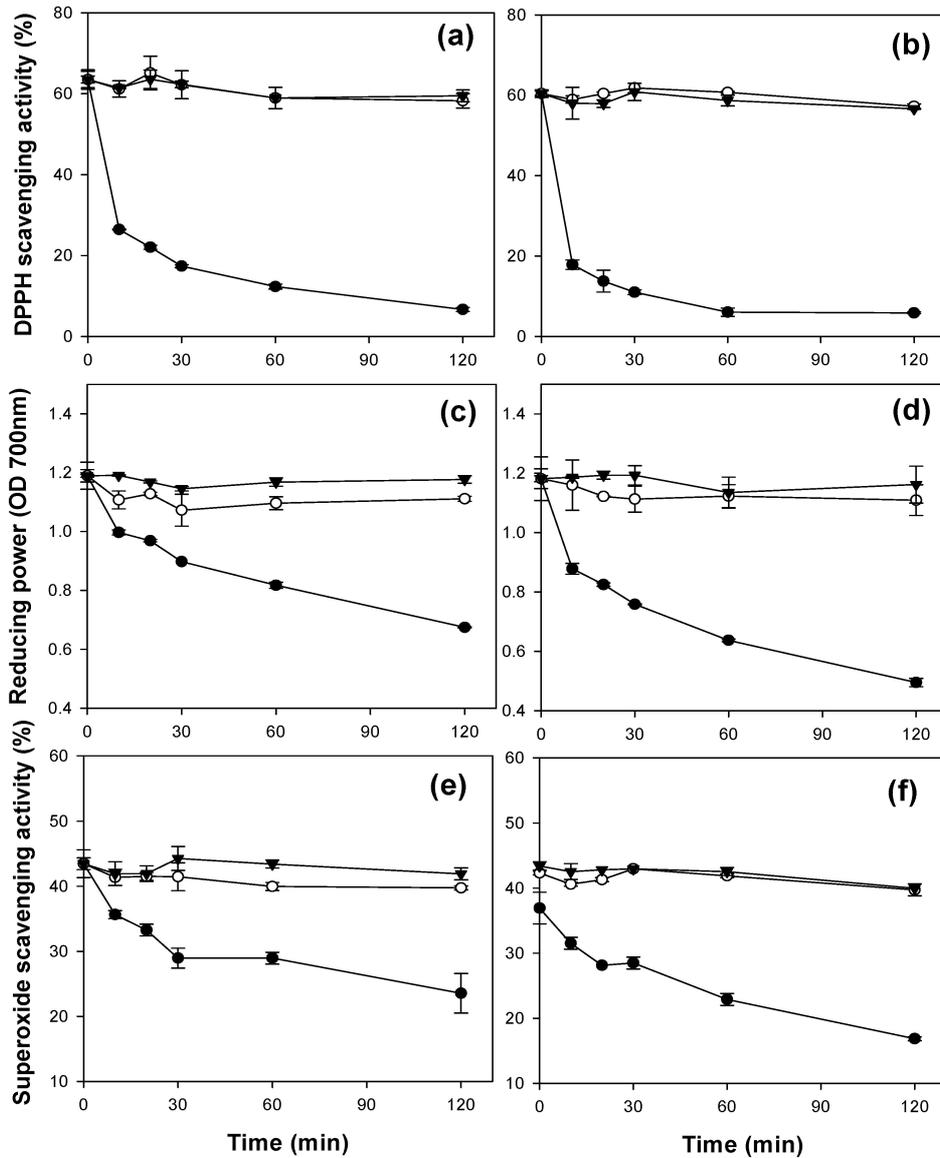


Fig. 1. Changes of (a and b) DPPH radical scavenging activity, (c and d) reducing power, and (e and f) superoxide radical scavenging activity of vitamin C (25 µg/ml) in alkaline ionized water (▲), purified water (○), and drinking water (●), respectively. The vitamin C was de-stabilized by (a, c and e) continuous shaking (120 rpm) at 37°C, or (b, d and f) heat treatment at 60°C for 2 hr.

Table 3. Changes of anticoagulation activity of aspirin by treatment of the alkaline ionized water, purified water and drinking water

Samples	Aspirin	AIW	PW	DW
Thrombin Time (x control)	2.57±0.02 ^a	1.42±0.13 ^{bc}	1.61±0.07 ^b	1.34±0.14 ^c

Aspirin (30 mg/ml) was suspended in the alkaline ionized water, purified water and drinking water, and then treated at 60°C for 1 hr, respectively. After cooling to 30°C, the remaining anticoagulation activity of aspirin was evaluated by determination of thrombin time.

약 2.57배 증가시켜 혈전생성 억제능을 알 수 있었다. AIW, PW 및 DW에서 60°C, 1 시간 열처리한 경우 thrombin time은 aspirin 비처리구에 비해 각각 1.42배, 1.61배 및 1.34 배 증가하

는데 그쳤다. 이러한 활성감소는 원래 aspirin 활성의 55.3%, 62.6% 및 52.1%에 해당하며, PW>AIW>DW 순으로 활성유지 효과가 나타났다. 이러한 결과는 물의 pH보다는 미네랄 성분

에 의해 aspirin의 항혈전 활성의 변화가 나타난 것으로 추측되며, 실제 혈액응고에 관련되는 Ca 이온 및 기타 미네랄 농도와 관련된 것으로 추측된다(Table 1).

AIW의 항균 활성 유지 효과

AIW 처리에 의한 *Campylobacter jejuni*의 불활성화[15] 및 식품, 특히 신선편이의 저장성 증대에 대한 연구결과[2,14]에 따라 다양한 물에서의 *E. coli*의 생존을 변화를 평가하였다(Fig. 2). DW에 OD₆₀₀ 0.18로 조정된 *E. coli* 현탁액을 37°C에서 3시간 진탕배양한 경우 OD₆₀₀은 0.207로 증가되었으며, 6시간 후에는 0.20, 18시간 이후에는 0.196로 서서히 감소되었다. 반면 AIW 및 PW에 각각 현탁 후 진탕배양한 경우, 초기 OD₆₀₀ 0.18에서 3시간 후 0.15 및 0.136로, 6시간 후에는 0.137 및 0.125로 빠르게 감소하였으며, 18시간 후에 0.108 및 0.098로 매우 낮은 세포농도를 나타내었다. 이는 AIW 및 PW 조건 하에서 *E. coli*의 빠른 불활성화 및 세포파괴가 나타남을 의미하며, 신선편이 제품에서의 수세용 및 조리수로 AIW가 효율적이라는 기존의 보고[14,15]와 유사한 결과이다. 한편 생육억제 정도를 확인하기 위해 2×10⁴ CFU/ml의 *E. coli*를 다양한 물에 3시간 진탕배양 후 LB 한천배지에 도말하여 생존수를 측정된 결과, DW에서는 5.58×10⁴ CFU/ml로 증가된 반면 AIW 및 PW 처리 시에는 각각 3.49×10⁴ CFU/ml 및 3.20×10⁴ CFU/ml로 나타나, AIW 및 PW 처리 시에 *E. coli*의 증식억제가 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 세포증식도를 OD로 측정된 경우와 생존수 변화로 측정된 경우 약간의 차이가 나타났는데, 이는 OD 측정의 경우 3시간 처리동안 나타난 *E. coli*의 불활성화를 즉시 평가하지만, LB 한천배지에서 24시간 배양하는 평판도말법의 경우 3시간 처리 시의 세포 손상이 영양공급에 따라 회복되기 때문으로 추측된다. 실제 각각의 물에서 18시간 진

탕 배양후의 *E. coli*의 OD₆₀₀는 0.1 전후로 진탕배양전과 비교해 50% 정도 감소되었으나, 18시간 진탕 배양후의 생존수 측정의 경우 LB 한천배지에서 전혀 콜로니가 나타나지 않아 모두 사멸한 것으로 나타났다(결과 미제시). 이러한 결과는 AIW 및 PW가 식품 제조, 저장 및 수세용으로 이용가능성을 나타내고 있다. 향후 AIW의 추가적인 생리활성 규명과 함께 식품 및 의약품 제조 시 사용되는 물의 pH, ORP 및 미네랄 함량 조사와, 이에 따른 생산품의 생리기능 변화에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

References

1. Abol-Enein, H., O. A. Gheith, N. Barakat, E. Nour, and A. E. Sharaf. 2009. Ionized alkaline water: new strategy for management of metabolic acidosis in experimental animals. *Ther. Apher. Dial.* **13**, 220-224.
2. Han, M. R. and M. H. Kim. 2006. Effects of alkaline ionic water and grapefruit seed extract added immersion solutions on storage characteristics of mulberry leaf soybean curd. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* **49**, 108-113.
3. Jang, S. Y., G. Y. Im, and Y. J. Jeong. 2009. Quality characteristics of red ginseng extracts prepared using alkaline water. *Kor. J. Food Preserv.* **16**, 172-178.
4. Jin, D., S. H. Ryu, H. W. Kim, E. J. Yang, S. J. Lim, Y. S. Ryang, C. H. Chung, S. K. Park, and K. J. Lee. 2006. Anti-diabetic effect of alkaline-reduced water on OLETF rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **70**, 31-37.
5. Jin, S. K., I. S. Kim, Y. M. Song, S. N. Kang, J. Y. Jong, H. S. Oh, and C. S. Min. 2009. The effect of ion water and premixed mineral supplementation on the growth performance, carcass, and meat quality parameters in finishing pigs. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 252-259.
6. Kim, D. H. and H. S. Kang. 2008. Effect of alkaline ionized water supplementation on anaerobic capacity and scavenges active oxygen species. *J. Sport Leisure Studies* **34**, 1157-1169.
7. Kim, J. L., H. S. Jang, J. S. Kim, and H. Y. Sohn. 2009. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **37**, 133-139.
8. Kim, J. M. and K. Yokoyama. 1997. Effect of alkaline ionized water on spontaneously diabetic GK-rats fed sucrose. *Kor. K. Lab. Anim. Sci.* **13**, 187-190.
9. Kim, Y. D., I. M. Chung, and K. G. Lee. 2005. Silk degumming by electrolyzed alkaline water. *Kor. J. Seric. Sci.* **47**, 36-40.
10. Lee, M. Y., Y. K. Kim, K. K. Ryoo, Y. B. Lee, and E. J. Park. 2006. Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damage to DNA, RNA, and protein. *Appl. Biochem. Biotechnol.* **135**, 133-144.
11. Lee, S. H. and M. S. Jang. 2004. Effects of electrolyzed water and chlorinated water on sensory and microbiological characteristics of lettuce. *Kor. J. Soc. Food Cookery Sci.* **6**, 45-53.
12. Li, Y., T. Nishimura, K. Teruya, T. Maki, T. Komatsu, T.

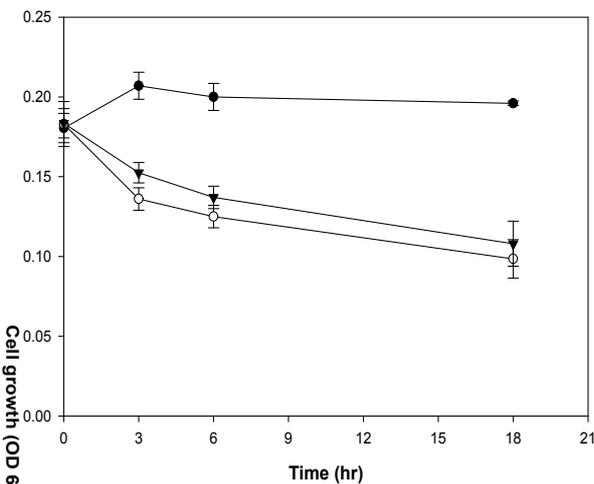


Fig. 2. Changes of *Escherichia coli* H7:O157 growth in different waters cultures. The washed cells were cultured in alkaline ionized water (▼), purified water (○), and drinking water at 37°C, respectively.

- Hamasaki, T. Kashiwagi, S. Kabayama, S. Y. Shim, Y. Katakura, K. Osada, T. Kawahara, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Ishii, Z. Gadek, and S. Shirahata. 2002. Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic beta-cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species. *Cytotechnology* **40**, 139-149.
13. Meucci, E., G. E. Martorana, A. Ursitti, M. G. Pischitta, G. A. Miggianno, and A. Castelli. 1985. Ascorbic acid stability in aqueous solutions. *Acta Vitaminol. Enzymol.* **7**, 147-153.
14. Oh, S. J., T. I. Ha, and M. H. Chang. 1993. Availability of alkaline ionic water as a cooking water. *Kor. J. Food Nutr.* **6**, 8-15.
15. Park, H., Y. C. Hung, and R. E. Brackett. 2002. Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *Int. J. Food Microbiol.* **72**, 77-83.
16. Park, S. K., X. F. Qi, S. B. Song, D. H. Kim, Y. C. Teng, Y. S. Yoon, K. Y. Kim, J. H. Li, D. Jin, and K. J. Lee. 2009. Electrolyzed-reduced water inhibits acute ethanol-induced hangovers in Sprague-Dawley rats. *Bioméd Res.* **30**, 263-269.
17. Shirahata, S., S. Kabayama, M. Nakano, T. Miura, K. Kusumoto, M. Gotoh, H. Hayashi, K. Otsubo, S. Morisawa, and Y. Katakura. 1997. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **134**, 269-274.
18. Sohn, H. Y., H. Y. Ryu, Y. J. Jang, H. S. Jang, Y. M. Park, and S. Y. Kim. 2008. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial part of *Saxifraga stolonifera*. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **36**, 195-200.
19. Tsai, C. F., Y. W. Hsu, W. K. Chen, W. H. Chang, C. C. Yen, Y. C. Ho, and F. J. Lu. 2009. Hepatoprotective effect of electrolyzed reduced water against carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. *Food Chem. Toxicol.* **47**, 2031-2036.
20. Tsai, C. F., Y. W. Hsu, W. K. Chen, Y. C. Ho, and F. J. Lu. 2009. Enhanced induction of mitochondrial damage and apoptosis in human leukemia HL-60 cells due to electrolyzed-reduced water and glutathione. *Biochem. Biotechnol.* **73**, 280-287.

초록 : 향산화, 항혈전 및 항세균 활성의 안정화에 미치는 알칼리 이온수의 영향

안선미 · 강미아¹ · 김무인² · 손호웅*

(안동대학교 식품영양학과, ¹안동대학교 환경공학과, ²부천시청 정수과)

Alkaline ionized water (AIW)의 유용성을 검증하기 위한 연구의 일환으로, 생리활성물질의 AIW에서의 활성 유지 및 AIW의 항균효과를 검토하였다. 실험에 사용한 물은 AIW (pH 9.5, ORP 120 mV), 정수기를 통과한 정수 (PW: pH 7.2, ORP 144 mV) 및 상수용수(DW: pH 7.3, ORP 564 mV)로, 각각의 미네랄 함량은 DW>AIW>PW 순으로 나타났다. 특히 DW의 경우 14.5 mg/l의 Ca 이온을 비롯하여 상당량의 미네랄이 확인되었으며, PW에서는 Ca, Mg, K 및 Na 이온이 전혀 검출되지 않았다. AIW, PW 및 DW 자체의 향산화력을 DPPH radical 소거능, 환원력 및 superoxide radical 소거능으로 평가한 결과 매우 미미하였으며, 차이가 인정되지 않았다. 그러나 각각의 물에 vitamin C를 첨가하고(25 µg/ml), 37°C에서 2시간 동안 120 rpm의 속도로 교반하거나, 60°C에서 2시간 정지한 후 잔존 향산화 활성을 평가한 결과, DW에서는 향산화활성의 빠른 감소가 나타났으나 PW 및 AIW에서는 향산화 활성을 유지하였다. 또한 각각의 물에 항혈전제로 사용되고 있는 aspirin을 첨가하고(30 mg/ml), 60°C에서 1시간 열처리 후 잔존 항혈전 활성을 평가한 경우에도 PW>AIW>DW순으로 활성유지효과가 나타났으며, 각각의 잔존활성은 초기 활성의 62.6%, 55.3% 및 52.1%로 나타났다. 각각의 물에 *Escherichia coli* H7:O157 균주를 초기 OD₆₀₀ 0.18로 조정 후 37°C에서 3시간 진탕배양한 경우에도 PW 및 AIW에서는 빠른 생육 감소가 나타났으나, DW에서는 오히려 일시적인 생육증가 후 서서히 감소하였다. 이러한 결과는 생균수 측정에서도 유사하게 나타나 PW 및 AIW에서는 *E. coli* 생육억제 효과를 확인할 수 있었다. 본 연구결과는 향후의 식품 및 의료산업에서 용매로서의 물의 상태도 고려되어야 함을 제시하고 있으며, 다양한 분야에서의 AIW 이용 가능성을 제시하고 있다.