

산 · 학 · 연 논문

# 강산성 전기분해수의 제조 및 수산식품가공기구의 세척시 살균효과

조순영<sup>†</sup> · 주동식\* · 김옥선 · 최용석\*\*

강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

\*동해대학교 관광외식산업학과

\*\* (재)강릉해양생물산업진흥원

## Sanitation of Seafood Processing Equipments by the Prepared Acidic Electrolyzed Water

Soon-Yeong Cho<sup>†</sup>, Dong-Sik Joo\*, Ok-Seon Kim and Yong-Seok Choi\*\*

East coastal Marine Bioresources Research Center, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

\*Department of Tourism and Foodservice Industry, Donghae University, Donghae 240-150, Korea

\*\*Gangneung Development Institute for Marine Bioindustry, Gangneung 210-101, Korea

### 서론

현대의 가공식품은 다양화하는 소비자 요구에 대응하여 다품종소량생산 및 안전성이 높은 식품의 공급이 요구되고 있다. 특히 수산물은 변패하기 쉬운 가공 전단계에서부터 부패되지 않도록 균관리를 하여야만 한다. 수산물 자체의 살균도 중요하지만 기구의 세척살균으로 2차 오염이 되지 않도록 하는 것도 중요하다. 최근 일본에서는 전기분해수 장치로 간단히 강산성 전해수를 만들어 딸기를 출하 직전에 분무하여 유통기한을 연장시킨 경우도 있고, 병원 바닥 청소용 물로서 이 강산성 전해수를 사용하기도 한다. 이처럼 강산성 전해수는 살균효과가 탁월한 것으로 알려져 있다(1).

시판 식염(NaCl)을 0.03~0.15%(5~25 mM) 첨가한 수용액을 전기분해시키면 전해수(산성수, 알칼리 이온수)로 되고, 여러 가지 효과가 확인되어 다방면에 걸쳐 일본에서는 이미 활용되고 있으나(1), 우리나라에서는 거의 산업적으로 아직 사용되고 있지 못하다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 소금의 전기분해시에 격막을 서로 통과하면서 양극 측에 수소이온과 염소이온 등의 음이온이 많이 포함된 산성수(양극수)와 음극 측에 수산이온과 Na 이온 등의 양이온이 많이 포함된 알칼리수(음극수)를 얻을 수가 있다. 산성수의 경우에는 살균작용으로부터 세정수등에의 이용이 일본에서는 행해지고 있다. 많은 산성수 생성장치의 경우 식염(NaCl) 등의 첨가에 의해 해리를 촉진시켜 강산성수를 얻고 있다. 농업에서의 이용에서는 나트륨 장해를 격정하여 염화칼륨을 전해 보조제로서 사용되는 것이 많다.

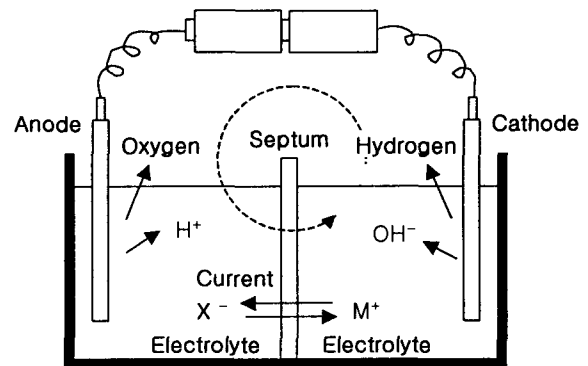


Fig. 1. Principle of electrolysis of water.

이들 물은 강산성(pH 2~3정도), 게다가 염소이온을 포함하고 있어 제균(制菌)효과를 가지는 것은 확실하다. 의학 분야에서는 병원내 감염방지 등을 위해 손의 소독이나 기구류의 세정에 효과가 있다는 사실이 수없이 보고되고 있고, 실천하고 있는 의원도 일본에서는 있다(1). 최근 일본에서는 후생성이 전기분해장치를 소독용 기구로서 약사 승인하였으므로, 금후 급속도로 보급되어 가리라 예상하고 있다. 또한, 일본에서는 2002년도에 식품에 직접 본 강산성수나 강알칼리수를 사용하여도 좋다는 허가가 나와 식품에의 빈번한 적용도 예상된다. 더욱이, 현재 농업·식품분야에서 주목받고 있는 것은 사용하는 물에 처리를 가해 새로운 기능을 부여하고 농산물이나 제품의 품질을 향상시키고자 하는 것이다. Table 1에 현재 시도되고 있는 기능성 물처리들을 나타내었다(2). 이들의 처리는 어떤 종의 에너지 장에서 물을 처리하는 방법과 미네랄 등의 첨가

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: csykang@kangnung.ac.kr  
Phone: 033-640-2335, Fax: 033-648-3831

Table 1. Several functional water (2)

Method for functionality of water	Treatment	Name of water		
Energy treatment	Electrolysis	Alkali ionic water Acidic electrolysis water		
	Electric field	Electric water Overlapping wave water		
	Magnetic field	Magnetization water Resonance magnetic field treatment water		
	Far infrared radiation	Far infrared radiation treatment water		
	Ultrasonic waves	Ultrasonic wave treatment water		
	Addition of mineral	Mineral	Ceramic treatment water Mineral treatment water Elvan treatment water $\pi$ water	
Removal of substance			Deaeration	Deaeration water

물에 의해 물의 구조를 변화시키는 방법, 물리적 처리로 탈기 등을 행하는 방법으로 나뉘어 진다. 전기분해에 의해 만들어지는 강산성수도 기능수중의 하나라 할 수 있다. 그런데, 수산물의 경우 일반적으로 단백질이 많아 강산성인 전해수가 직접적인 변성 원인으로 작용하므로 수산물 자체에 강산성 전해수를 닿게 할 수는 없다. 이에, 본 연구에서는 수산물 가공 기계의 완전 살균으로 수산물 가공시 2차 미생물 오염을 막게 함으로써 보다 더 위생적인 수산물 가공이 되게 하고자, 수산물 가공기계의 완전 살균 목적으로 강산성 전해수를 수산물 가공기계의 세척수로서 적용해 보았다.

## 재료 및 방법

### 재료

수산가공공장에서의 전기 분해수의 예비 살균효과를 보기 위한 접종균으로는 5종의 세균(*B. cereus* KCTC1012, *B. subtilis* KCTC1021, *E. coli* KCTC1924, *Pseu. aeruginosa* KCTC1636, *Ent. aerogenes* KCTC2619)을 사용하였고, 수산가공공장 장비의 세정능력을 실제로 보기 위해서는 도마와 육마쇄기(chopper)를 준비 사용하였다.

### 전기분해수 제조

전기 분해수의 제조는 전기 분해수 제조 장치(Super-oxidriver, JED-020, Japan)를 이용하여 제조하였는데, 제조 조건은 0.1% NaCl 4000 mL(수도수 및 증류수)을 제조 장치 수조에 충전하고, 5, 10, 15, 20분 동안 전기분해를 행하여 각각 알칼리 전기분해수와 산성 전기분해수를 제조하였다.

### 전기 분해수의 pH 및 저장중 변화

원수 종류별, 전기분해 조건별로 만들어진 전기 분해수의 pH는 pH meter(WTW, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 만들어진 전기분해수들의 저장 중 pH 변화도 측정하였다.

### 생균수 측정

제균 및 살균 효과 실험에 있어서 생균수의 측정은 petri film(3M, USA)을 이용하여 간이식으로 측정하였다.

전기분해수의 가공 기구 세척수로서 제균 효과 실험 산성 전기분해수의 제균 효과를 실험하기 위해 수산 가공 현장에서 널리 사용되고 있는 도마와 육마쇄기를 수도수, 증류수 및 산성 전기분해수로 수세하였을 때의 생균수 변화를 측정하였다. 수세는 도마의 경우, 나무 재질인 가정용 도마로 1회 어류 가공 전처리를 행한 다음, 수도수 1000 mL로 미리 수세하고 이것에 각각의 시험수를 500 mL 씩 처리하고 도마위의 일정 부위(10 cm×10 cm)를 멸균 생리 식염수를 묻힌 거어즈로 3회 닦아서 멸균 생리 식염수로 희석하여 생균수 측정용 시료로 사용하였다. 육마쇄기는 어육 마쇄후 수도수로 씻고, 각각의 시험수 1000 mL로 수세한 다음 특정 부위(5 cm×5 cm)를 멸균 생리 식염수를 묻힌 거어즈로 3회 닦아서 멸균 생리 식염수로 희석하여 생균수 측정용 시료로 사용하였다.

### 세균에 대한 살균력 시험

산성 전기분해수의 미생물 살균력을 시험하기 위해 5종의 세균을 48시간 액체 배양하여, 액체 배양액을  $10^{-4}$ 과  $10^{-5}$ 으로 희석하여 일정한 균수로 조절한 다음, 균 희석액과 동일한 양의 산성 전기분해수를 첨가하여 30분간 방치한 다음, 생존 균수를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 제조 조건에 따른 전기 분해수의 pH

원수 종류에 따른 전기분해수의 pH를 Fig. 2에 나타내었다. 원수 즉, 수도수와 증류수로 만든 전기분해수의 pH의 차이는 거의 없는 것으로 확인되었으며, 산성 전기분해수의 pH는 원수의 종류에 관계없이 2.1~2.3 정도였고, 알

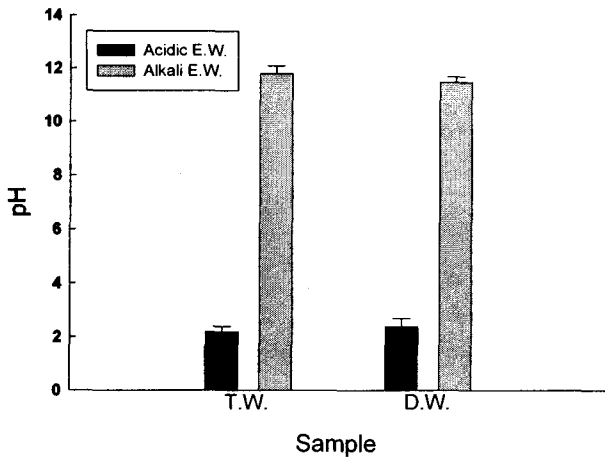


Fig. 2. pH comparison for acidic and alkali electrolyzed water prepared from distilled water and tap water.

칼리성 전기분해수는 11.5~12.1 정도의 범위에서 형성되었다. 그러나 이러한 pH도 제조할 때마다 일정한 값을 나타내는 것은 아니었는데, 원수의 상태나 전기분해 장치의 특성에서 기인하는 것으로 생각되었다. 한편, 전기분해수 제조시 전기분해 시간에 따른 pH의 변화를 추적한 결과 (Fig. 3), 초기 5분 전기분해한 시료와 10분 전기분해한 분해수의 pH는 상당히 차이를 나타내었는데, 5분 전기분해한 시료의 산성수는 pH가 3.2~3.8 범위였고, 10분 전기분해한 산성수는 pH가 2.1~2.4 정도의 범위에서 형성되었다. 10분 이상 전기분해한 시료의 pH는 시간 경과에 따라 어느 정도 pH가 저하한 다음 더 이상 pH가 저하하지 않는 것으로 확인되었다. 알칼리 전기분해수도 경향은 비슷하여 5분 분해 처리구가 pH 9~10, 10분 분해 처리구는 pH 11~12 정도의 pH를 나타내었다. 이는 원수 중에 함유되어 있는 NaCl 농도와 상관성이 있는 것으로 판단되며, NaCl 농도와 전기분해시간 조절로 전기분해수의 pH를 선택적으로 제조할 수 있다는 것을 확인하였다.

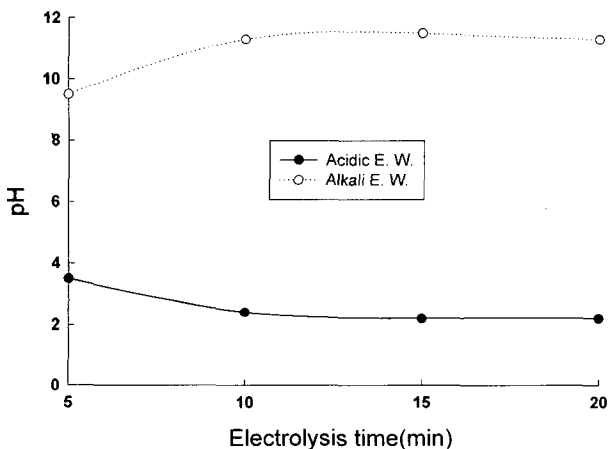


Fig. 3. Time course of pH of acidic and alkali electrolyzed water.

전기분해수의 저장 중 변화

전기분해수의 저장 중 변화는 어떤지 살펴보기 위해 산성 전기분해수 및 알칼리성 전기분해수를 제조한 다음, 저온 및 실온에 저장하면서 pH 변화를 관찰하였다(Fig. 4 및 5). 산성 전기분해수의 경우, 상온에서 저장한 것보다 저온에서 저장한 것이 pH의 상승이 두드러진 것으로 나타났으며, 반대로 알칼리성 전기분해수의 경우는 상온 저장한 것이 pH의 저하가 컸던 것으로 확인되었다. 이는 산성 전기분해수의 경우, 유효 염소가 pH 저하와 살균력의 주체가 되는데, 저장중 유효염소가 휘발하여 그 농도가 저하됨으로서 pH가 상승하는 것으로 생각되며 아울러 유효염소 농도의 저하로 살균 효과의 감소가 예측되었다. 한편, 산성 전기분해수의 산화환원전위는 압소에 잘 밀폐하면 큰 변화가 없는 것으로 알려져 있는데, 이러한 결과도 상기의 이유와 상관이 있는 것으로 판단되었다. 본 연구에서도 저장 5일째에 pH가 2.8정도였고, 저장 10일째에 산성 전기분해수의 pH는 3.85 정도로 제조시의 2.5에 비해 상당히

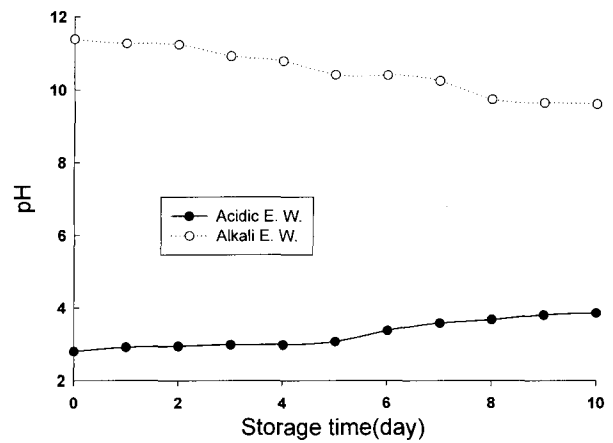


Fig. 4. Change of pH in acidic and alkali electrolyzed water during storage at 5°C.

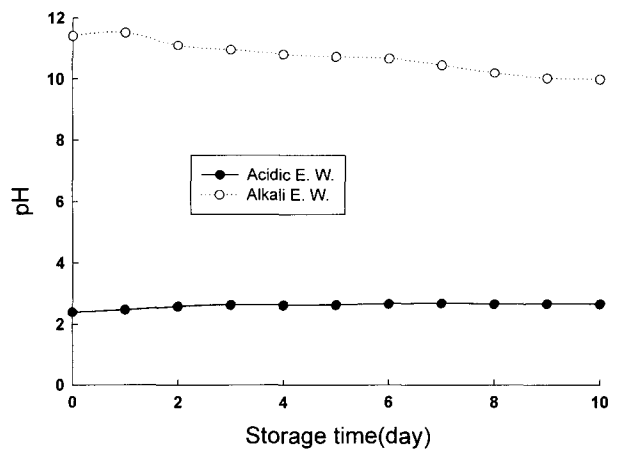
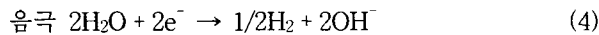
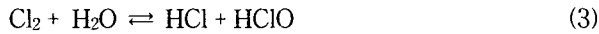


Fig. 5. Change of pH in acidic and alkali electrolyzed water during storage at room temperature.

상승한 것으로 나타났고, 알칼리성 전기분해수도 11.4 정도에서 9.6 정도로 낮아졌다. Fig. 1에 물의 전기분해양상을 나타내었는데, 소금물의 전기분해에 의해 강산성 이온수가 생성되는 원리를 나타내면 다음과 같다.



전해조에 소량의 식염 또는 염화칼륨 등의 전해질을 첨가하여 격막 양측에 직접 전압을 가하면 양극에서는 주로 (1), (2)식의 전해반응에 의해 산소가스와 수소이온, 염소가스가 생성된다. 생성한 염소가스는 물에 용해하여 (3)식에 따라 염산과 차아염소산으로 불균화 분해하여 평형을 이룬다. 음극에서는 (4)식의 전해반응에 의해 수소가스와 수산이온을 생성한다. 즉, 양극조(槽)에는 강산성수가, 음극조에는 강알칼리수가 생성하게 된다. 이런 양극조내의 염산과 차아염소산이 탈색 및 살균능을 나타내게 되는 것으로 사료된다(3,4).

이상의 결과에서 보통 전기분해수의 경우 필요에 따라 미리 제조하여 두고 사용할 필요가 있을텐데, 제조 후 저장을 하게 되면 유효 염소농도가 저하하는 것은 사실이지만 4~5일 정도는 뚜껑을 한 상태에서 상온에서 보존하여두고 사용해도 큰 문제는 없을 것으로 판단되었다. 그러나, 산성 전기분해수의 살균 목적으로의 이용시에는 가능한 한 제조직후에 사용하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

#### 강산성 전기분해수의 세균에 대한 살균 효과

주요한 세균 5종을 대상으로 산성 전기분해수의 살균효과를 직접 실험한 결과를 Table 2에 나타내었다. 전기분해수를 처리하지 않은 시료의 경우 *E. coli*는  $3.5\sim 4.0 \times 10^8$  colony/mL, *B. subtilis*는  $2.3\sim 2.5 \times 10^7$  colony/mL, *E. aerogenes*는  $3.5\sim 4.1 \times 10^8$  colony/mL, *B. cereus*는  $1.6\sim 1.9 \times 10^7$  colony/mL, *Pse. aeruginosa*는  $2.7\sim 3.2 \times 10^7$  colony/mL 정도로 검출되었으나, 시험 균주 모두 산성 전기분해수를 처리한 경우 균이 검출되지 않았다. 결국, 상기

Table 2. Antimicrobial (bacteriolysis) effect of acidic electrolyzed water for several bacteria

	No treatment (colony/mL)	Acidic electrolyzed water treatment
<i>E. coli</i>	$3.5\sim 4.0 \times 10^8$	ND <sup>1)</sup>
<i>B. subtilis</i>	$2.3\sim 2.5 \times 10^7$	ND
<i>Ent. aerogenes</i>	$3.5\sim 4.1 \times 10^8$	ND
<i>B. cereus</i>	$1.6\sim 1.9 \times 10^7$	ND
<i>Pse. aeruginosa</i>	$2.7\sim 3.2 \times 10^7$	ND

<sup>1)</sup>ND: not detected.

Table 3. Sterilization effect of acidic electrolyzed water for food processing machine

	Washing water	
	Tap water (colony/cm <sup>2</sup> )	Acidic electrolyzed water
Processing plate	150~175	ND <sup>1)</sup>
Chopper	105~112	ND

<sup>1)</sup>ND: not detected.

의 결과로 전기분해수가 확실한 살균효과를 가진다는 사실을 확인할 수 있었고, 본 실험에서는 확인하지 않았지만 기존의 보고에서는 효모는 물론이고 곰팡이의 제어에도 상당한 효과가 있다는 것이 밝혀져 있다. 이상의 실험 결과와 기존의 연구보고(2-4)를 토대로 판단해 볼 때 산성 전기분해수의 경우 직접적으로 살균하는 데 효과가 매우 큼이 밝혀진 만큼 여러 가지의 미생물 제어 용도로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 강산성 전기분해수의 식품 가공 기구 세척에 대한 살균 효과

산성 전기분해수의 가공 기구 살균 효과를 실험한 결과, Table 3에 나타낸 것처럼 확실한 살균 효과가 나타났다. 도마의 경우 수도수로 세척했을 때는 150~170 colony/cm<sup>2</sup>였으나, 산성 전기분해수로 세척한 결과 전혀 생균수가 검출되지 않았다. 아울러 육마쇄기에서도 비슷한 결과를 보였는데, 수도수로 세척한 경우 105~110 colony/cm<sup>2</sup>이었으나 산성 전기분해수로 세척한 경우 역시 음성으로 나타났다. 이러한 결과는 산성 전기분해수에 존재하는 염소가 살균 효과를 나타내는 것으로 판단되며, 기존의 보고(3)에서도 유사한 결과를 확인시켜주고 있다. 이러한 결과는 수산 가공업에서 특히 문제가 될 수 있는 각종 가공 장비의 세척에 있어서 산성 전기분해수를 사용하게 되면 위생적인 측면에서 매우 유효한 결과를 얻어 낼 수 있을 것이고 가공제품의 저장기간 연장에도 도움이 되리라 사료된다.

현재 저자들은 효모나 곰팡이에 대해서도 전기분해 강산성수의 살균 효과를 시험해 보고 있으며, 산성 전기분해수를 이용한 수산 가공 식품 자체에 대한 살균(특히 *E. coli*와 리스테리아균) 및 저장성 향상 등에 대한 추가적인 실험을 행하여 바람직한 결과들을 얻고 있다. 향후 특히 위생적인 처리가 이루어져야만 하는 수산가공에 있어서의 강산성 전기분해수의 살균능을 활용한 응용이 크게 기대된다.

#### 요 약

강산성수를 소금물의 전기분해에 의해 제조해 보고, 그

강산성수의 식중독균에 대한 살균력을 직접 확인해 봄으로써 수산가공공장의 대표적인 기구인 도마와 chopper의 살균 세정력에 대한 강산성수의 효과를 살펴보았다. 강산성수 제조시 원수의 종류에 의한 차이는 거의 없었으며, 전기분해시간에 따른 차이는 어느 정도 감지되었으나 10분 정도의 전기분해로 충분히 pH가 낮아진 pH 2~3 범위의 살균수를 얻을 수 있었다. 또한 전기 분해수의 저장 중 변화를 관찰한 결과, 산성 전기분해수는 오히려 저온에서 변화가 컸던 것으로 확인되었으며, 저장 4일째까지는 큰 변화가 없는 것으로 확인되었고, 알칼리성 전기 분해수도 저장중 pH가 낮아지는 결과를 나타내었다. 산성 전기분해수의 특정 세균에 대한 살균효과를 관찰한 결과, 세균의 종류에 관계없이 매우 뛰어난 살균 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 아울러, 수산가공공장용 도마와 chopper에 대한 강산성수의 세정살균력은 완벽하여 수산가공공장 세정

수로 매우 바람직한 살균수로 사료되었다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단지정 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 참 고 문 헌

- 1.ウォーター研究会. 1997. わかりやすい強酸性電解水の基礎知識. オーム社.
2. 酒井重男. 1995. 機能水の開發と應用の現狀. 食品工業 4: 30.
3. Tetsuya S. 1998. Safety and practice of electrolyzed water in food processing field. *Food Chemicals* 5: 35.
4. 鈴木鐵也, 堀田國元. 1998. 電解水-稀薄食鹽水の電氣分解溶液が示す諸性質とその利用. 化學と生物 36: 492.