

전해수 수세, 열풍건조 및 자외선 조사에 의한 미역의 미생물 감소 효과

박시우¹, 김꽃봉우리², 김민지², 강보경¹, 박원민¹, 김보람¹, 안나경¹, 최연욱¹, 조영제³, 안동현^{1*}

¹부경대학교 식품공학과/식품연구소

²부경대학교 수산과학연구소

³경북대학교 식품공학부

Received: November 7, 2014 / Revised: February 26, 2015 / Accepted: February 27, 2015

Effect of Electrolyzed Water and Hot-Air-Drying with UV for the Reduction of Microbial Populations of *Undaria pinnatifida*

Si-Woo Park¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim², Min-Ji Kim², Bo-Kyeong Kang¹, Won-Min Pak¹, Bo-Ram Kim¹, Na-Kyung Ahn¹, Yeon-Uk Choi¹, Young-Je Cho³, and Dong-Hyun Ahn^{1*}

¹Department of Food Science & 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

³School of Food Science of Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Republic of Korea

This study was conducted to investigate the effects of electrolyzed water (EW) and hot-air-drying with ultraviolet light (UV) to reduce coliform bacteria of *Undaria pinnatifida* (UP). The UP was washed in the order of 15% EW, tap water (TW), and distilled water (DW) under following conditions: 15% EW for 10 min (washing: 1 time), TW for 1 min, and DW for 10 min (washing: 5 times). Viable cells, coliform, and mold counts were at 10^2 - 10^3 CFU/g in untreated samples. After EW treatment, viable cells, coliform, and molds were not detected in whole samples or on the surface of UP. But, after hot-air-drying at 48°C for 48 h, the number of viable cells, coliform, and molds were 10^1 - 10^5 CFU/g. After hot-air-drying at 48°C for 48 h with UV (12-48 h), viable cells, coliform, and molds were not detected in whole samples or on the surface of UP. In respect of color value, there were no significant changes. In sensory evaluation, the UP with hot-air-drying with UV (12 h) had the highest score in overall preference among UV treatment groups. These results suggest that the treatments at 15% EW for 10 min and hot-air-drying at 48°C for 48 h with UV (12 h) were effective to reduce coliform bacteria of the dried *Undaria pinnatifida*.

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

서론

미역(*Undaria pinnatifida*)은 갈조류의 다시마목 미역과에 속하는 해조류로서 칼슘, 칼륨, 철분, 요오드 등의 무기질 성분 및 각종 비타민 등이 풍부하며, 우리나라 전 연안에 분포하며, 연해주, 중국, 일본 등지에 분포하는 극동지방 특산의 해조류이다[5]. 미역에는 생리활성 물질이 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며, 그 중 점질 다당류인 알긴산은 중금속 및 방사능 물질의 체외 배출, 콜레스테롤 저하[20],

비만 및 변비 방지 효능[32], 혈압 및 당뇨 예방 효과[35]가 있다는 보고가 있으며, 또한 미역이 함유하고 있는 fucoidan은 항암, 항콜레스테롤, 혈액 응고 저해, 혈압 조절 등의 혈류 개선 작용[3, 28] 및 지질 대사 개선 효과[30]가 있는 것으로 알려져 있다.

국내의 미역 생산량은 연도별 차이는 있으나 연간 약 45만 톤 이상이 생산되고 있는데, 2013년 생산량은 약 47만 톤으로 그 중 식용 미역 생산량이 약 32만톤, 전복먹이용이 약 15만 톤 생산되었으며, 이 중 수출량이 약 11만 8천 톤으로 금액으로는 259만 달러에 달하는 것으로 나타났다[22]. 국내에서 시판되고 있는 미역의 경우 제조형태에 따라 건미역과 염장미역으로 나뉜다. 그 중 건미역의 경우 미역을 일괄 건조하여 장기간 보관이 용이하도록 처리한 제품으로 아무런

*Corresponding author

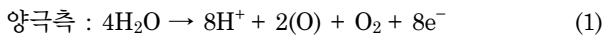
Tel: +82-51-629-5831, Fax: +82-51-629-5824

E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

© 2015, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

가공 공정없이 자연 상태에서 건조하는 경우가 대부분이다 [5]. 이러한 미역을 건조하기 위해서는 채취 후 1-2일 내에 부패가 되지 않게 처리해 주어야 한다. 그러나 미역 표면의 점액물질에 의해 건조속도가 매우 느리고 이로 인하여 미생물에 오염될 가능성이 매우 높다. 이러한 미역을 건조처리하기 위해 미생물 오염 및 부패를 억제할 수 있는 방법이 절실히 요구되고 있는 실정이다[1].

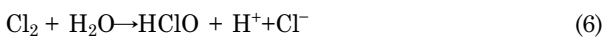
미역의 수세과정 중에서도 미생물을 제어할 수 있는 방법으로 살균수로 세척하는 방법이 있는데 이산화염소수, 전해수 등 다양한 살균세척수가 사용되고 있다. 그 중 전해수는 수도수에 일정량의 NaCl를 첨가한 후 전기분해하여 얻어지는 것으로[34], 평행 평판 전극간에 이온 분리막을 설치하고 이 전극간에 전압을 인가하면 이온들이 Coulomb's force에 의해 반대극성을 갖는 전극으로 분리 접촉되게 하는 작용과 식 (1), (2)와 같이 전기분해작용에 의해 만들어진다. 양극에서는 수소이온을 방출하여 산성수가 되며, 음극에서는 수소와 수산화 이온이 발생되어 알칼리수가 된다.



특히 양극측에서는 식 (3)과 (4)와 같은 반응이 일어나서 활성 산소류가 발생한다.



또한 물 중에 염분이나 염소가 존재하게 되면 양극측에는 식 (5)와 (6)과 같은 반응이 일어나서 염소 가스가 발생되며 활성염소가 생성되어 수중에 용존하게 된다.



전해수의 경우 높은 환원력, 차아염소산(HClO), 활성산소(O₃, H₂O₂)를 가지고 있어 강력한 살균력을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며[4, 18, 21, 25, 26, 37], 전해수는 처리 대상이 넓고 다양하며, 반응 후에는 휘발성 기체와 물로 되어 유해한 잔류물이 없으며, 인체에도 안전한 것으로 알려져 있다[14].

수세를 완료한 미역의 경우 일반적으로 천일건조를 실시하거나, 산업적으로 대량의 미역을 건조할 경우에는 송풍 건조, 냉풍 건조, 열풍 건조 등의 방법이 이용되고 있는 실정이다. 천일건조의 경우 장기간의 건조과정 중에 열화현상, 제품의 갈변 및 영양소 파괴, 미생물의 증식 등으로 인하여 품질 저하를 초래하는 경우가 많다. 산업적으로 이용하는 열풍 건조의 경우 신속하고 균일하게 건조가 이루어져 경제적이며, 일반 천일건조에 비하여 미생물의 증식을 최대한 배제할

수 있다는 장점이 있다[13].

이에 본 연구에서는 생미역뿐만 아니라 건미역에서의 위생적인 안전성을 확보하기 위하여, 생미역에 전해수 수세 처리를 하여 세척 단계에서의 미생물 제어 효과 및 열풍 건조를 통한 건미역의 미생물 제어효과를 확인하였으며, 또한 전해수 처리, 열풍 건조, UV 조사의 병행처리를 통한 미역의 미생물 안전성, 색도 및 관능적인 품질에 미치는 영향에 대해서도 알아보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 생미역은 (주)석하(Busan, Korea)에서 제공받은 기장산의 것을 사용하였다.

전해수 제조 및 미역 수세

전해수는 NaCl 0.8% 용액을 제조한 뒤 전해수 생성장치(전극의 최대전력 100 V, 5 A, 전극표면 36 mm × 285 mm × 6개, 탱크용량 0.5 L, TMD Co., Busan, Korea)로 전기분해하여 제조하였다. 6개의 전극을 setting한 전해수 처리장치에서 0.8% NaCl 용액을 이용하여 제조하였으며, 이 때 전압 30 V, 전류 600 A, 처리시간 6분으로 전해수를 제조하였다. 제조 후 pH 9.0-9.5, 차아염소산(HClO) 함량 300-330 ppm 범위의 전해수를 사용하였다. 차아염소산의 함량 측정은 전해수 50 ml에 KI 2 g을 넣고 35% acetic acid를 10 ml 첨가한 뒤 1% 전분지시약을 2-3 방울 가하고 0.1 N Na₂S₂O₃로 적정하여 다음 식에 의하여 함량을 계산하였다.

$$\text{HClO 함량(ppm)} = 0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 소비량(ml)} \times 7.092$$

따라서 미역의 세척과정은 제조된 전기분해수를 원액으로 하여 15% 농도로 조절한 후 미역 무게의 10배량을 가하여 10분간 세척하고 수돗물로 1분간 세척한 후 물기를 제거하여 증류수로 10분 동안 다시 세척하여 물기를 빼준 후 증류수 세척을 4회 더 반복하여 실험에 사용하였다.

미역 열풍 건조 및 UV조사

수세 완료한 미역을 열풍 건조기(WFO-600SD, EYELA Co., Tokyo, Japan)에서 48°C, 48시간 동안 처리하여 건조된 미역을 제조하였다. 이 때 열풍 건조기 안에 UV 등(G8T5 8W UV-C, Sankyo Denki Co., Kanagawa, Japan) 2개를 시료로부터 15 cm 거리에 설치하여 열풍 건조 동안 0, 12, 24, 48시간 간격으로 UV를 조사하였다.

미생물학적 검사

미역 2g을 무균적으로 취하여 10배량의 멸균 PBS

(phosphate buffered saline, pH 7.4)를 첨가한 후, 1,000 rpm에서 1분간 호모제나이저(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Tokyo, Japan)로 균질화한 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 생균수의 측정은 PCA(plate count agar, BD Difco, Detroit, USA), 대장균군의 측정은 DLA(desoxycholate lactose agar, BD Difco, Detroit, USA)에 희석액을 분주·도말하여 35°C에서 24시간 배양한 후 생성된 집락의 수를 측정하였다. 곰팡이 측정은 PDA(potato dextrose agar, BD Difco, Detroit, USA)에 희석액을 분주·도말하여 25°C에서 3-5일간 배양하며 생성된 집락의 수를 측정하였다. 미역 표면의 미생물검사는 멸균 PBS 200 µl를 멸균된 면봉에 흡수시켜 미역 표면을(10 × 10 cm) 닦아준 후 면봉 끝부분을 잘라 멸균 PBS 9 ml이 담긴 cap tube에 넣었다. 이를 4회 더 반복한 후에, 면봉이 담긴 cap tube를 180 rpm에서 3시간 진탕하였다. 진탕 후 PBS 용액만 취하여 10배 희석법으로 희석하여 미생물 검사를 실시하였다.

색도

전자선 조사한 미역을 분쇄하여 3.5 g을 취하여 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Tokyo, Japan)로 L*, a*, b* 값으로 색도를 측정하였다. 이때 사용된 표준백판의 값은 L* = 93.39, a* = 0.28, b* = 1.68이었다.

관능평가

14명의 panel(식품공학전공 학생, 남 3명, 여 11명, 21-27세)을 선정하여 미역의 색, 맛 향 및 전체적인 기호도의 4가지 항목을 7점 점수법(7점, 매우 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 분산 분석한 후 Duncan의 다중검정법으로 p < 0.05 수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

전해수 수세 및 건조에 따른 미생물학적 품질

예비실험을 통하여 세척수로서 전해수의 농도는 고농도의 전해수(90%, 70%, 50%)를 사용하였을 경우 미역의 색이 변하여 적합하지 않았으나, 저농도 전해수(15%)를 10분 동안 1회 침지 후 증류수로 10분씩 5회 세척하였을 때 대장균군 감소효과와 함께 품질유지에 좋은 결과를 확인하였다. 열풍 건조의 온도는 중온성 세균의 성장을 억제하면서, 품질의 변

화를 최소화 할 수 있는 48°C로 실시하였으며, 열풍 건조 시간은 48시간일 때 시판 건미역의 수분함량(약 6-12%)과[8] 유사함을 확인하였다. 따라서 이러한 조건을 토대로 전해수로 수세 처리한 미역에 열풍건조를 실시하여 건미역을 제조하였으나, 열풍 건조한 미역에서 미생물의 오염이 확인되었으며, 이는 열풍건조기 내의 미생물 오염 여부가 의심되어 이를 해결하기 위해 살균 효과가 뛰어난 UV-C를[7, 10, 17, 31, 36] 열풍 건조기내에 설치 후 열풍건조 하는 동안에 UV-C를 동시에 조사하여 건조한 미역을 제조하였으며, 이를 토대로 미역의 세척 및 건조 최적 조건을 확립한 후 다음의 실험을 진행하였다.

15% 전해수 1회, 증류수 5회 수세 후 48시간 열풍건조 및 0-48시간 간격의 UV 조사를 통한 건조미역의 생균수를 측정된 결과(Table 1), 무처리구의 미역 전체 부위와 표면 부위에서 각각 3.20, 2.11 log CFU/g의 균이 검출되었으며, 전해수 수세 후에는 균이 검출되지 않았다. 수세 후 열풍건조기를 이용하여 48°C, 48시간 열풍건조를 진행하면서 0, 12, 24, 48시간 간격으로 UV를 병행하여 건조하였다. 건조된 미역의 UV 시간 별 생균수 결과, UV 0시간에서 미역 전체와

Table 1. Viable cell counts of *U. pinnatifida* treated with electrolyzed water. (Unit : Log CFU/g)

	Whole	Surface
Untreated	3.20	2.11
15% EW ¹⁾ + DW ²⁾	-. ⁴⁾	-
UV 0 h	5.00	4.26
15% EW + DW + HAD ³⁾	-	-
UV 12 h	-	-
UV 24 h	-	-
UV 48 h	-	-

¹⁾Electrolyzed water for 10 min (washing : 1 time).

²⁾Distilled water for 10 min (washing : 5 times).

³⁾Hot air drying at 48°C for 48 h.

⁴⁾Not detected.

Table 2. Coliform counts of *U. pinnatifida* treated with electrolyzed water. (Unit : Log CFU/g)

	Whole	Surface
Untreated	3.32	1.81
15% EW ¹⁾ + DW ²⁾	-. ⁴⁾	-
UV 0 h	1.30	-
15% EW + DW + HAD ³⁾	-	-
UV 12 h	-	-
UV 24 h	-	-
UV 48 h	-	-

¹⁾Electrolyzed water for 10 min (washing : 1 time).

²⁾Distilled water for 10 min (washing : 5 times).

³⁾Hot air drying at 48°C for 48 h.

⁴⁾Not detected.

Table 3. Molds counts of *U. pinnatifida* treated with electrolyzed water. (Unit : Log CFU/g)

	Whole	Surface
Untreated	2.00	2.30
15% EW ¹⁾ + DW ²⁾	- ⁴⁾	-
15% EW + DW + HAD ³⁾		
UV 0 h	1.00	-
UV 12 h	-	-
UV 24 h	-	-
UV 48 h	-	-

¹⁾Electrolyzed water for 10 min (washing : 1 time).
²⁾Distilled water for 10 min (washing : 5 times).
³⁾Hot air drying at 48°C for 48 h.
⁴⁾Not detected.

표면부위에서 각각 5.00 및 4.26 log CFU/g의 균이 검출되었으며, UV 12, 24, 48시간 조사에서는 균이 검출되지 않았다.

대장균군 측정결과(Table 2), 무처리구 미역 전체와 표면 부위에서 각각 3.32 및 1.81 log CFU/g의 대장균군이 검출되었으며, 전해수 수세 후에는 대장균군이 검출되지 않았다. 수세 후 열풍건조 동안 UV 0, 12, 24, 48시간으로 병행하여 건조시킨 미역의 대장균군의 결과, UV 0시간의 미역 전체 부위에서만 1.30 CFU/g의 대장균군이 검출되었으며, 나머지 UV 처리구에서는 대장균군이 검출되지 않았다.

곰팡이 측정결과(Table 3), 무처리구의 미역 전체부위와 표면부위에서 각각 2.00 및 2.30 log CFU/g이 검출되었으나 전해수 수세 후 곰팡이가 검출되지 않았다. 수세 후 48°C, 48시간 열풍건조 동안 UV 0, 12, 24, 48시간으로 병행하여 건조시킨 미역의 곰팡이수 측정 결과, UV 0시간의 미역 전체부위에서 1.00 log CFU/g의 곰팡이가 검출되었으며, 나머지 UV 처리구에서는 검출되지 않았다. 생균수, 대장균군, 곰팡이의 결과에서 전해수 수세 후에는 균이 검출되지 않았으나, 열풍건조기를 통한 건조에 의하여 균이 검출되는 것으로 보아 열풍건조기 내에서의 균 오염가능성을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 열풍건조기 내에서의 미생물 오염을 억제하기 위한 UV 처리 시간별 미생물의 억제효과를 살펴보았을 때 UV 12, 24, 48시간 모두에서 미생물이 검출되지 않음을 확인하였다.

Lee 등[27]의 연구에 의하면 전해수 처리에 의하여 깻잎, 상추, 미니배추에서 *Escherichia coli* 및 *Bacillus cereus* 균이 검출되지 않았거나 약 5 log cycle의 감소를 보였다고 보고하였다. 또한, Jeong 등[12]의 전기분해수 세정에 따른 깻잎의 미생물의 변화를 보면 총균수 및 대장균군이 무처리구에 비하여 전해수 처리 후 약 3 log cycle 감소한다고 보고하였으며, Koseki 등[24]의 연구에서 오이에 전해수 5분 처리 시 호기성세균, 대장균군, 곰팡이가 약 2-4 log cycle 감소한다고 보고하여 본 실험의 생균수, 대장균군, 곰팡이수가 감

소하는 결과와 유사한 결과를 확인하였다. John [14]에 의하면 전해수의 살균 기작은 전기분해시 생성되는 HClO가 세포내에서 HCl과 활성산소로 분해되어 HCl은 세포내에서 pH를 낮추고, 활성산소는 세포물질의 불활성화를 유도하여 균을 사멸시킨다고 하였다. UV-C에 의한 미생물 억제 효과는 Kang 등[16]의 연구에서 치콘에 UV-C 조사 시 총호기성세균과 곰팡이수가 약 1-1.5 log cycle 감소하였으며, 이산화탄소수와 UV-C 병행 처리 시에는 약 2-3 log cycle 감소하여 병행처리에 의하여 더 좋은 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었다. Manzocco 등[29]의 연구에서 절단 사과에 UV-C 처리 시 증온 세균과 효모가 약 1-1.5 log cycle 감소한다고 보고하였다. 또한 Selma 등[33]의 양파와 꽃상추에 UV-C 처리 시 증온세균, 총 대장균군 및 곰팡이가 약 1-2.5 log cycle 감소한다고 보고하고 있어 본 실험의 결과와 유사한 결과를 확인하였다.

이상의 결과, 생미역의 경우 전해수 수세 처리만으로 미생물 억제 효과가 우수함을 확인하였고, 건미역의 경우, 전해수 수세 후에 열풍 건조와 UV 병행 처리 시에 미생물 제어 효과가 뛰어난 것을 확인하였다. UV 조사 조건은 24시간 이상 조사 시 탄 냄새 및 탄 맛이 느껴진다는 의견이 있어 관능적 품질을 생각하였을 때, UV 12시간 병행조사가 미생물 제어 최적 조건으로 사료된다.

색도

15% 전해수로 10분 세척 후 증류수로 10분씩 5회 수세 하여 48°C의 열풍 건조기에 UV 등을 설치하여 48시간 동안 UV 조사 시간 간격을 달리하여 건조미역의 색도를 측정하였다(Table 4). 건조 처리 전 전해수로 세척한 미역의 색도 결과는, 무처리구와 비교 시 명도와 적색도는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 황색도의 경우 전해수 처리구에서 유의적인 감소를 보였다. 미역에 함유되어 있는 주요색소로는 carotene류의 β-carotene, chlorophyll류의 chlorophyll a, xanthophyll류의 fucoxanthine의 함량이 높다고 알려져 있는데[38], Han 등[9]의 조리에 따른 미역중의 색도 변화 연구에서 미역에 산이 가해지면 chlorophyll 및 fucoxanthine계 색소의 손실이 일어나 적색도의 증가 및 황색도가 감소하는 결과를 보였다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 황색도가 감소한 것은 전해수 중의 HClO가 HCl로 분해되면서 미역의 색소에 영향을 주어 황색도가 감소한 것으로 사료된다. 수세 후 48°C, 48시간 열풍건조 과정 중 UV를 0, 12, 24, 48시간 간격으로 병행 처리하여 건조시킨 미역의 색도 결과, 명도는 건조 후에 증가하였으며, UV 조사 처리 후에는 약간의 증가를 보였고, UV 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 적색도의 경우, 수세 후 건조에 의해 적색도가 증가하였으며, UV 조사를 24 및 48시간 처리 시 적색도는 약간 감소하였

Table 4. Color value of *U. pinnatifida* treated with electrolyzed water.

		Lightness	Redness	Yellowness
Untreated		29.65±0.13 ^{ns}	-4.25±0.34 ^{ns}	7.90±0.13 ^a
15% EW ¹⁾ + DW ²⁾		29.38±0.23	-3.87±0.20	7.26±0.03 ^b
15% EW + DW + HAD ³⁾	UV 0 h	41.08±0.24 ^B	-2.46±0.16 ^{AB}	10.63±0.17 ^B
	UV 12 h	42.28±0.26 ^A	-2.25±0.05 ^A	10.74±0.12 ^B
	UV 24 h	42.44±0.19 ^A	-2.85±0.00 ^C	10.82±0.06 ^B
	UV 48 h	42.26±0.11 ^A	-2.77±0.08 ^{BC}	11.54±0.16 ^A

¹⁾Electrolyzed water for 10 min (washing : 1 time).

²⁾Distilled water for 10 min (washing : 5 times).

³⁾Hot air drying at 48°C for 48 h.

Means in the same column (small letter between non-drying treatments, big letter between drying treatments) bearing different superscripts in samples are significantly different ($p < 0.05$).

ns : not significantly different.

다. 황색도의 경우 건조 후, 수세만 하였을 때보다 유의적인 증가를 보였으며, UV 48시간 처리구가 UV 0-24시간 처리구보다 유의적으로 증가함을 보였다.

Yoo와 Jang [39]의 전기분해수 처리에 따른 콩나물의 색도 변화를 살펴보면, 무처리구와 미산성전해수 및 차아염소산수 처리에 의하여 명도는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 황색도는 유의적으로 감소한다고 보고하여, 본 실험의 결과와 유사한 결과를 확인하였다. Koide 등[23]의 절단 당근의 전해수 처리에 의한 물성 변화 논문에서 전해수 처리시 당근의 명도 및 적색도는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 황색도는 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. Kim 등[19]의 UV-C 조사에 의한 수입 건어포의 품질에 미치는 영향에 관한 논문에서 UV-C 조사선량이 증가할수록 명도와 적색도는 유의적인 차이를 보이지 않으며, 황색도는 유의적으로 증가한다고 보고하고 있어 본 실험의 결과와는 상반된 결과를 확인하였으며 이는 시료의 종류에 따른 차이로 사료된다.

관능평가

15% 전해수로 10분 세척 후 증류수로 10분씩 5회 수세 하여 48°C의 열풍 건조기에 UV 등을 설치하여 48시간 동안 UV 조사 시간 간격을 달리하여 제조한 건조미역의 관능평가 결과(Table 5), 무처리구와 전해수 수세구간 향 및 맛 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 전해수 수세구에서 무처리구에 비하여 높은 점수를 얻었다. 전해수 수세시 미역에서 전해수 취와 맛이 약간 난다는 의견을 보였으며, 전해수 처리에 의해 미역 자체의 비린 맛 및 향이 감소했다고 하였다(no data). 전해수 수세한 미역을 열풍건조기를 이용하여 48°C, 48시간 열풍 건조하면서 UV를 병행조사한 건조미역의 관능평가 결과는 UV 조사 시간에 따른 향 및 맛 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 UV 24시간 이상 조사 시 건미역 자체의 맛이나 향이 감소했다고 하였으며, 일부는 탄 맛 및 탄 냄새가 난다고 평가하였다(no data). Jeong 등[11]의 전기분해수 세정처리에 의한 딸

Table 5. Sensory evaluation of *U. pinnatifida* treated with electrolyzed water.

		Color	Aroma	Taste	Overall preference
Untreated		4.00±0.85 ^{ns}	3.58±1.08 ^{ns}	3.42±0.90 ^b	3.50±0.80 ^b
15% EW ¹⁾ + DW ²⁾		4.58±0.79	4.08±0.51	4.25±1.06 ^a	4.25±0.87 ^a
15% EW + DW + HAD ³⁾	UV 0 h	4.25±0.62 ^{NS}	4.08±0.29 ^{NS}	4.17±0.83 ^{NS}	4.33±0.89 ^{NS}
	UV 12 h	3.92±0.67	4.00±0.00	4.17±1.27	4.33±1.0
	UV 24 h	3.83±0.72	4.08±0.51	3.50±0.90	3.83±0.83
	UV 48 h	3.83±0.83	4.00±0.43	3.42±0.79	3.42±0.79

¹⁾Electrolyzed water for 10 min (washing : 1 time).

²⁾Distilled water for 10 min (washing : 5 times).

³⁾Hot air drying at 48°C for 48 h.

Means in the same column (small letter between non-drying treatments) bearing different superscripts in samples are significantly different ($p < 0.05$).

NS : not significantly different.

기의 품질특성의 관능평가 결과, 무처리구와 전해수 처리구 간 형태, 색, 향 및 종합적 기호도에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하고 있어 본 실험의 결과와 유사한 결과를 확인하였다. 또한 Chun 등[6]의 UV-C 조사가 고춧가루의 품질에 미치는 영향의 관능평가 결과, 신선도, 부패도, 향, 종합적 기호도 항목에서 무처리구와 UV-C 조사 선량별 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며, Allende 등[2]의 red oak leaf lettuce의 UV-C 처리에 의한 관능적으로 무처리구와 UV-C 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않는다고 보고하고 있어, 본 실험의 관능평가 결과와 유사한 결과를 확인하였다. 따라서, 본 실험의 15% 전해수 및 증류수 수세와 열풍건조 및 UV 12시간 병행 건조를 통하여 미생물을 효과적으로 제어하면서 관능적인 품질 변화 없는 건조미역을 제조할 수 있는 방법으로 사료된다.

요 약

15% 전해수로 10분간 세척 후 증류수로 10분씩 5회 수세하여 48°C의 열풍 건조기에 UV 등을 설치하여 미생물의 변화를 확인하였다. 전해수 수세 후 생균수, 대장균군, 곰팡이수에서 모두 균이 검출되지 않았다. 하지만, 수세 후 열풍 건조기를 이용하여 48°C에서 48시간 동안 열풍 건조 시 미생물이 다시 검출됨을 확인하였고, 이에 열풍 건조기 내에 UV 등을 설치하여, UV 조사 최적 시간을 확인하였다. 그 결과 UV 조사를 12시간 이상 처리 시 미생물이 검출되지 않는 것으로 나타났다. 15% 전해수 수세 및 열풍 건조 미역의 색도 결과, 전해수 수세구는 무처리구와 비교 시 황색도에서만 유의적인 감소를 보였으며, 수세 후 열풍 건조 시 명도, 적색도 및 황색도가 유의적으로 크게 증가하였다. 관능평가 결과, 색, 향, 맛 및 전체적 호감도 항목에서 무처리구와 전해수 수세구간 유의적인 차이는 없었으나 전해수 처리 시 미역의 비린 맛 및 비린 향이 감소한다고 하였다. 또한 48°C, 48시간 열풍 건조 동안 UV 0-48시간 조사 구간에서도 색, 향, 맛 및 전체적 호감도에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 결론적으로, 15% 전해수 수세 시 생미역의 미생물 증식을 효과적으로 제어할 수 있을 뿐만 아니라 미역의 비린 맛 및 비린 냄새를 줄여 관능적으로 나은 제품을 제조할 수 있었다. 전해수 수세 후 열풍 건조 하는 동안 UV 조사를 12시간 실시할 경우 열풍 건조기를 통한 미생물 오염을 억제할 수 있어 전해수-열풍 건조-UV 병행 처리 시 미생물 제어효과가 우수한 건미역을 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

- Ahn SJ, Kim YS, Park KP. 2004. Storage of waste-brown seaweed and degradation of alginate using microorganism. *J. Environ. Sci.* **13**: 313-318.
- Allende A, McEvoy JL, Luo Y, Artes F, Wang CY. 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiol.* **23**: 241-249.
- Bojakowski K, Abramczyk P, Bojakowska M, Zwolinska A, Przybylski J, Gaciong Z. 2001. Fucooidan improves the renal blood flow in the early stage of renal ischemia/reperfusion injury in the rat. *J. Physiol. Pharmacol.* **52**: 137-143.
- Buck JW, Van Iersel MW, Oetting RD, Hung YC. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Dis.* **86**: 278-281.
- 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.
- Chun HH, Kim JY, Kim HJ, Song KB. 2009. Effect of UV-C irradiation on the quality of red pepper powder during storage. *Korean J. Food Preserv.* **16**: 454-458.
- Devine DA, Keech AP, Wood DJ, Killington RA, Boyes H, Doubleday B, et al. 2001. Ultraviolet disinfection with a novel microwave-powered device. *J. Appl. Microbiol.* **91**: 786-794.
- Foodnara.2014. <http://www.foodnara.go.kr/kisna/index.do?nMenuCode=18>.
- Han JS, Lee YJ, Lee SJ, Kim JA, Minamide T. 2002. Changes in chromaticity and 6 mineral contents of sea mustards according to several cooking methods. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* **18**: 101-108.
- Holdworth SD. 1971. Dehydration of food products. *J. Food Technol.* **6**: 331-334.
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water on strawberry and quality changes during storage. *Korean J. Food Preserv.* **13**: 316-321.
- 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.
- Jin TY, Oh DH, Eun JB. 2006. Change of physicochemical characteristics and functional components in the raw materials of Saengsik, uncooked food by drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**:188-196.
- John G. 1997. Essentials of Food Microbiology. pp.97-98. 1st ed. Arnold Publishers, London.
- Jung SW, Park KJ, Park BI, Kim YH. 1996. Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. *Korean J.*

- Food Sci. Technol.* **28**: 1045-1051.
16. Kang JH, Park JY, Oh DH, Song KB. 2012. Effect of combined treatment of aqueous chlorine dioxide and UV-C or electron beam irradiation on microbial growth and quality in Chicon during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**: 1632-1638.
 17. Keyser M, Muller IA, Cilliers FP, Nel W, Gouws PA. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **9**: 348-354.
 18. Kim C, Hung C, Brackett RE. 2000. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Int. J. Food Microbiol.* **61**: 199-207.
 19. Kim JY, Chun HH, Song KB. 2008. Effect of UV-C irradiation on the quality of imported dried fish during storage. *Korean J. Food Preserv.* **15**: 922-926.
 20. Kim KH, Cheong JJ. 1984. Optimum conditions for extracting alginic acid from and amino acid composition of its extraction residue. *Korean J. Food Sci. Technol.* **16**: 336-340.
 21. Kiura H, Sano K, Morimatsu S, Nakano T, Morita C, Yamaguchi M, et al. 2002. Bactericidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration in comparison with that at high concentration. *J. Microbiol. Methods* **49**: 285-293.
 22. KMI. 2013. Korea Maritime Institute homepage, <http://www.foc.re.kr>.
 23. Koide S, Shitanda D, Note M, Cao W. 2011. Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot. *Food Control* **22**: 452-456.
 24. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. 2004. Efficacy of acidic electrolyzed water for microbial decontamination of cucumbers and strawberries. *J. Food Prot.* **67**: 1247-1251.
 25. Koseki S, Yoshida K, Isobe S, Itoh K. 2011. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. *J. Food Prot.* **64**: 652-658.
 26. Lee JH, Kwon TR, Moon JD, Lee JT. 1998. Effect of acidic electrolyte water on growth and infection of *Phytophthora capsici*. *Korean J. Plant. Pathol.* **14**: 440-444.
 27. Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI. 2011. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**: 912-917.
 28. Maeda H, Hosokawa M, Sashima T, Funayama K, Miyashita K. 2005. Fucoxanthin from edible seaweed shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **332**: 392-397.
 29. Manzocco L, Pieve SD, Bertolini A, Bartolomeoli I, Maifreni M, Vianello A, et al. 2011. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure : effects on structure, colour and sensory properties. *Postharvest Biol. Technol.* **61**: 165-171.
 30. Murata M, Ishihara K, Saito H. 1999. Hepatic fatty acid oxidation enzyme activities are stimulated in rats fed the brown seaweed, *Undaria pinnatifida* wakame. *J. Nutr.* **129**: 146-151.
 31. Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biol. Technol.* **47**: 280-285.
 32. Sato M, Hosokawa T, Yamaguchi T, Nakano T, Muramoto K, Kahara T. 2002. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from wakame (*Undaria pinnatifida*) and their antihypertensive effect in spontaneously hypersensitive rats. *J. Agric. Food Chem.* **50**: 6245-6252.
 33. Selma MV, Allende A, Lopez-Galvez F, Conesa MA, Gill MI. 2008. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiol.* **25**: 809-814.
 34. Shigenobu K, Seiichiro I. 2007. Microbial control of fresh produce using electrolyzed water. *Jpn. Agric. Res. Q.* **41**: 273-282.
 35. Suetsuna K, Kaekawa K, Chen JR. 2004. Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* wakame peptide on blood pressure in spontaneously hypersensitive rats. *J. Nutr. Biochem.* **5**: 267-272.
 36. US Food and Drug Administration. 2007. Irradiation in the production, processing and handling of food. 21CFR. part 179.39. Code of Federal Regulations 3, pp 439-440.
 37. 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.
 38. White RC, Jones IO, Gibbs E, Butler LS. 1972. Flurometric estimation of chlorophyllides, pheophytins and pheophorbides in mixtures. *J. Agric. Food Chem.* **20**: 773-778.
 39. Yoo JY, Jang KI. 2011. Change in quality of soybean sprouts washed with electrolyzed water during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**: 586-592.