

전해수 처리에 의한 미역의 대장균군 억제효과

김보람¹, 김꽃봉우리², 김민지², 강보경¹, 박시우¹, 박원민¹, 안나경¹, 최연옥¹, 안동현^{1*}

¹부경대학교 식품공학과/식품연구소

²부경대학교 수산과학연구소

Received: October 14, 2014 / Revised: December 5, 2014 / Accepted: December 8, 2014

Effect of Electrolyzed Water for Reducing Coliform Bacteria on *Undaria pinnatifida*

Bo-Ram Kim¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim², Min-Ji Kim², Bo-Kyeong Kang¹, Si-Woo Park¹, Won-Min Pak¹, Na-Kyung Ahn¹, Yeon-Uk Choi¹, and Dong-Hyun Ahn^{1*}

¹Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Republic of Korea

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 619-911, Republic of Korea

This study was conducted to investigate the bactericidal activity of electrolyzed water (EW) against coliform bacteria on *Undaria pinnatifida* (UP). The UP was washed with 15% EW, tap water (TW), and distilled water in the following order: 15% EW for 5 and 10 min (1st to 3rd washing process), TW for 1 min, and distilled water for 10 min (3rd to 5th washing process). The washing processes using 15% EW and distilled water occurred a total of 6 times. The number of viable cells, coliform bacteria, and molds in the untreated sample were in the range of 10^1 to 10^3 CFU/g. In the case of the UP with 15% EW for 5 min sample, the viable cell counts were reduced by 1-2 log cycles as compared with the untreated sample. The coliform bacteria were not detected except after the 1st EW washing process. Mold counts were not detected in all treatments. In the UP with 15% EW for 10 min sample, the viable cells, coliform bacteria, and mold counts were not detected. In color, there were no significant differences among samples. In sensory evaluation, the UP treated with 15% EW for 10 min (first washing process) got higher scores for color, aroma, and taste than others. These results suggest that the treatment of 15% EW for 10 min is the most effective way to reduce coliform bacteria of the UP.

Keywords: *Undaria pinnatifida*, electrolyzed water, coliform bacteria

서론

미역(*Undaria pinnatifida*)은 갈조류의 미역과에 속하는 1년생 해조류로서 우리나라 바다에서 많이 생육하기 때문에 일찍부터 애용된 기호식품으로[11], 다른 갈조류와 비교하여 단백질, 지질, 비타민 등 모든 영양소를 고루 함유하고 있다. 미역의 기능성은 항염증[5], 항비만[10], 항산화[16] 활성 등이 있는 것으로 보고되고 있다. 우리나라는 매년 60만톤 이상의 다양한 종류의 해조류가 생산되며 그 생산량은 전 세계 4위를 달할 만큼 해조류 양식 및 이용 산업이 매우 발달해 있다[13]. 2013년도 미역 생산량은 최근 5년 내 최대인 50.3만톤으로 전년산보다 27.3% 증가해 해조류 생산량의 상

당 부분을 차지한다[14]. 국내에서 시판되고 있는 미역은 건미역, 염장미역, 생미역으로 나눌 수 있는데, 건미역은 미역을 일광 건조하여 장기간 보관이 용이하도록 처리한 제품으로 아무런 가공 공정을 거치지 않고 자연 상태에서 건조한 것이고[4], 생미역의 경우 바다에서 채취한 후 바로 유통되는데 이의 경우 해수에 의한 대장균군 등 다양한 미생물로부터의 오염등이 우려되는 실정이다. 이와 같이 채취 후 소비단계까지의 미생물적 오염을 차단하기 위하여 전해수와 이산화염소수 등 다양한 살균세척수가 이용되고 있다. 전해수는 수도수에 일정량의 NaCl를 첨가한 후 전기분해하여 얻어지는 것으로[26], 평행 평판 전극간에 이온 분리막을 설치하고 이 전극간에 전압을 인가하면 이온들이 Coulomb's force에 의해 반대극성을 갖는 전극으로 분리 접촉되게 하는 작용과 전기분해작용에 의해 만들어 진다. 양극에서는 수소이온을 방출하여 산성수가 되며, 음극에서는 수소와 수산화이온이 발생되어 알칼리수가 된다[2]. 강산성 전해수의 경우

*Corresponding author

Tel: +82-51-629-5831, Fax: +82-51-629-5824

E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

© 2015, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

높은 환원력, 낮은 pH, 차아염소산(HCOI), 활성산소(O₃, H₂O₂)를 가지고 있어 강력한 살균력을 가지고 있는 것으로 알려져 있고[7, 14], 알칼리 전해수 역시 살균력 및 세정 효과가 뛰어난 기능수이다[9]. 최근 전해수를 이용한 식품의 살균은 인체에 무해한 살균 기술로서 채소나 과일의 신선도 유지, 살균력 향상 및 유해 잔유물이 없어 인체에 해를 끼치지 않는다는 장점에 의해 식품 가공에 폭넓게 이용되고 있다. 주로 배추, 양배추, 케일 등의 잎채소에 처리할 경우 표면 세정과 살균 효과를 동시에 얻을 수 있으며[8] 그외에도 복분자[25], 깻잎[6], 배추[22, 23], 콩나물[27], 딸기와 오이[15], 상추[20] 등에 적용한 연구가 활발히 진행되어 있다. 수산물을 가공하는데 있어서는 전해수로 처리한 생굴에서 살균 효과가 있다는 것이 보고된 바 있으며[12] 어획 직후의 오징어를 산성 전해수 얼음으로 빙장한 결과 수도수 얼음의 사용에 비해 저장 중 휘발성 염기질소의 함량 증가가 적었으며, 오징어 표면의 명도 값이 높았다는 보고도 있다[17]. 또한 멸치의 가공과정에서 산성 전해수 처리는 멸치의 색택 개선, VBN 및 지질과산화물의 함량변화를 감소시킨다는 연구결과도 있다[19]. 이처럼 전해수의 이용은 육상생물인 채소류와 일부 수산물에 대해서는 연구된 바 있으나 해조류에 대해서는 연구된 바가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 미역의 생산단계에서 소비단계에 이르기까지의 미생물의 오염가능성을 저감화시키기 위하여, 전해수와 같은 화학적 처리를 이용하여 미생물 오염을 차단하고자 하며, 최종적으로는 식품 부패 미생물의 지표세균인 대장균을 대상으로 하여 위생적으로 안전한 제품을 생산하여 부산의 특산품인 기장미역의 수출을 증대시키고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 미역은 2013년 3월 (주)석하(Busan, Korea)에서 제공받은 것으로 부산 기장에서 채취한 생미역을 실험에 사용하였다.

전해수 제조 및 처리

전해수는 NaCl 용액 0.8%를 제조한 뒤 6개의 전극이 setting된 전해수 생성장치(전극의 최대전력 100 V, 5 A, 전극표면 36 × 285 mm, 탱크용량 0.5 L, TMD Co., Busan, Korea)로 6분간 전기분해하여 제조하였다. 제조된 전해수는 pH 9.0~9.5, 차아염소산함량은 300-330 ppm 농도의 것을 사용하였고 세척수로 이용 시 이 전해수를 원액으로 사용해서 15%, 30%, 50%, 75%, 90%의 농도로 증류수로 희석해 미역 무게의 10배량을 가하였다. 고농도 장시간(50%, 75%, 90%/30분)은 각 농도별 전해수에 미역을 30분간 침지시킨 후 수

도수로 1분간 세척해 체에 받쳐 물기를 제거 후 증류수에 30분씩 3회 침지하였다. 고농도 단시간(50%, 75%/1분, 2분)은 각 농도별로 전해수에 미역을 각각 1분, 2분 동안 침지 후 수도수로 1분간 세척해 체에 받쳐 물기를 제거 후 증류수에 30분씩 3회 침지하였다. 저농도 장시간(15%, 30%/30분)은 15%, 30% 농도의 전해수에 미역을 30분씩 3회 침지하였고 전해수 처리 후 수도수로 1분씩 세척해주었다. 저농도 장시간의 경우 증류수 세척은 시행하지 않았다. 저농도 단시간(15%/5분, 10분)은 횟수(1회, 2회, 3회)를 달리하여 전해수를 처리한 후 수도물로 1분간 세척해 체로 물기를 제거한 후 증류수에 10분씩 침지하여 전해수와 증류수의 세척 횟수가 총 6회가 되게 침지하였다. 고농도 장시간, 고농도 단시간, 저농도 장시간의 대조구인 증류수 처리구는 30분씩 3회 처리하였고 저농도 단시간의 대조구인 증류수 처리구는 10분씩 6회 처리하였다. 전해수는 실험직전에 만든 것을 이용하였고 증류수와 전해수 모두 4°C로 맞추어 사용하였다.

미생물학적 검사

전해수 처리한 미역 2g을 무균적으로 취한 후, 멸균 PBS(Phosphate buffered saline, pH 7.40) 용액을 18 ml 가한 후 균질기(AM-7, Ace Homogenizer, Nihonseiki, Tokyo, Japan)를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화하였다. 생균수의 측정은 PCA(plate count agar, BD, USA), 대장균군의 측정은 DLA(desoxycholate lactose agar, BD, USA)에 희석액을 분주·도말하여 35°C에서 24시간 배양한 후 생성된 집락의 수를 측정하였다. 곰팡이 측정은 PDA(potato dextrose agar, BD, USA)에 희석액을 분주·도말하여 25°C에서 3-5일간 배양하여 생성된 집락의 수를 측정하였다. 미역 표면의 미생물검사는 멸균 PBS 200 µl를 멸균된 면봉에 흡수시켜 미역 표면을(10 × 10 cm) 닦아준 후 면봉 끝부분을 멸균 PBS 9 ml이 담긴 cap tube에 잘라 넣었으며, 4회 더 반복하여 총 멸균 PBS 1 ml을 흡수시켜 닦아내었다. 그 후 시료를 180 rpm에 3시간 shaking한 후 원액 sample로 사용하여 10배 희석법으로 희석하여 미생물 검사를 실시하였다.

색도측정

시료를 믹서기로 3분간 분쇄한 뒤, 3.5 g을 cell에 채워 넣어 색차계(JC801, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)로 L*, a*, b* 값을 이용하여 색도를 측정하였다. 이 때 사용된 표준백판의 값은 L* = 93.73, a* = -0.12, b* = 0.11이었다.

관능평가

14명의 panel(식품공학전공 학생, 남 3명, 여 11명, 21-27세)을 선정하여 전해수 처리 미역의 색, 맛, 향 및 전체적인 기

호도의 4가지 항목으로 7점 점수법(7점: 아주 좋다, 6점: 좋다, 5점: 조금 좋다, 4점: 보통이다, 3점: 조금 나쁘다, 2점: 나쁘다, 1점: 아주 나쁘다)으로 평가하였다.

통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS program(Statistical Analytical System V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균값을 분산분석한 후, Duncan의 다중 검정법으로 $p < 0.05$ 수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

농도별 전해수 처리에 의한 미역의 미생물학적 변화

미역 원물에 오염된 미생물을 저감화 시키기 위해서 전해수를 이용하여 고농도 장시간(50%, 75%, 90%/30분), 고농도 단시간(50%, 75%/1분, 2분), 저농도 장시간(15%, 30%/30분)으로 세척한 결과는 Table 1과 같다. 고농도 장시간 처리 결과는 50%/30분 처리구의 표면에서만 10^1 CFU/g의 생균수가 검출되어 증류수 처리구에 비해 1 log cycle 정도가 감소한 것으로 나타났다. 특히 대장균군의 경우, 증류수 처리구의 전체에서 10^1 CFU/g의 균이 검출되었지만 전해수로 세척 후 대장균군이 검출되지 않음을 확인할 수 있었다. 75%, 90%/30분 처리구의 경우 생균수와 대장균에서 모두 균이 검출되지 않아 고농도 30분 처리구에서 미생물의 생육이 억제됨을 확인하였고, 곰팡이의 경우 증류수 세척만으로도 균이 제거되는 것을 확인할 수 있었다. 고농도 단시간 처리구의 경우, 50%, 75%의 1분 처리구 보다 2분 처리구에서 생균수, 대장균군 및 곰팡이의 생육 저해도가 뛰어난 것으로 확인되었다. 특히 대장균군에서는 1분 처리구의 표면, 2분 처리구의 전체와 표면 모두에서 대장균군이 검출되지 않았다. 저농도

장시간 처리구의 경우, 15%/30분 처리구의 전체와 표면에서 10^1 CFU/g의 생균수만 검출되었고 대장균군과 곰팡이는 검출되지 않았다. 30%/30분 처리구의 경우 생균수, 대장균군, 곰팡이가 모두 검출되지 않아 증류수에 침지한 처리구에 비해 균의 생육이 월등히 억제된 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 증류수 처리구와 비교 시 50%, 75%, 90%/30분 처리구, 50%, 75%/2분 처리구와 15%, 30%/30분의 처리구에서 대장균군의 성장을 효과적으로 억제시킨 것을 확인할 수 있었다. Park 등[22]의 연구에서 약알칼리 전기분해수를 배추 세척에 적용하여 배추 표면에 *E. coli*, *B. cereus*, *Sal. Typhimurium*, 및 *S. aureus*를 인위적으로 오염시킨 후 100 ppm의 농도로 하여 침지 시간을 달리하면서 미생물 제어 효과를 비교하였다. 그 결과 수도수 처리 시 10분이 경과하여도 1 log CFU/g 이하의 낮은 감소 효과가 나타났으며, 3분 침지 시 3 log CFU/g 이상의 높은 감소 효과를 나타냄을 확인할 수 있었고 5분과 10분 처리구에서는 유의성은 있었으나 그 차이가 크지 않았다. Jin 등[7]의 침지 용액의 침지 시간에 따른 양상추의 총균수 저감화 효과를 연구한 결과에서도 수도수보다 알칼리 전해수로 세척시 저감화 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 Lee와 Jang [18]도 전해수로 양상추를 세척 시 수도수보다 일반 세균이 1 log CFU/g 정도 더 많이 감소되었다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 증류수 보다는 알칼리 전해수로 세척 시 생미역의 총균수 및 대장균군수를 더 효과적으로 저감화 할 수 있어 본 연구와 유사한 결과를 나타냄을 알 수 있었다. 결론적으로 본 연구 결과에서 고농도 전해수 처리시 장시간이 아닌 2분 이상의 단시간 처리 및 저농도 장시간 처리구에서 대장균군을 충분히 억제시키는 결과를 얻을 수 있었으나, 생미역에 전해수 처리를 위한 유효농도는 미역의 품질을 최소화 할 수 있는 범위로 설정되어야 하기 때문에 관능평가 결과를 종합하여 전해수 처리 유효 농도를 결정하였다.

Table 1. Viable cells, coliform bacteria, and mold counts of *U. pinnatifida* treated with various concentrations and immersion time of electrolyzed water. (Unit : CFU/g)

		NT ^{a)}	DW ^{b)}	Electrolyzed water								
				50%	75%	90%	50%		75%		15%	30%
				30 min			1 min	2 min	1 min	2 min	30 min	
Viable cells	Whole	1.63×10^2	1.17×10^2	N.D. ^{c)}	N.D.	N.D.	1.50×10^1	3.00×10^1	1.50×10^1	N.D.	2.50×10^1	N.D.
	Surface	1.25×10^3	2.00×10^2	8.00×10^1	N.D.	N.D.	1.50×10^1	N.D.	1.00×10^1	N.D.	1.00×10^1	N.D.
Coliform bacteria	Whole	1.50×10^2	3.00×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	4.05×10^2	N.D.	3.00×10^1	N.D.	N.D.	N.D.
	Surface	5.90×10^2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Molds	Whole	1.00×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.50×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Surface	1.00×10^1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

^{a)}No treatment.

^{b)}Distilled water for 30 min (washing number: 3).

^{c)}Not detected.

농도별 전해수 처리에 의한 미역의 관능적 변화

미역에 전해수를 고농도 장시간(50%, 75%, 90%/30분), 고농도 단시간(50%, 75%/1분, 2분), 저농도 장시간(15%, 30%/30분) 처리해 관능평가를 실시한 결과(Table 2), 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았으나 50%, 75%, 90% 농도의 전해수를 30분 동안 처리한 결과 증류수 처리구에 비해 색, 향, 맛에서 전해수의 농도가 높아질수록 점수가 낮아지는 경향을 보였고 전반적인 기호도 역시 증류수 처리구가 4.2점을 받은 것 보다 낮은 점수인 3.7, 2.0, 1.5점을 받아 농도가 높아질수록 선호도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 고농도 장시간 처리구의 경우 미생물의 생육은 효과적으로 저해시키는 반면 고농도의 전해수로 인해 미역의 색이 변하였으며, 향에서도 전해수취로 인해 낮은 점수를 받은 것으로 사료된다. 50%, 70% 농도의 전해수를 각각 1분, 2분간 침지한 결과, 색, 향, 맛, 전반적인 선호도에서 유의적인 차이는 없었으나 2분 처리구 보다 1분 처리구가 약간 높은 점수를 받았다. 50% 1분 처리구의 경우 향을 제외한 나머지 항목에서 증류수 처리구보다 높은 점수를 받았으나 대장균군이 검출되어 부적합한 것으로 확인되었다. 15%와 30% 전해수의 농도로 30분씩 3회 침지한 결과, 두 처리구 모두 색, 향, 맛, 전반적인 선호도에서 증류수 처리구보다 낮은 점수를 받았으며, 특히 30% 처리구가 더 낮은 점수를 받았다. 결론적으로 고농도 장시간의 경우 대장균군의 생육은 효과적으로 억제시키나 관능적으로 좋지 못했고 고농도 단시간(50%/1분)의 경우는 다른 처리구에 비해 관능적으로는 다소 우수하나 대장균군이 검출되어 부적합한 것으로 사료된다. 또한 저농도 장시간의 경우 대장균군의 생육을 억제시키는 데는 효과가 뛰어나나 장시간의 전해수 침지로 인해 관능적으로는 선호

도가 떨어짐을 확인하였다. 따라서 저농도 장시간 처리구의 관능적인 특성을 개선하기 위하여, 15% 전해수로 단시간(5분, 10분) 침지 횟수를 달리하여 미생물 오염도 및 색도 변화, 관능평가 특성을 알아보았다.

저농도 전해수 및 증류수 병행 처리에 의한 미역의 미생물학적 변화

미역에 저농도의 전해수(15%)를 단시간(5분, 10분) 침지 후 증류수(10분)로 침지시킨 뒤 미생물 오염도를 측정하였다(Table 3). 15%의 전해수에 5분씩 1회, 2회, 3회 침지한 결과, 생균수의 경우 3회 처리구의 전체에서 증류수 처리구에 비해 1 log cycle 정도 감소하였고 표면에서는 생균수가 검출되지 않았다. 대장균군의 경우, 15% 전해수 1회 처리구의 전체에서만 대장균군이 검출되었고 그 외의 처리구에서는 대장균군이 검출되지 않았다. 곰팡이는 모든 처리구의 전체와 표면 모두 검출되지 않았다. 15% 전해수에 미역을 10분씩 1회, 2회 침지시킨 결과, 전체와 표면 모두에서 생균수, 대장균군, 곰팡이가 검출되지 않았다. 결론적으로 15% 전해수 10분 처리구가 효과적으로 미생물을 억제하는 것으로 확인되었다. 이는 표면 살균수 처리 후 진공포장된 신선편이 더덕의 저장 중 품질특성변화에서 pH 8.0-8.5, HClO 100 ppm의 전해수로 처리된 신선편이 더덕의 총균수가 대조구의 경우 3.5 log CFU/g이었던 반면 전해수 처리구는 0.6 log CFU/g이었고 대장균군의 경우 대조구의 대장균군은 1.8 log CFU/g이었던 반면 전해수 처리구는 0.6 log CFU/g으로 표면살균 효과가 뛰어난 것을 확인할 수 있었던 Choi 등[3]의 보고와 비슷한 경향을 보였다. 또한 신선 껌잎을 다양한 전해수 및 수도수 등으로 세정 처리하여 저장 중 품질변화를

Table 2. Sensory evaluation of *U. pinnatifida* treated with various concentrations and washing time of electrolyzed water.

	NT ^{a)}	DW ^{b)}	EW ^{c)}			NT	DW	EW				NT	DW	EW	
			50%	75%	90%			50%	75%	15%	30%				
														30 min	
							1 min	2 min	1 min	2 min					
Color	4.40± 1.17 ^{AB}	4.90± 0.74 ^{AB}	5.10± 0.88 ^A	2.00± 0.47 ^{AB}	1.90± 0.74 ^B	4.43± 0.85 ^{NS}	4.90± 0.74	5.21± 0.70	4.67± 0.89	4.93± 1.14	4.75± 0.75	3.42± 0.79 ^{NS}	3.83± 0.94	3.25± 1.36	1.92± 1.08
Aroma	4.00± 1.15 ^{NS}	4.70± 1.16	4.40± 1.43	3.40± 1.43	3.20± 1.93	4.36± 1.08 ^{NS}	4.70± 1.16	4.50± 1.34	4.08± 1.38	4.07± 1.27	3.75± 1.42	3.25± 0.62 ^{NS}	3.75± 1.06	3.25± 1.06	2.75± 1.14
Taste	3.67± 0.87 ^{NS}	4.11± 1.05	3.33± 1.32	1.89± 1.27	1.44± 0.73	4.08± 1.04 ^{NS}	4.11± 1.05	4.23± 1.17	3.91± 0.83	3.69± 1.44	3.27± 1.19	3.09± 0.83 ^{NS}	3.64± 0.92	3.18± 0.75	2.27± 1.01
Overall preference	3.70± 0.67 ^{NS}	4.20± 0.92	3.70± 0.95	2.00± 0.82	1.50± 0.71	4.07± 0.73 ^{NS}	4.20± 0.92	4.57± 1.09	4.17± 1.03	3.93± 1.44	3.83± 1.19	3.25± 0.87 ^{NS}	3.75± 0.97	3.00± 0.95	2.08± 0.90

^{a)}No treatment.

^{b)}Distilled water for 30 min (washing number : 3).

^{c)}Electrolyzed water.

Means with different superscripts in the same row (A-B) are significantly different ($p < 0.05$).

NS: Not significantly different.

Table 3. Viable cells, coliform bacteria, and mold counts of *U. pinnatifida* treated with 15% electrolyzed water and distilled water.
(Unit : CFU/g)

	Viable cells		Coliform bacteria		Molds	
	Whole	Surface	Whole	Surface	Whole	Surface
No treatment	1.29×10^3	2.80×10^3	5.27×10^2	7.63×10^2	5.00×10^1	N.D ³⁾
DW ^{a)} (6) ^{b)}	2.40×10^2	5.00×10^1	1.00×10^2	1.00×10^1	1.00×10^1	N.D
15% EW ^{c)}						
5 min + DW 10 min	EW (1)+DW (5)	1.90×10^3	6.00×10^1	8.50×10^1	N.D ^{d)}	N.D
	EW (2)+DW (4)	1.40×10^2	1.00×10^1	N.D	N.D	N.D
	EW (3)+DW (3)	1.00×10^1	N.D	N.D	N.D	N.D
15% EW	EW (1)+DW (5)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
10 min + DW 10 min	EW (2)+DW (4)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

^{a)}Distilled water for 10 min.

^{b)}(Number): washing number.

^{c)}Electrolyzed water.

^{d)}Not detected.

조사한 결과, 총균수 및 대장균수는 전해수 처리에 의해 2-3 log CFU/g의 감소효과를 보여준 Jeong 등[6]의 보고와도 일치함을 알 수 있었다.

저농도 전해수 및 증류수 병행 처리에 의한 미역의 색도 변화

미역에 15% 전해수를 처리해 색도를 측정된 결과 (Table 4), 15% 전해수를 5분씩 1회, 2회, 3회 처리하였을 때 명도는 전해수 1회 처리구가 증류수 침지구보다 유의적으로 증가하였으나 나머지 처리구는 유의적으로 차이가 나지 않았다. 적색도와 황색도의 경우에는 전해수 침지 횟수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 15% 전해수를 10분씩 1회, 2회 처리한 결과, 증류수 처리구와 비교 시, 명도는 비슷하거나 낮은 값을 보였고 적색도는 2회 처리시 유의적으로 증가하였으며 황색도는 전해수 처리 횟수가 증가 함에 따라 감소하였다. 적색도와 황색도의 경우, 전해수 처리구가 증류

수 처리구에 비해 비슷하거나 증가하는 경향을 보였는데 이는 미역의 색 차이로 인한 것으로 사료된다. 이는 Park 등 [24]의 연구에서 증류수 및 전기분해수인 차아염소산나트륨수와 미산성차아염소산수를 이용해 신선초를 세척하여 제조한 녹즙의 색도에서 처리구별로 유의적인 차이가 나지 않았다는 것과 Park 등 [21]이 수돗물, 강산성 전기분해수, 약산성전기분해수 등을 침지액으로 사용하여 박피 감자와 고구마의 색도를 확인한 결과 변화량이 상대적으로 낮았다고 확인되어 본 연구결과와 비슷한 경향을 보였다. 따라서, 전해수 처리 횟수의 증가는 미역 본래의 색을 변화시켜 미역의 품질을 저하시킴을 확인하였다.

저농도 전해수 및 증류수 병행 처리에 의한 미역의 관능적 변화

미역에 저농도의 전해수(15%)를 단시간(5분, 10분) 처리 후 증류수(10분)로 세척한 뒤 관능평가를 실시한 결과(Table

Table 4. Color value of *U. pinnatifida* treated with 15% electrolyzed water and distilled water.

		L*	a*	b*
No treatment		32.42 ± 0.10^a	-6.74 ± 0.04^{cd}	7.16 ± 0.10^{ab}
DW ^{a)} (6) ^{b)}		30.99 ± 0.11^c	-6.88 ± 0.25^{cd}	6.56 ± 0.21^c
15% EW ^{c)} 5 min +	EW (1)+DW (5)	31.86 ± 0.00^b	-5.99 ± 0.10^{ab}	7.42 ± 0.24^a
DW 10 min	EW (2)+DW (4)	30.61 ± 0.17^c	-6.10 ± 0.23^{ab}	6.62 ± 0.13^{bc}
	EW (3)+DW (3)	30.59 ± 0.00^c	-6.28 ± 0.04^{bc}	6.58 ± 0.07^c
15% EW 10 min +	EW (1)+DW (5)	31.79 ± 0.08^b	-6.95 ± 0.18^d	7.70 ± 0.08^a
DW 10 min	EW (2)+DW (4)	30.47 ± 0.32^c	-5.60 ± 0.26^a	6.80 ± 0.20^{bc}

^{a)}Distilled water for 10 min.

^{b)}(Number): washing number.

^{c)}Electrolyzed water.

Means with different superscripts in the same column (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Sensory evaluation of *U. pinnatifida* treated with 15% electrolyzed water and distilled water.

	NT ^{a)}	DW ^{b)}	15% EW ^{c)} 5 min+DW 10 min			NT	DW	15% EW 10 min+DW 10 min	
			EW (1) ^{d)} + DW (5)	EW (2)+ DW (4)	EW (3)+ DW (3)			EW (1)+ DW (5)	EW (2)+ DW (4)
Color	3.64± 0.74 ^{NS}	4.29± 0.83	4.36± 0.84	4.21± 1.05	3.64± 1.22	3.57± 1.02 ^{NS}	4.00± 0.96	4.57± 1.09	4.07± 1.54
Aroma	2.93± 0.83 ^{NS}	3.64± 0.93	4.36± 1.01	3.57± 0.94	3.21± 1.12	2.50± 0.85 ^{NS}	3.36± 1.01	4.00± 1.04	3.07± 0.83
Taste	2.93± 1.38 ^{NS}	3.79± 0.80	4.21± 0.97	2.93± 0.62	2.36± 1.15	3.29± 1.20 ^{NS}	3.71± 0.91	4.57± 0.76	3.29± 0.91
Overall preference	3.07± 1.07 ^{NS}	3.71± 0.73	4.43± 0.85	3.29± 0.73	2.71± 1.07	3.00± 0.78 ^{NS}	3.71± 0.99	4.43± 0.76	3.50± 1.02

^{a)}No treatment.

^{b)}Distilled water for 10 min.

^{c)}Electrolyzed water.

^{d)}(Number): washing number.

NS: Not significantly different.

5), 15% 전해수를 5분씩 1회, 2회, 3회 침지한 결과, 색, 향, 맛, 전체적인 선호도에서 무처리구와 비교 시 유의적인 차이는 없었으나, 무처리와 증류수 처리구보다 높은 점수를 받았으며, 전해수의 침지 횟수가 증가할수록 점수가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 전해수 처리 횟수 증가에 의해 전해수취가 더 강하게 느껴졌기 때문으로 사료된다. 15% 전해수를 10분씩 1회, 2회 침지한 결과 역시 무처리구와 비교 시 유의적인 차이는 없었으나, 1회 처리구의 경우 무처리구와 증류수 처리구보다 색, 향, 맛, 전체적인 선호도에서 다소 높은 점수를 받았다. 따라서, 15% 전해수로 각각 5분 및 10분 동안 1회 처리구의 경우 미역 자체의 비린 맛 및 비린 냄새를 감소시켜 관능적으로 가장 선호도가 높음을 확인하였다. Bang 등[1]은 다시마의 single cell detritus의 특유의 향을 제거하기 위한 목적으로 전해수를 처리하여 탈취를 하였고 보고한 바 있어 본 연구의 결과와 같이 전해수 처리가 미역과 같은 해조류 유래의 비린향을 감소시키는데 효과가 있음을 알 수 있었다. 이상으로, 15% 전해수 5분/1회 처리구는 향, 맛, 냄새, 전체적인 기호도에서 무처리구에 비해 높은 점수를 받아 관능적으로 좋은 평가를 받았으나, 미생물 오염도 실험 결과에서 대장균군이 검출되어 부적합한 것으로 나타났다. 반면, 15% 전해수 10분/1회 처리구는 미생물(생균수, 대장균군, 곰팡이)을 제어하는데 효과가 가장 우수하면서 색은 유지하고 관능적인 품질 특성은 향상시켜 미역의 미생물 오염도를 저감화 시키는데 가장 적합한 조건으로 확인되었다.

요 약

생미역에 고농도 장시간(50%, 75%, 90%/30분), 고농도 단

시간(50%, 75%/1분, 2분), 저농도 장시간(15%, 30%/30분), 저농도 단시간(15%/5분, 10분)의 전해수를 처리하고 증류수로 세척한 뒤 미역의 전체와 표면의 생균수, 대장균군, 곰팡이수, 색도, 관능평가를 실시하였다. 고농도 단시간의 경우 미생물의 생육을 효과적으로 억제하였지만 관능적으로 낮은 점수를 받았고 고농도 단시간의 경우 관능적으로는 다른 처리구에 비해 비교적 우수하지만 대장균군이 검출되어 효과적이지 못한 것으로 나타났다. 저농도 장시간의 경우 대장균군의 생육을 억제시켰으나 장시간 침지에 의해 전해수취가 약간 남에 따라 보다 짧은 시간인 5분과 10분으로 전해수 침지 횟수를 달리하여 실험하였다. 15% 전해수 5분 1회 처리구의 경우 증류수 처리구에 비해 관능적으로는 선호도가 높았지만 미생물의 생육을 효과적으로 억제하지 못하였다. 결론적으로 15% 농도의 전해수를 10분간 1회 처리하는 것이 증류수 처리구와 비교 시 총균수, 대장균군수 및 곰팡이수를 약 1-2 log cycle 정도 억제함으로써 검출되지 않아 미생물 오염을 억제시키는데 효과적이며, 관능평가에서도 미역 원물 자체의 비린맛 및 비린향을 감소시킬 수 있어 최적의 조건임을 확인할 수 있었다. 이러한 연구결과로 미역을 생산단계에서 화학적 처리인 전해수 세척을 이용해 대장균군의 생육을 억제해 보다 위생적이고 안전한 제품을 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgments

Following are results of a study on the “Leaders in Industry-University Cooperation (LINC)” Project (Grant 2012-0741), supported by the Ministry of Education (MOE) and the National Research Foundation of Korea (NRF).

References

1. Bang SJ, Shin IS, Kim SM. 2006. Optimum process condition of noodles with sea tangle single cell detritus (SCD). *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**: 68-74.
2. Buck JW, Van Iersel MW, Oetting RD, Hung YC. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Dis.* **86**: 278-281.
3. Choi DJ, Lee YJ, Kim YK, Kim MH, Choi SR, Cha HS, et al. 2012. Effect of surface sterilization on quality of vacuum packaged fresh-cut deodeok (*Codonopsis lanceolata*) during storage. *J. Korea Soc. Packag. Sci. Tech.* **18**: 29-44.
4. Choi JS, Bae HJ, Kim YC, Park NH, Kim TB, Choi YJ, et al. 2008. Nutritional composition and biological activities of the methanol extracts of sea mustard (*Undaria pinnatifida*) in market. *J. Life Sci.* **18**: 387-394.
5. Jeong DH, Kim KBWR, Kang BK, Jung SA, Kim HJ, Jeong HY, et al. 2012. Anti-inflammatory activity of the *Undaria pinnatifida* water extract. *J. Appl. Biol. Chem.* **55**: 221-225.
6. Jeong JW, Kim JH, Kwon KH. 2005. Comparison of quality characteristics of sesame leaf cleaned with various electrolyzed water during storage. *Korean J. Food Preserv.* **12**: 558-564.
7. Jin YG, Kim TW, Ding T, Oh DW. 2009. Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in head lettuce. *Korean J. Food Sci. Technol.* **5**: 578-586.
8. Jung SW, Park KJ, Park KJ, Park BI, Kim YH. 1996. Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**: 1045-1051.
9. Kim C, Hung YC, Brackett RE. 2002. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Int. J. Food Microbiol.* **61**: 199-207.
10. Kim H, Kang CH, Kim SK. 2012. Anti-adipogenic effect of *Undaria pinnatifida* extracts by ethanol in 3T3-L1 adipocytes. *J. Life Sci.* **22**: 1052-1056.
11. Kim JA, Lee JM. 2004. The changes of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hialkia fusiformis* with drying methods. *J. Korean Soc. Food Cult.* **19**: 200-208.
12. Kim MH, Jeong JW, Cho YJ. 2004. Cleaning and storage effect of electrolyzed water manufactured by various electrolytic diaphragm. *Korean J. Food Preserv.* **11**: 160-169.
13. Korea Maritime Institute Fisheries Outlook Center. 2013. Sea-weed marine observations. Available from: <http://www.foc.re.kr>. Accessed June.
14. Koseki S, Itoh K. 2000. Fundamental properties of electrolyzed water. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* **47**: 390-393.
15. Koseki S, Yosida K, Kamitani Y, Itoh K. 2004. Efficacy of acidic electrolyzed water microbial decontamination of cucumbers and strawberries. *J. Food Protect.* **66**: 1247-1251.
16. Kwon YR, Youn KS. 2012. Quality and antioxidant characteristics of granule tea prepared with sea thagle (*Laminaria japonica*) and sea mustard (*Undaria pinnatifida*) powder as affected by extraction method. *Korean J. Food Preserv.* **19**: 525-531.
17. Lee NG. 2006. Water properties of electrolytic machine by stainless diaphragm and effects of electrolytic ice water storage for keeping freshness of squid, *Todarodes pacificus*. *J. Fish Mar. Sci. Edu.* **18**: 293-301.
18. Lee SH, Jang MS. 2004. Effects of electrolyzed water and chlorinated water on sensory and microbiological characteristics of lettuce. *Korean J. Soc. Food Cook. Sci.* **20**: 45-53.
19. Lee SJ, Sung NJ, Kang SK. 2014. Effect of acidic electrolyzed water on the quality improvement of boiled-dried anchovy. *Korean J. Food Preserv.* **21**: 357-364.
20. Park CM, Hung YC, Doyle MP, Ezeke GOI, Kim C. 2001. Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed water. *J. Food Sci.* **66**: 1368-1372.
21. Park KJ, Jeong JW, Kim DS, Jeong SW. 2007. Quality changes of peeled potato and sweet potato stored in various immersed liquids. *Korean J. Food Preserv.* **14**: 8-17.
22. Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH. 2012. Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on Chinese cabbage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **44**: 240-246.
23. Park SS, Sung JM, Jeong JW, Park KJ, Lim JH. 2013. Quality changes of salted Chinese cabbages with electrolyzed water washing and a low storage temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **42**: 615-620.
24. Park YJ, Yoo JY, Jang KI. 2010. Storage attribute of *Angelica keiskei* juice treated with various electrolyzed water. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **39**: 1846-1853.
25. Teng H, Kim YH, Lee WY. 2013. Sterilization effect of electrolyzed water and chlorine dioxide on *Rubus coreanus* Miquel. *Korean J. Food Preserv.* **20**: 459-466.
26. Venkitanarayanan KS, Ezeike GO, Hung YC, Doyle MP. 1999. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivation *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.* **65**: 4276-4279.
27. Yoo JY, Jang KI. 2011. Changes in quality of soybean sprouts washed with electrolyzed water during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**: 586-592.