

工學碩士 學位論文

전기분해 살균 시스템을 이용한
수산물의 위생 처리에 관한 연구



2009年 2月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

鄭 晋 而

工學碩士 學位論文

전기분해 살균 시스템을 이용한 수산물의 위생 처리에 관한 연구

指導教授 金 榮 穆

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2009年 2月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

鄭 晋 而

鄭晉而의 工學碩士 學位論文을 認准함

2008年 12月



主 審 水産學博士 趙永濟 印

委 員 農學博士 梁志榮 印

委 員 藥學博士 金榮穆 印

목 차

Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	8
1. 전기분해 시스템을 이용한 해수 및 활어폐류의 살균 효과 시험	
1. 1. 해수의 전기분해	8
1. 2. 전기분해 장치의 구조 구성	10
1. 3. 시험 어패류	10
1. 4. 수온, 염분, pH 및 탁도의 측정	13
1. 5. 시험 균주	13
1. 6. 생균수 및 위생지표 세균의 측정	13
1. 7. 트리할로메탄의 분석	14
2. 전기분해 시스템을 이용한 가공 단계 기구의 살균 효과 시험	
2. 1. 담수의 전기분해	16
2. 2. 시험 균주	16
2. 3. 생균수의 측정	18
결 과 및 고 찰	19

1. 전기분해 시스템을 이용한 해수 및 활어폐류의 살균 효과 시험	
1. 1. 전기분해 해수 중 염소 농도에 따른 생균수 변화	19
1. 2. 활성탄을 이용한 전기분해 해수의 염소 농도 조절	19
1. 3. 전기분해 시간에 따른 해수의 미생물학적 및 이화학적 변화	24
1. 4. 전기분해 해수 중 활어의 위생처리 효과	26
1. 5. 전기분해 해수의 폐류의 위생처리 효과	26
1. 6. 전기분해 해수의 위생 안전성 시험	29
2. 전기분해 시스템의 이용한 가공 단계 기구의 살균 효과 시험	
2. 1. 전류량의 변화에 대한 염소 농도의 변화	36
2. 2. 기구의 재질별, 염소 농도별 살균 효과 시험	36
2. 2. 1. <i>Escherichia coli</i> 에 대한 살균 효과	36
2. 2. 2. <i>Vibrio parahaemolyticus</i> 에 대한 살균 효과	38
2. 2. 3. <i>Enterococcus faecalis</i> 에 대한 살균 효과	40
2. 2. 4. <i>Listeria monocytogenes</i> 에 대한 살균 효과	43
2. 3. 전기분해 처리 후 바닥의 살균 효과	45
2. 4. 전기분해수에 침지하였을 때의 살균 효과	47
요 약	50
참 고 문 헌	52
감 사 의 글	62

Study on Sanitary Control of Fisheries Products with Electrolyzed Water

Jin-yi, Jung

*Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Electrolyzed water (EW) has been reported to exhibit antimicrobial activity against a variety of microorganisms. In recent years, EW has gained interest as a disinfectant used in agriculture, dentistry, medicine and food industry. EW has the potential to be more effective and inexpensive than traditional cleaning agents. The greatest advantage of EW is its safety. EW is different to hydrochloric acid or sulfuric acid in that it is not corrosive to skin, mucous membrane, or organic material. EW has been tested and used as a disinfectant in the food industry and other applications. This study was undertaken to evaluate the germicidal efficacy of EW to confirm seafood safety and sanitary control of seafood processing plants.

As the results reviewed germicidal effects on fish and shellfish with EW, appropriate chlorine levels was to be 0.5-1 ppm. In case of

the supply of sea water electrolysis, viable cell count and coliforms did not detected. The cell population was rapidly decreased after the treatment of 6 hrs. In order to evaluate the possibility of EW as a sanitizer in the fields of fisheries products and seafoods, EW was to be applicate. In seawater inoculated with microorganisms, viable cell count had been a decline in 2 log cycle after 2 days and *Vibrio parahaemolyticus* did not detected after 1 day. The content of trihalomethane, which is by-products formed when chlorine reacts with naturally occurring organic matter such as decayed leaves have been classified by the US Environmental Protection Agency as possible human carcinogens, measures lower than over the limit. When microorganism are contaminated in the utensil surface, germicidal effect of EW was much greater than a high chlorine level. Under the condition of EW generating chlorine over 100 ppm, viable cell counts decreased more than 3 log cycle within 1 min by a washing of surface. Compared with the germicidal effect between utensil materials, the wood kitchen board was less effective than others. However, more than 3 log reductions were achieved by EW treatment within 60 s. The pathogenic bacteria were not detected in EW after soaking treatment. In conclusion, this study demonstrates that EW is very effective as a sanitizer for cleaning fish contacting surface of traditional market and fish market to prevent the fish and shellfish from secondary pollution of bacteria.

서 론

최근 식품산업은 그 생산 규모 면에 있어서 대형화되어 가는 추세에 있으며, 저장·유통·수단의 발달로 인해 생산지에서 소비지까지의 범위가 크게 확대되었다. 또한, 식량자원 및 가공식품 등이 경제 원리에 의하여 전 세계에 유통되고 있는 상황에서, 병원 미생물에 의한 식품 오염의 기회 및 오염 미생물 증식 가능성이 크게 증대되고 있으며, 그 피해가 단시간 내에 전 세계로 확대될 가능성이 있다.

식품의 안전성을 위협하는 요인들은 크게 미생물학적, 화학적, 물리학적으로 나눌 수 있다. 미생물학적 요인은 세균성 식중독의 원인이 되는 다양한 병원성 세균 등을 들 수 있으며, 화학적 요인으로는 식품첨가물, 농약, 중금속, 내분비계 장애물질, 기타 환경 오염물질, 수의약품, 식품의 조리 가공 중 생성되는 각종 유해물질 등으로 들 수 있다. 식생활이 다양하게 변화하고 수입식품이 증가하면서 식중독의 발생원인도 다양해지고 있으나, 아직도 대부분의 세균성 식중독에 의한 것이 주를 이루고 있으며, 세균성 식중독 발생 원인과 예방 방법에 대해 많은 연구와 보고가 있음에도 불구하고 식중독 사고는 감소하지 않고 있다(우, 2001; 박 등, 2001; 신 등, 2004).

식중독 발생은 2003년에 135건(7,909명)에서 2007년 510건(9,686명)이 발생하여 건수는 3.8배, 환자 수는 20% 증가하였으며 매년 증가 추세에 있다. 또한 1건당 식중독 발생환자 수는 63~68명으로 대형화되고 있는 실정이다(한국식품의약품안전청, 2008).

최근 광우병을 비롯한 조류독감과 같은 육류에 의한 질병의 발생 및 육류의 과다섭취로 인하여 성인병, 소아비만이라는 새로운 질병이 생기

게 되어 축산물의 소비가 위축되어진 반면, 웰빙 식품으로서 수산물의 소비가 확대되어지고 있다. 이러한 영향으로 수산물 산업이 우리나라의 외식업에서도 큰 비중을 차지하게 되고 생선회 관련 업소도 전국적으로 증가하였다. 그러나 수산물은 대부분 해양과 같은 개방계에서 생산, 관리되므로 생산과정 중에 여러 가지 식품위생 안전위해에 노출될 우려가 있다. 특히 어패류는 가열조리하지 않고 날것으로 섭취하는 경우가 많기 때문에 생산 또는 유통 단계에서 오염되어지는 여러 가지 식품위생 안전위해는 인체에 직접적인 위해를 미칠 수 있다. 특히 이러한 식품위생 안전위해 중에서도 어패류에 오염된 각종 병원성 세균은 수산물 섭취와 관련하여 발병하는 여러 가지 질병의 원인체로 확인되는 경우가 많다(김 등, 2000). 그리고 적절한 위생관리가 이루어지고 있는 설비에서 생산된 양호한 위생상태의 양식어류나, 어획과정 중에 오염되지 않은 어패류라 할지라도 생산 또는 어획 후의 오염된 용수를 사용한 일시적 보관, 유통, 처리 등으로 인하여 오염될 수 있다(장, 2002).

또한 매년 여름철에 오염된 어패류의 생식에 의해 식중독 발생이 빈번하게 발생하고 있으며, 그 주 원인균으로 병원성 비브리오균이 알려져 있다. 특히 *V. vulnificus*와 *V. parahaemolyticus*와 같은 병원성 비브리오에 의한 식중독의 발생은 국민 건강에 영향을 미칠 뿐만 아니라 수산식품에 대한 소비위축 현상이 발생하고, 이에 따라 어민들은 물론 유통 및 가공업에 경제적 손실을 유발하는 등의 2차적 사회적 문제로 확산되어 수산 및 관련 산업계에 상당한 경제적 손실이 발생하는 악순환이 반복되고 있다(Elliot *et al.*, 1992; WHO, 1980; Oliver, 1989).

따라서 어패류의 생식으로 인한 식중독 발생이 빈번한 우리나라에서와 같은 경우, 어획 단계 또는 어획 후의 유통 및 가공 단계에서의 비위생적인 활어패류의 취급 등은 시급히 해결되어야 할 중요한 문제로 대두되

고 있다.

일반적으로 핏집 활어조에서는 정화 과정 없이 해수를 끌어 쓰고 있으며, 해수의 관리 역시 스펀지로 만든 채래식 시스템을 사용하고 있어 비위생적인 부분이 많다(장, 1998). 따라서 식품 안전성 및 국민보건 위생상 문제점이 발생하고 있지만 현재, 사용하는 해수의 수질 등에 대한 위생학적, 이화학적 기준은 미비한 실정이다. 따라서 추가적인 열처리 없이 직접 섭취하는 수산물의 미생물학적 안전성 확보를 위해서는 궁극적으로 세정효과가 극대화될 수 있는 기술이 요구되어진다. 수산물의 가공 과정에서 세정 과정에서 화학제제를 사용하는 것은 이들 약품 잔류 문제가 또 다른 식품 위해요소가 될 수 있어 화학제제의 사용 없이도 안전한 수준의 세정효과를 얻을 수 있는 기술이 절대적으로 필요하며, 이러한 기술의 정립과 적용은 수산물에 존재하는 초기 미생물 오염 수준을 감소시키는 효과적인 식품 안전성 확보 기술이 될 수 있는 좋은 방편으로 생각된다. 활어패류 및 유통 과정 중에 발생할 수 있는 오염에 대한 식품위생 안전 체계를 구축함으로써 국민건강 보호 및 수산물에 대한 신뢰성을 확보하는 일이 시급하다. 이러한 식중독 발생요인은 오염된 원료로부터 *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* and *E. coli* O157:H7과 같은 식중독균이 제품에 직접적으로 이행되어 발생할 뿐만 아니라(Abadias *et al.*, 2008; Beuchat, 1996; Francis *et al.*, 1999; FEHD, 2002; Johannessen *et al.*, 2002; Sagoo *et al.*, 2003), 식품의 조리, 가공 및 생산 중 작업자나 사용되는, 기계, 도구, 용기, 포장재 등 식품과 접촉하는 모든 매개체를 통한 오염으로 일어날 수 있으며(조 등, 2003; Deza *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2006), 대규모 식품가공 및 생산 과정에서 일어나는 식중독균의 오염이 대형화된 집단 식중독 발생의 주요한 원인이 되고 있다. 이를 방지하기 위해서는 식품 원료의 세척, 살균

및 소독 등 적절한 처리뿐만 아니라 식품과 접촉하는 모든 매개체에 대한 철저한 살균 소독이 필수적이다.

현재 개발되어 사용되는 용수 살균방법으로는 염소에 의한 살균, 오존 살균, 자외선살균법 등이 있으나 여러 가지 문제점을 가지고 있다(강, 2005). 염소는 잔류성이 있어 양식장 어류에 직접적으로 사용할 수 없으며, 강한 산화제로 알려진 오존을 이용한 살균 시스템은 뛰어난 살균 효과는 기대할 수 있으나 설치비가 매우 고가이고 수중에 용존 오존 농도를 높이는데 한계가 있고, 용존된 오존이 바로 기체화되기 때문에 살균 효율을 높게 하기 위해 과다 오존을 사용함으로 오존이 외부로 유출되기 때문에 양식시설 종사자의 호흡기에 심각한 악영향을 미칠 수 있다. 또한 자외선 살균장치의 경우 UV-C(253.7nm, 살균선)을 이용하여 살균을 처리하는 기술로 수중에서 자외선의 침투력을 높게 하기 위해서 고출력 램프를 사용하므로 설치비 및 유지비가 고가이며 자외선램프에 조류와 같은 이물질이 붙게 될 경우 자외선 출력이 줄어들어 살균을 저하가 발생하게 되므로 반드시 자외선램프 와이핑 시스템이 설치되어야하므로 비용이 2중으로 든다는 단점이 있다(정, 2003; 장, 1998; Graham, 1997; Ong *et al.*, 1995).

이에 비하여 전기분해수(이하 전해수)는 신속한 살균력과 잔류물이 없으며 물 자체의 오염에 따른 2차적 오염 가능성이 없다는 특징으로 세정 매체로서의 적용에 대한 연구가 진행되고 있다(Mattick *et al*, 2003). 전해수는 염소 소독에 비해 훨씬 저농도의 유효염소농도로 단시간에 강력한 살균 효과를 나타낸다. 그 효과는 위생지표세균인 *Escherichia coli*, 병원성 비브리오를 비롯한 식중독세균, 곰팡이, 오염된 음료수의 살균, 병원균에 오염된 손·피부, 알칼리성수의 항산화 효과, 어병 세균 및 바이러스에 대한 살균 효과 등 광범위한 분야에서의 응용이 가능한 것으로

알려지고 있다(Sharma *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2000a; Kim *et al.*, 2000b; Jørgensen *et al.*, 2002; Venkitanarayanan *et al.*, 1999). 또한 담수에 소량의 식염을 가하고 전기 분해하였을 때 얻어지는 산성 전해수가 강력한 살균력을 나타내어 주목을 받고 있으며(김 등, 2004), 식품 분야에서는 야채류 세정을 비롯한 다방면에서 응용되고 있고(Jeong *et al.*, 1999), 수산 분야에서는 어류의 병원 세균 및 바이러스에 대해서도 살균 효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다(Ozer *et al.*, 2006; Kasai *et al.*, 2000; Nakajima *et al.*, 2004).

전해수의 주된 화학물질은 생성 기작에 따라 이들의 농도는 다르지만 차아염소산, 염소가스, 기타 radical로 추정되며, 이들은 식품 등의 유기물에 닿으면 빠르게 소실되므로 이들에 의한 독성은 거의 무시할 수 있으며, 사용 후 물로 간단히 행구는 것만으로도 안전성에는 전혀 문제가 없으므로 인체유해성에 대한 논란의 소지가 많은 기존의 소독제 대체용으로 사용이 가능하다(Ayebah *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2000a; Liu *et al.*, 2006).

본 연구에서는 수산물의 위생 안전을 확보하고 동시에 수산업계 및 관련 산업계의 안정적 경영 지원을 위하여 가공에서 유통 단계에 이르기까지 활용 가능한 활어패류 위생처리 장치로서의 전기분해 살균 시스템을 이용하여 활어패류 위생 관리 및 가공 단계에서의 위생 처리 방안에 대해 검토해 보았다.

재료 및 방법

1. 전기분해 시스템을 이용한 해수 및 활어폐류의 살균 효과 시험

1. 1. 해수의 전기 분해

본 시험에서 사용한 전기분해 시스템은 국립 수산과학원에서 개발하여 특허등록(특허 제 0491985호, 2005. 05. 19, 무격막 전해조를 이용한 활어폐류 수조의 위생처리 방법 및 장치)한 전기분해 장치를 이용하였다.

소금물을 전기 분해하는 일반적인 원리(Fig. 1)는 해수를 직류로 전기 분해하면 해수의 구성성분인 NaCl이 분해되어 살균성분인 NaClO(차아염소 나트륨)이 발생하게 된다(Kim *et al.*, 2000a). 이렇게 해서 만들어진 전기분해 해수는 병원미생물, 바이러스 등에 대하여 직·간접적으로 광범위한 살균 효과를 나타내지만 어류 등 생물에 직접 적용할 때에는 생물에 대한 치사독성을 나타내므로 반드시 적절한 농도로 조절하여야 한다.

식염수를 이용하여 전해수를 생성하는 장치로는 격막, 수온 혹은 이온교환막 등을 사용하는 장치가 일반적으로 개발되어 있으나 활어폐류에 적용하기 위해서는 해수의 성질, 특히 염분 농도와 pH가 일반 해수와 큰 차이가 없는 전해수가 생성되어야 하므로 전기분해조를 무격막식으로 제작하였다.

해수 전기분해장치에서 전극판의 크기는 1시간에 1 A 전류를 1 m² 극판에 흘릴 경우 1.323 g/Ah 염소가 발생하는 점과 염분농도 32~35 %,

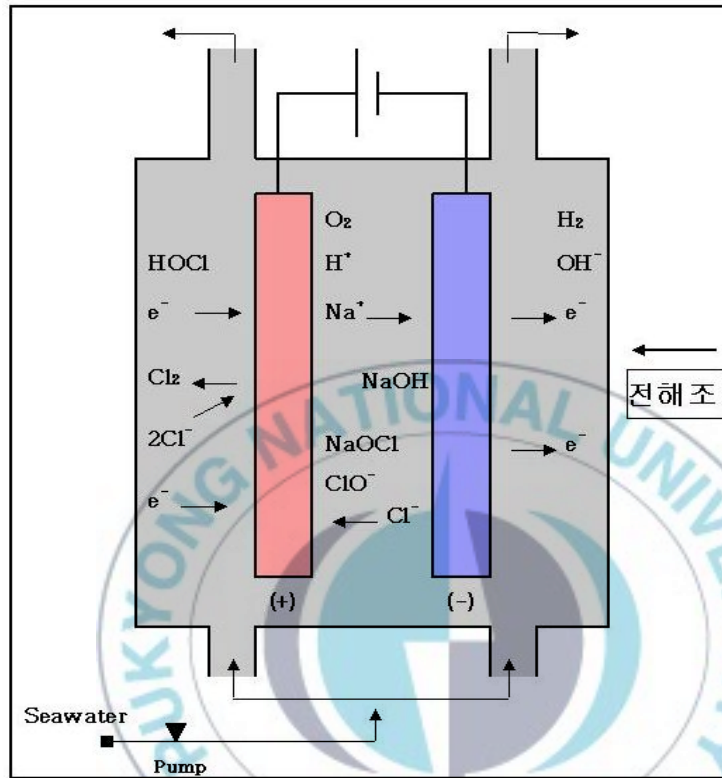


Fig. 1. Principle of electrolyzed water system.

전기분해 효율 90%가 된다는 점(Nernst식, Denora사)에 근거하여 13×14 cm의 백금 도금판에 5 V, 5 A의 전류를 흘려 최종 발생되는 염소량을 0~25 ppm (13 L/min)으로 제어할 수 있도록 하였다.

1. 2. 전기분해 장치의 수조 구성

수조에 해수를 채우고 전동펌프를 사용하여 분당 30 L의 유량으로 순환되도록 하였으며, 전기분해 장치는 펌프의 출구에 장착하여 분당 5 L의 해수가 전기분해(기계적 강도 $3 \mu\text{g}$ 으로 조정)되어 수조로 유입되도록 하였다. 이 때 전기분해되지 않은 잉여 해수는 보조관로를 통하여 여과용 스펀지(25×50×10 cm)를 거쳐 수조로 다시 유입되도록 설계하였다.

시험에 사용된 장치의 구성은 전해조에서 무격막식 전해판을 이용하여 해수 중의 염분을 전기분해하여 차아염소산 이온을 생성하고, 조절부에서 과잉 생성된 차아염소산나트륨의 농도를 조절하였으며, 여과부에서는 어패류 등에 영향을 미칠 수 있는 독성 성분을 흡착 제거하는 역할을 하여 생물에 아무런 영향 없이 실제의 활어수조와 동일한 조건이 될 수 있게 하였다(Fig. 2). Fig. 3과 같은 수조 구성으로 제작하여 어류 및 패류를 수용하였다.

1. 3. 시험 어패류

시험에 사용한 어류는 시험 당일 양식장으로부터 도매상으로 수송되어 온 활어를 구입하여 사용하였으며, 어종으로는 횡감으로 가장 선호하는 조피볼락, 송어, 넙치를 사용하였고, 대조구와 시험구에 동일하게 각각 30미, 30미, 10미씩 넣고 시험하였다. 패류는 통영 근해에서 채취하여 사용하였으며, 진주담치와 굴을 선정하여 대조구와 시험구에 동일하게 각각 5kg씩 수용하여 시험하였다.

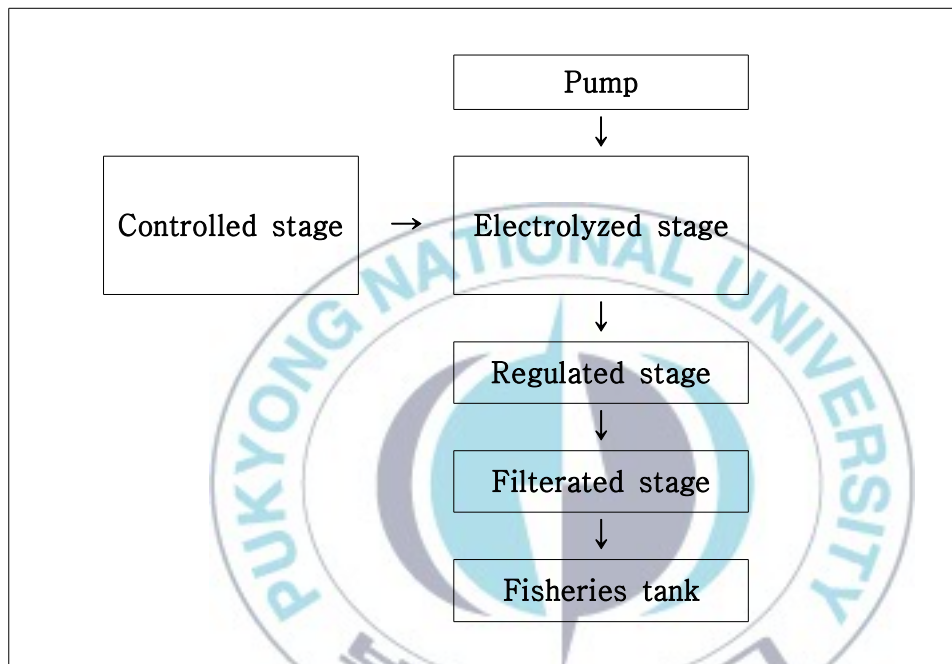


Fig. 2. Schematic diagram of electrolyzed water system.



Fig. 3. Construction of a electrolyzed water tank.

1. 4. 수온, 염분, pH 및 탁도의 측정

해수의 수온은 봉상 온도계를 사용하여 측정하였으며, pH는 pH meter (Fisher Scientific, Model 815MP)로 측정하였고, 염분은 Salinometer (Beckman, Model RS-10)로 측정하여 Practical Salinity Unit (PSU)로 나타내었으며, 탁도는 Turbidimeter(HACH, Model 2100 -A)로 측정하여 Nephelometric Turbidity Units (NTU)로 나타내었다. 잔류염소의 농도는 σ -tolidine (Junsei Chem. Co.)용액을 이용한 비색법으로 RC meter (DKK-TOA Corp., RC -24P)를 사용하여 측정하였다.

1. 5. 시험 균주

시험 균주는 *E. coli* KCTC 1682, *Vibrio parahaemolyticus* KCTC 2471를 사용하였다. 각 시험 균주를 1 L 용량의 Tryptic soy broth(TSB, Difco)에 접종하여 $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 소량 전배양한 후 이를 1 L의 TSB에 접종하여 $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 대량 배양하여 최종 균의 농도가 $10^7 \sim 10^8$ CFU/ml이 되도록 하였다. 배양액을 원심분리(7,000 rpm, 20 분)하여 균체만 따로 모아 식염수에 현탁하여 사용하였다. 해양 상재세균인 *V. parahaemolyticus*의 경우는 3% NaCl을 첨가한 TSB를 사용하였다.

1. 6. 생균수 및 위생지표 세균의 측정

생균수, 대장균군 및 분변계 대장균 함량은 Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish(A.P.H.A., 1970)의 방법에 따라 시험하였다. 생균수는 Standard plate count agar (SPC, Difco)를 사용하여 $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후 해수 ml 당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 대장균군 및 분변계 대장균은 최확수법으로 각 회석단별로 5개 시험관을 사용하여 측정하였다.

즉, 해수를 Lauryl tryptose broth (LTB, Difco)에 접종하고 $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 24 및 48시간 배양한 후 gas 양성인 시험관은 확정시험을 실시하였다. 대장균군의 확정시험은 Brilliant green lactose bile, 2% broth (BGLB, Difco)에 접종하여 $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서, 분변계 대장균의 확정시험은 EC broth (Difco)에 접종하여 $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 의 항온수조에서 각각 배양한 후 gas 양성인 시험관을 100 ml당 MPN으로 나타내었다.

어패류에 대한 시험의 경우, 어류는 시험 부위인 내장, 육, 표피를 시료로 10~30g을 무균적으로 취하여 멸균 희석수로 1:10의 비율이 되도록 희석한 후 균질화하여 시료 원액으로 사용하였고, 패류는 가식 부위인 육을 25~50g씩 취하여 동일한 방법으로 처리하여 시료원액으로 사용하여 해수와 동일한 방법으로 생균수, 대장균군 및 분변계 대장균 시험을 실시하였다.

1. 7. 트리할로메탄의 분석

본 시험에서 분석된 trihalomethane 성분은 chloroform, 1,1,1-trichloroethane, carbon tetrachloride, trichloroethylene, bromodichloromethane, tetrachloro-ethylene, dibromochloromethane, 1,2-dibromomethane, bromoform, 1,2-dibromo-3-chloropropane이었다. 해수 중 trihalomethane 분석은 US EPA method 524.2 (U. S. Environmental Protection Agency, 1979) 방법을 사용하였다. 해수 시료 10 ml와 5 ml pentane 그리고 무수 sodium sulfate (Na_2SO_4) 20 g을 분액깔때기에 담은 후 10분 동안 격렬하게 흔들어 추출하였으며, pentane층을 autosampler vial에 옮긴 후 Gas chromatography/electron capture detector(GC/ECD)를 사용하여 정량하였으며 사용된 분석조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Analysis of trihalomethane

Gas chromatograph : Hewlet-Packard HP 6890 series II plus with electron capture detector(ECD)	
--	--

Instrument setting	Temperature program
Injection volume: 1 μl	Initial temp. : 9 min. at 35 $^{\circ}\text{C}$
Detector temp. : 290 $^{\circ}\text{C}$	First ramp rate : 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ to 40 $^{\circ}\text{C}$
Injection port temp. : 200 $^{\circ}\text{C}$	Isothermal pause : 3 min
Carrier gas : N_2	Second ramp rate : 6 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ to 150 $^{\circ}\text{C}$
Flow rate of carrier gas : 1.0 ml/min	Isothermal pause : 10 min
Split mode : split/splitless mode	
Column: DB-1 (30 m $\times$ 0.25 mm Id, 0.1 μm)	

2. 전기분해 시스템을 이용한 가공 단계 기구의 살균 효과 시험

2. 1. 담수의 전기 분해

흔히 구할 수 있는 천일염을 이용하여 0.1 % 농도로 조제한 후, 수조에 충전하고 전기 분해 장치를 통과한 후 장치의 전류량의 변화를 조절하였다. 담수와 비교 측정을 위해 염소 농도 50, 100, 150, 200 ppm일 때의 전류량의 변화를 측정한 후, 시험 시마다 동일하게 조절한 후 전해수를 제조하여 사용하였다(Fig. 4).

2. 2. 시험 균주

식품과 관련된 식중독 세균 중 대표적인 Gram negative와 Gram positive균의 2종씩을 선택하였다. Gram negative균으로는 수산 식품에서 중요시 되고 있는 *V. parahaemolyticus*와 위생지표 세균인 *E. coli*를 시험하였고, Gram positive균으로는 식품 중의 내성 획득으로 인해 관리가 중요시되고 있는 *Enterococcus faecalis*와 저장, 유통 중에서의 오염으로 인해 주시되고 있는 *Listeria monocytogenes*를 시험하였다(김 등, 2000).

E. coli KCTC 1682, *E. faecalis* ATCC 29212, *L. monocytogenes* ATCC 19112는 TSB 1 L에 소량 전배양한 5 ml를 접종하여 35℃에서 24 시간 대량 배양하였으며, *V. parahaemolyticus* KCTC 2471은 3 % NaCl을 첨가한 TSB 1 L에 소량 전배양한 5 ml를 접종하여 35℃에서 24시간 대량 배양하였다.

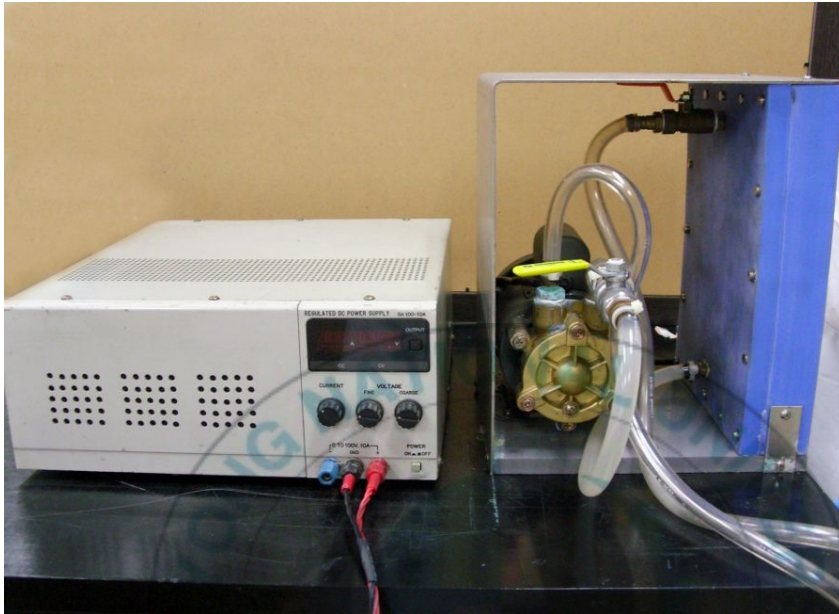


Fig. 4. Experimental apparatus for electrolyzed water system by tap water.

2. 3. 생균수의 측정

생균수 측정은 A.P.H.A.의 방법에 따라 시험하였다. Swab method로 전처리된 시료를 멸균 희석수로 희석하여 균수의 변화를 측정하였다. 생균수는 SPC (Difco)를 사용하여 $35\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후 전처리 시료 ml 당 CFU로 나타내었다.

즉 시험에 사용한 도마(나무, 플라스틱, 스테인리스 스틸) 및 바닥을 각각의 시험 균주가 충분히 도포되도록 5분간 전배양한 균을 인위감염 시킨 뒤, 이를 대조구인 담수와 시험구인 전해수로 수세 처리하고 도마 위의 일정 부위($2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$)를 멸균된 면봉으로 닦아서 9ml 멸균 희석수로 희석하여 생균수 측정용 시료로 사용하였다. 바닥의 경우도 동일한 방법으로 시험하였다.



결과 및 고찰

1. 전기분해 시스템을 이용한 해수 및 활어패류의 살균 효과 시험

1. 1. 전기분해 해수 중 염소 농도에 따른 생균수 변화

적정 염소발생 조건을 구명하기 위하여 해수의 전기분해로 발생하는 염소량에 따른 생균수의 변화를 Table 2에 나타내었다. 전해수 중의 염소 농도 0.1~0.5 ppm일 때의 결과를 보면, 염소 농도 0.1 ppm이었을 때 해수의 생균수는 두 그룹의 평균 14 CFU/ml이었고, 염소 농도를 0.5 ppm으로 올렸을 때의 생균수는 3 CFU/ml이었다. 현재의 활어패류용 수족관 해수 및 공급 해수의 수질에 대한 위생관리 기준은 식품공전 상 해수 1 ml 당 일반세균수 100,000 이하로 규정하고 있어, 해수 중의 생균수 규정에는 적합한 것으로 나타났으며, 염소 농도가 1 ppm 이상일 경우 생균수는 검출되지 않았다. 이상의 결과에 의하면 염소 농도 0.1 ppm에서도 충분한 살균 효과가 있는 것으로 확인되었다.

1. 2. 활성탄을 이용한 전기분해 해수의 염소 농도 조절

염소가 어류의 생존에 미치는 영향을 파악하기 위하여 해수 전기분해 장치 내 극판의 전기 강도를 $1.0 \mu\text{g}$ 으로 조정하여 수조 내의 잔류염소 농도를 0.07~0.09 ppm으로 조절하고, 이 수조에 조피볼락($200 \pm 20 \text{ g}$, 30 미), 송어($100 \pm 10 \text{ g}$, 30 미), 넙치($100 \pm 10 \text{ g}$, 10 미)를 수용하였을 때의 어류의 이상 유무를 관찰하였다, 수조 내 어류는 방치 5시간까지는 이상이 발견되지 않았으나 12시간 이후에는 약 50%가 폐사하였으며 24~48 시간 후

Table 2. Viable cell count by chlorine in the seawater

Chlorine levels (ppm)	Viable cell count (CFU, 35 °C/ml)	
	Test 1	Test 2
Initial	44	30
0.1	12	15
0.3	6	6
0.5	4	2
1	ND*	ND
2	ND	ND
4	ND	ND
6	ND	ND

* ND: Not Detected.

에는 수조 내의 어류는 모두 폐사하였다(Table 3).

따라서 전기분해 해수를 이용하여 활어패류를 위생 처리함에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항은 최소한 수조 내의 생물을 치사시키지 않는 조건을 확립하는 것이다. 따라서 이러한 전기분해 해수를 활어패류 수조에 효율적으로 활용하기 위해서는 전기분해 장치에서 발생하는 염소의 농도를 적절히 조절하는 기술이 선행되어야 하였다.

본 연구에서는 해수전기분해장치에 활성탄 여과장치를 부착하여, 염소 농도 조절을 시도하였다. 즉 실험에 사용된 활성탄은 플라스틱으로 제작된 filter holder에 활성탄을 충전한 시판 제품(청카본, 8×30 mesh, 10 inch, 석탄계)을 사용하였으며, 활성탄 여과기가 장착된 해수 전기분해 장치에 해수를 7 L/min의 유속으로 1 ton의 해수를 순환시키면서 수조 내의 염소농도를 0.03~0.06 ppm로 조절하였을 때, 수조 내의 어류는 장치 1주일 동안 폐사체가 발생하지 않았다.

수조 내의 활어패류의 생존에 영향을 미치지 않는 농도로 잔류 염소량을 조절할 수 있도록 활성탄 여과 장치를 부착한 후, 이 장치를 통과 후에 수조 내 해수의 살균 효과에 대해서도 시험하였다.

대조구 수조의 생균수는 10^4 CFU/ml 이었으나 활성탄 여과장치를 장착한 전해수 수조는 3시간과 6시간째 각각 1 log씩 감소하여 36시간째부터는 균이 검출되지 않았다. 또 대장균군 및 분변계 대장균도 시험구인 전해수 구간에서는 초기 농도 10^3 MPN/100ml이었고 3시간 후 2 log정도 감소한 후 6시간 이후부터는 검출되지 않았다(Fig. 5).

따라서 염소가 어류에 직접적인 영향을 줄 수 있기 때문에 전기분해 장치의 염소 발생 후 활성탄을 장착하면 어류에 영향을 미치지 않을 뿐만 아니라 활성탄 통과 후 수조 내 잔류되는 염소 농도는 낮지만 강한 살균 효과도 나타내었다.

Table 3. Survival ratio of fishes with electrolyzed water

Time (hr)	Chlorine levels in a tank (ppm)	Fishes (Survival ratio, %)		
		A	B	C
0	–	30(100)	30(100)	10(100)
5	0.08	30(100)	30(100)	10(100)
12	0.07	20(66)	15(50)	8(80)
24	0.07	6(20)	3(10)	0(0)
48	0.08	0(0)	0(0)	0(0)

A, Jacopever; B, Flathead mullet; C, Flatfish.

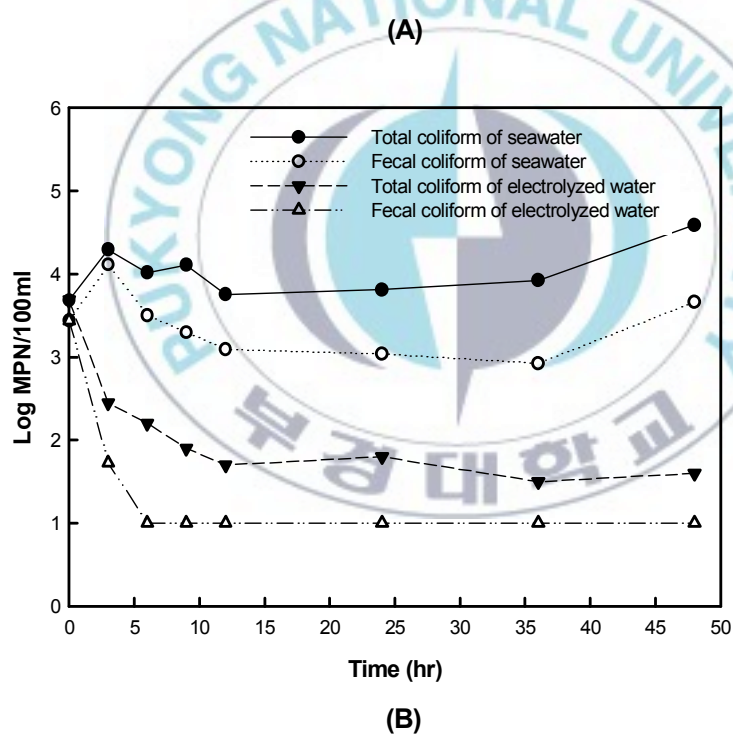
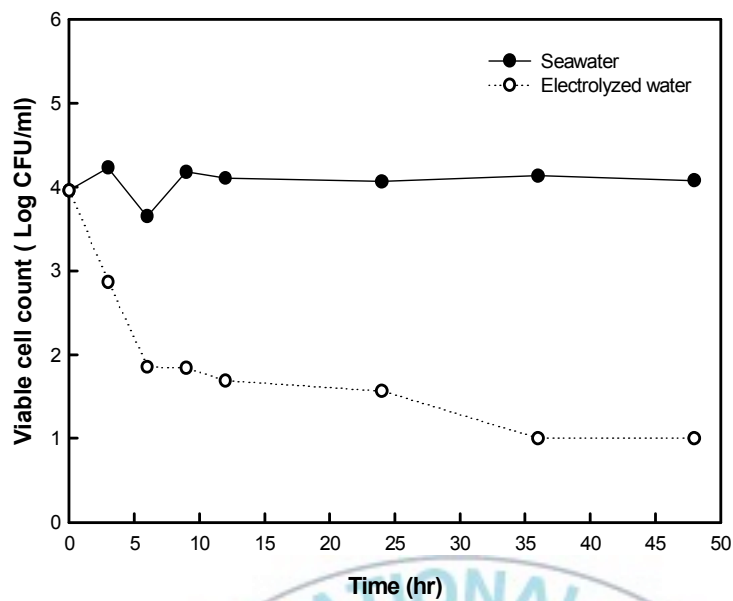


Fig. 5. Change of viable cell count and coliform group in the seawater with electrolyzed water.

A, Viable cell count; B, Coliform group.

1. 3. 전기분해 시간에 따른 해수의 미생물학적 및 이화학적 변화

어패류에 대한 순환 전기분해 해수의 살균 효과 시험을 실시하기 전에 전기분해 장치의 해수 살균 효과를 시험하기 위하여 수조에 오염된 해수를 채우고 경시적으로 세균수의 변화를 측정하였다. 이와 동시에 수온, 염분 및 pH 등과 같은 이화학적 변화도 측정하였다.

그 결과, Table 4에서 볼 수 있듯이 세균수의 변화는 25℃에서 배양하였을 때 최초 1.2×10^6 CFU/ml이던 것이 5일 후에는 4 CFU/ml로 감소하여 5log 이상 사멸하였고, 6일 후에는 전혀 검출되지 않았으며, 35℃에서 배양하였을 때도 동일한 양상으로 감소함을 확인하였다. 대장균군 및 분변계대장균은 각각 9.5×10^4 MPN/100ml, 7.0×10^4 MPN/100ml이던 것이 1일 후에는 전혀 검출되지 않았다.

한편 해수의 이화학적 변화를 측정한 결과 수조내의 실험 초기의 해수의 탁도는 7.12 NTU였으나 1일 후 4.65 NTU, 7일 후 1.21 NTU로 각각 감소하였는데, 이것은 스펀지 및 필터에 의하여 부유물이 여과되었기 때문으로 사료된다. 해수를 전기분해하면 양극에서는 알칼리수가, 음극에서는 산성수가 생성되는데, 본 시험에서는 무격막 전해조를 사용하였기 때문에 중성의 전해수가 생성되며 활어패류 수조에 공급되는 무독성의 살균수도 해수와 동일한 pH가 유지되었다. 또한, 염분 농도는 거의 변화가 없어 해수 고유의 성질은 거의 변하지 않는 것으로 확인되었다.

Table 4. Microbiological and chemical change of electrolyzed water by the filter

Time (Day)	Viable cell count (CFU/ml)		Coliform group (MPN/100ml)		Turbidity (NTU)	pH	Temp. (°C)	Salinity (‰)	Chlorine levels (ppm)		
	25°C	35°C	Total coliform	Fecal coliform					In the electrolyzed system	After filter	In the tank
0	1.2×10 ⁷	1.0×10 ⁶	95,000	70,000	7.12	7.8	22.45	34.12	2.0	0.1	<0.1
1	8	6	ND	ND	4.65	7.8	23.15	34.16	1.8	0.2	0.05
2	15	8	ND	ND	3.24	7.7	23.12	34.12	1.5	0.15	0.06
3	4	0	ND	ND	2.21	7.7	22.67	34.34	1.2	0.12	0.05
4	3	2	ND	ND	1.88	7.6	22.89	34.32	2.0	0.13	0.03
5	4	ND	ND	ND	1.89	7.7	22.54	34.67	1.7	0.15	0.02
6	ND*	ND	ND	ND	1.21	7.6	23.45	34.56	1.3	0.07	0.03
7	ND	ND	ND	ND	1.26	7.7	24.05	34.58	2.0	0.12	0.03
8	ND	ND	ND	ND	1.24	7.5	24.12	34.60	1.6	0.15	0.02
9	ND	ND	ND	ND	1.26	7.5	23.98	34.72	2.0	0.1	0.04

* ND: not detected.

1. 4. 전기분해 해수 중의 활어의 위생처리 효과

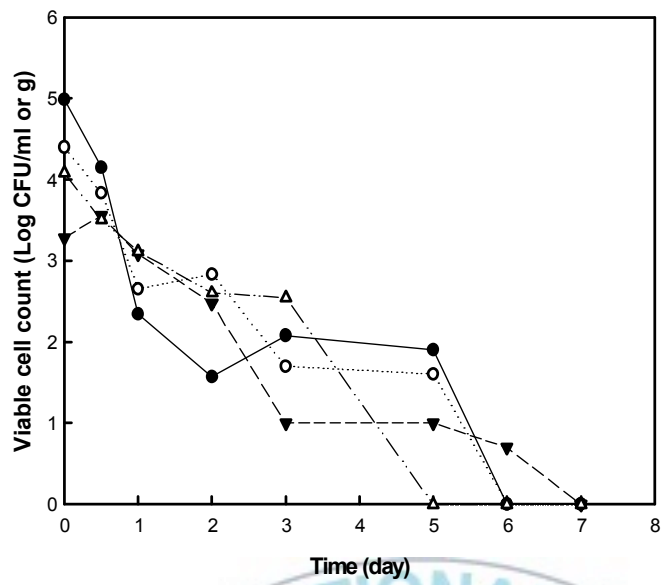
전기분해 장치로 처리한 해수의 어류에 대한 살균 효과를 확인하기 위하여 활어수조에 조피볼락(400g±50 g, 80 미)을 수용하고 사육용수에 *V. parahaemolyticus* 배양액을 넣고 1일간 오염시킨 후, 염소 농도 0.07~0.09 ppm의 전해수를 7일간 순환시켜 사육하면서 사육용수, 아가미, 내장 및 표피의 생균수 및 *V. parahaemolyticus*의 변화를 경시적으로 측정하였다.

생균수의 경우 초기 균수 10^6 CFU/ml에서 2일 후 10 CFU/ml로 5 log정도 감소하였고 *V. parahaemolyticus*의 경우 최초 균수 7.0×10^3 MPN/100ml에서 1일 후에는 완전히 사멸한 것으로 확인되었다(Fig. 6.). 그리고 시험이 실시된 일주일 동안 시험 어류는 전혀 폐사되지 않아 본 시험 조건이 어류의 생존에도 영향을 미치지 않는 것으로 확인하였다.

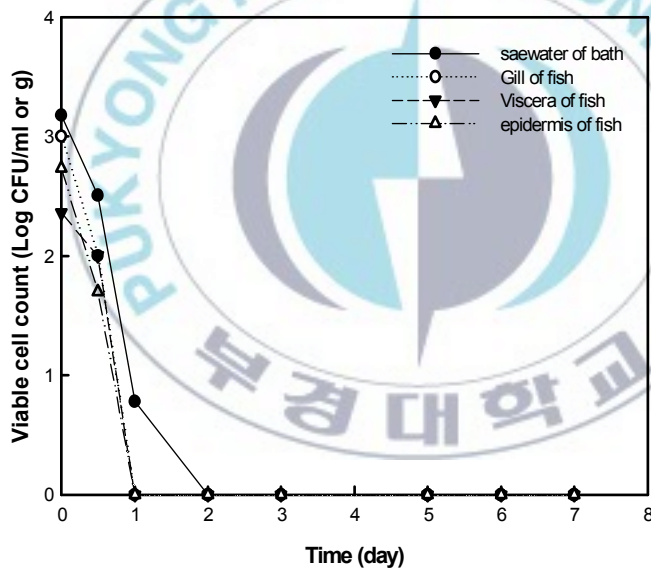
1. 5. 전기분해 해수 중의 패류의 위생처리 효과

전해수에 의한 패류의 정화 효과를 시험하기 위하여 굴과 진주담치를 각각 5kg씩을 수조에 넣고 오염 해수를 인위 감염시켜 안정화한 후, 염소 농도 0.07~0.09 ppm의 전해수를 유수시키면서 경시적으로 생균수, 대장균군 및 분변계 대장균의 변화를 측정하였다.

진주담치의 경우, 대조구 수조에서 초기 생균수 약 10^3 CFU/ml이고 24시간 후에는 10^4 CFU/ml로 약간 증가하는 경향을 보이나 초기 농도가 거의 변함없이 유지되었다. 그러나 전해수 수조에서는 초기 생균수 10^3 CFU/ml가 3시간 후 약 2 log 감소하였다. 또한 대장균군 및 분변계대장균도 초기 농도 10^3 MPN/100ml에서 6시간째부터 1 log정도 감소되기 시작하여 24시간 후에는 2 log MPN/100ml 감소되었다(Fig. 7.).



(A)



(B)

Fig. 6. Microbiological change in the fish with electrolyzed water.

A, Viable cell count; B, Vibrios viable count.

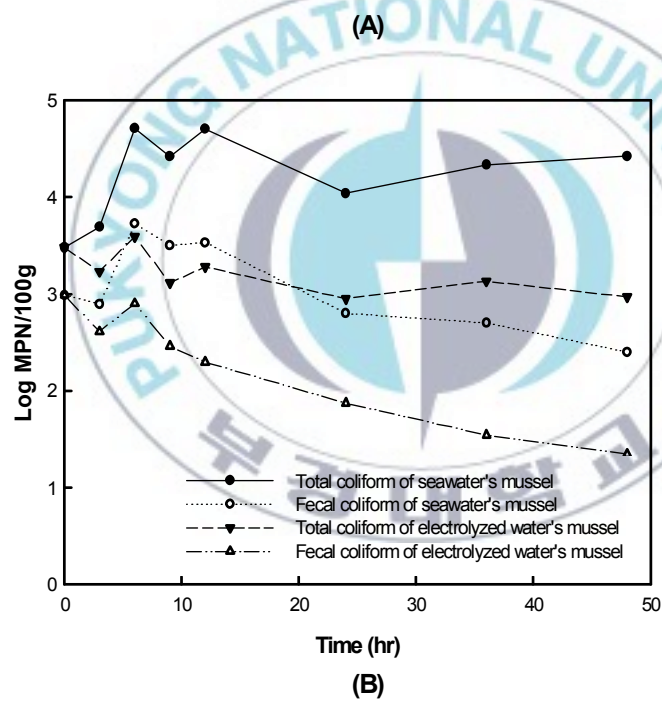
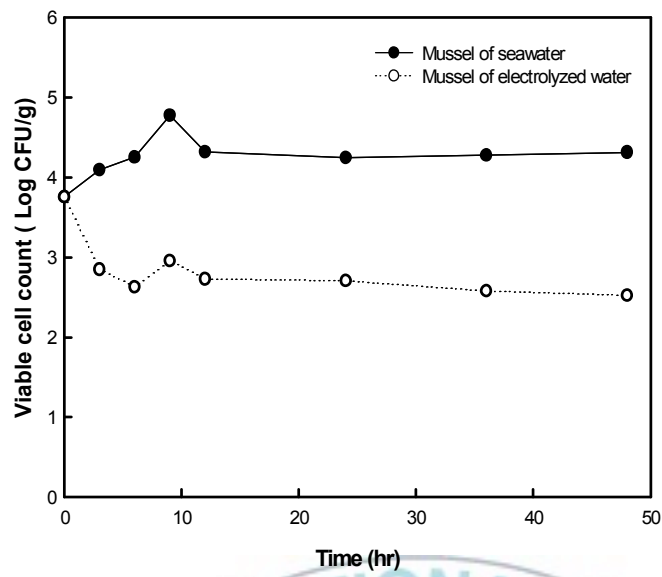


Fig. 7. Change of viable cell count and coliform group in the mussel with electrolyzed water.

A, Viable cell count; B, Coliform group.

굴의 경우는 전해수 수조의 생균수는 초기 농도 10^4 CFU/ml에서 6시간 경과 후 약 1 log 감소하였으며 48시간까지 거의 같은 경향을 나타내었으며, 초기 농도 10^3 MPN/100ml이었던 대장균군 및 분변계대장균도 9시간 후 약 1 log 정도 감소되었다. 진주담치와 굴을 이용한 전해수의 정화 효과를 시험한 결과, 진주담치보다 굴에서 오염균의 배출이 약간 낮다는 것을 알 수 있었다(Fig. 8.). 이는 패류의 생육 특성의 차이로 인한 것으로 사료되어지며, 약간의 차이는 있으나 생물에서의 전해수의 살균 효과는 확인할 수 있어 실제 활어패류의 위생적 처리가 가능하다고 판단되었다.

1. 6. 전기분해 해수의 위생 안전성 시험

음용수나 액상 폐기물은 살균처리 과정에서 살균을 목적으로 염소를 사용하는 경우가 대부분이다. 이 때 염소와 잔류 유기물이 반응할 경우 발암성의 트리할로메탄이 생성되고 이러한 유해물질이 인체에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 여러 연구자들의 연구 결과가 보고되고 있어 (Pontius, 1996; Sapers. 1981; Graham. 1997; 윤 등, 1996; 정, 2003), 본 연구에서도 전기분해 해수의 안전성을 검증하기 위하여 트리할로메탄을 분석하였다. Trihalomethane 분석의 표준물질은 chloroform, 1,1,1-trichloroethane, carbon tetrachloride, trichloroethylene, bromodichloromethane, tetrachloroethylene, dibromo- chloromethane, 1,2- dibromomethane, bromoform, 1,2- dibromo- 3- chloropropane을 사용하였다(Fig. 9.).

분석 결과(Fig. 10., Fig. 11. and Fig. 12.), 전기분해 후 염소농도가 0.7, 2, 5 ppm인 전기분해 해수와 이들 해수를 활성탄 통과시킨 전해수에 서 chloroform, bromo- dichloromethan, dibromo- chloromethane 류는 전혀 검출이 되지 않았으나 bromoform과 유사한 retention time에 피크가 검출되

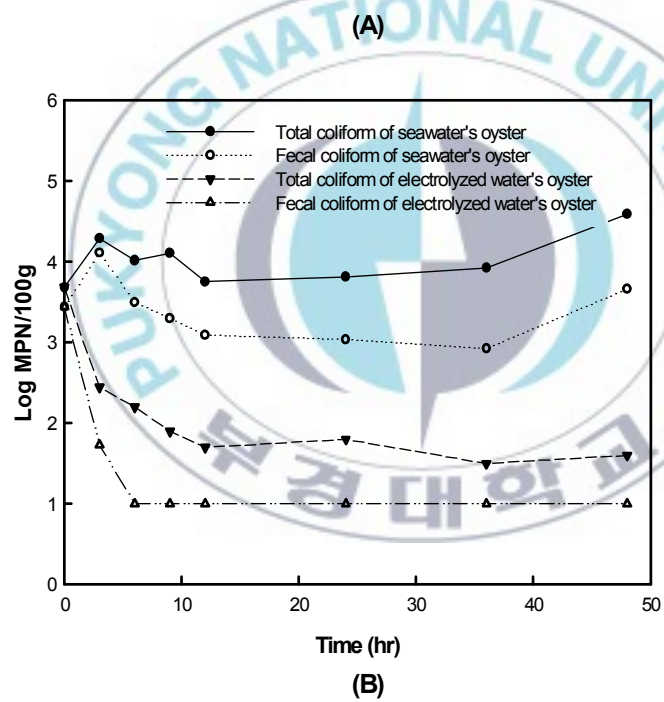
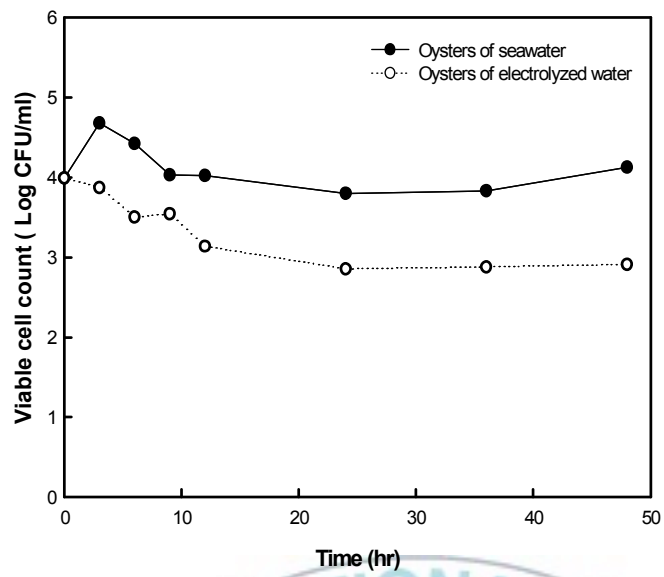


Fig. 8. Change of viable cell count and coliform group in the oyster with electrolyzed water.

A, Viable cell count; B, Coliform group.

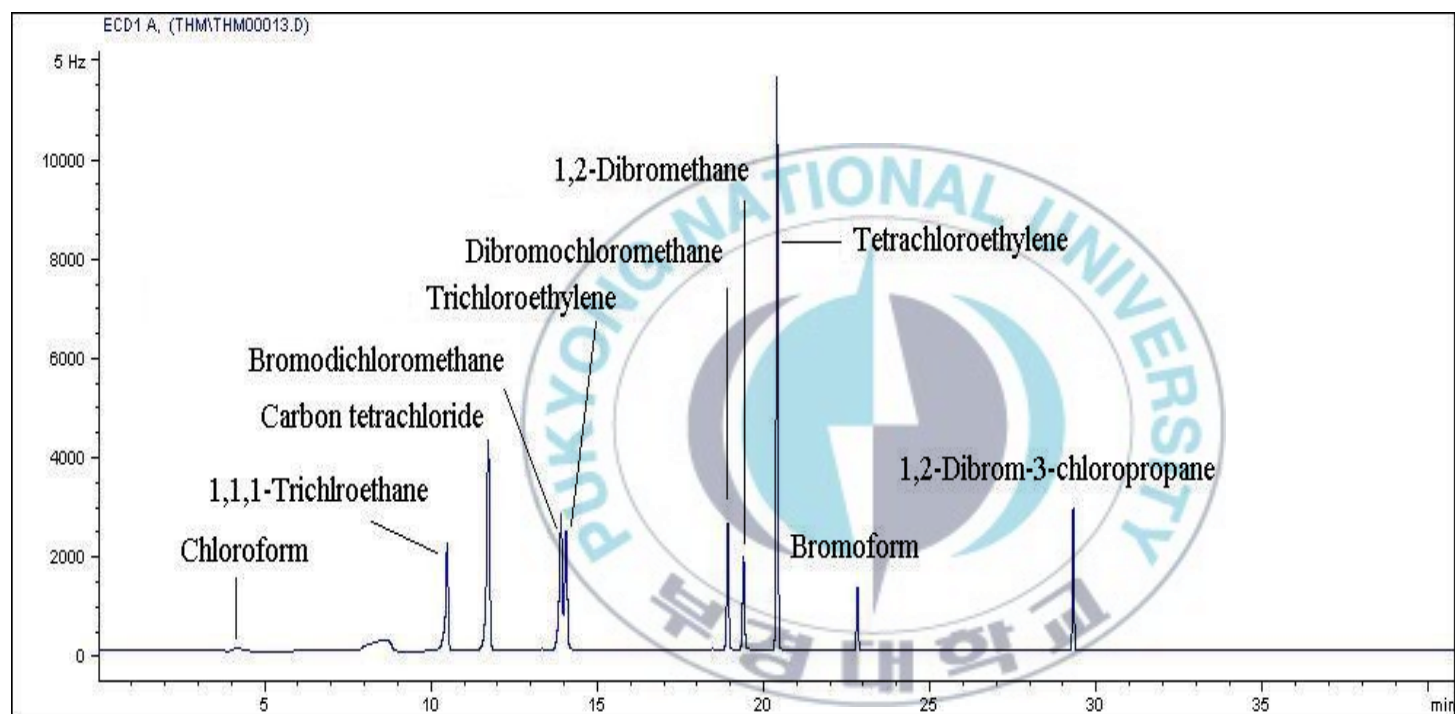


Fig. 9. Analysis of trihalomethane's standard profiles.

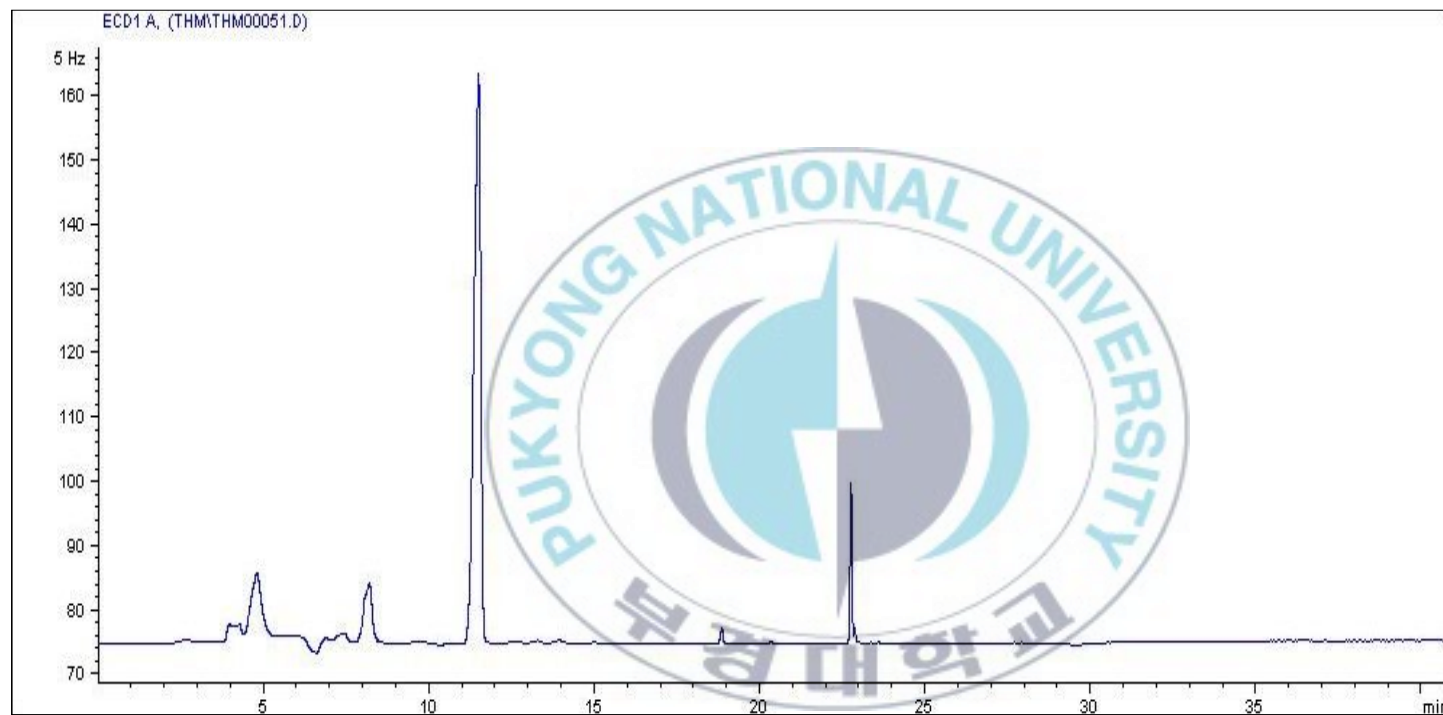


Fig. 10. Analysis of electrolyzed water in the 0.7 ppm chlorine level.

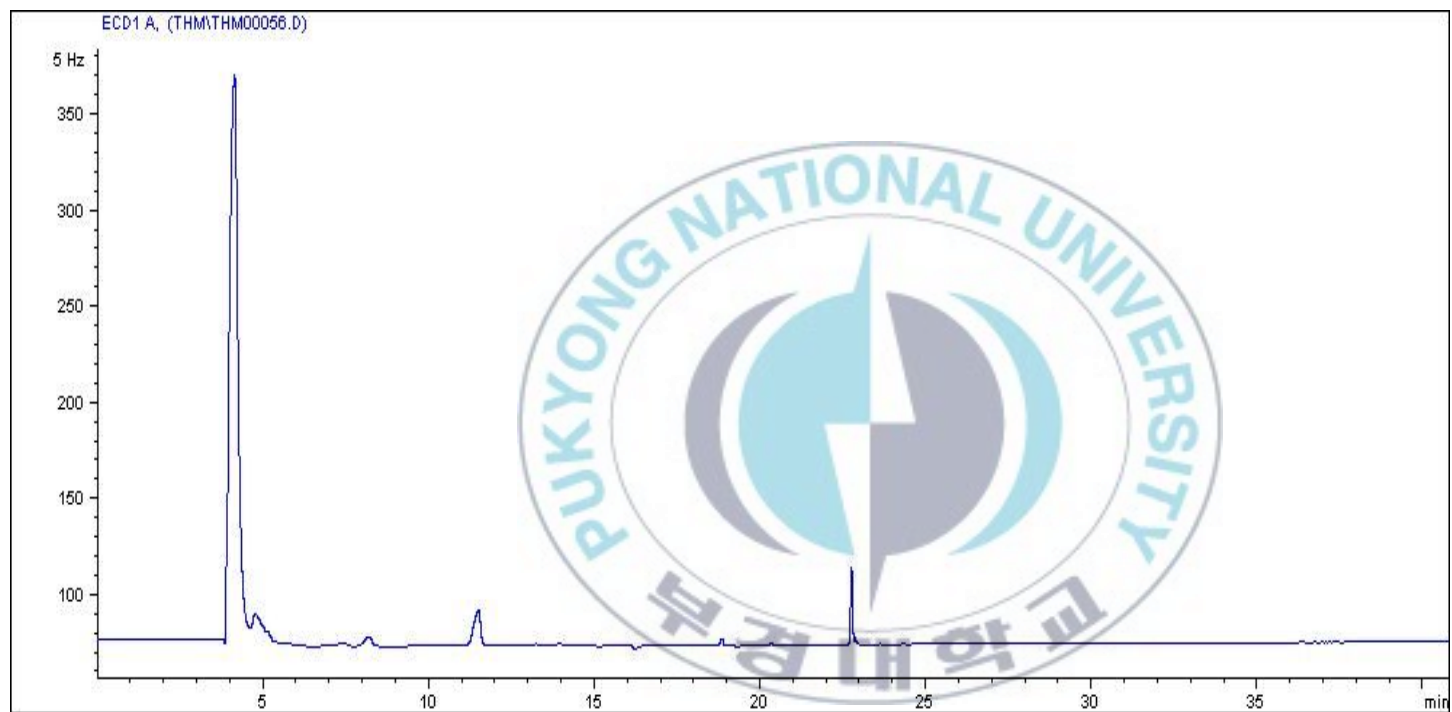


Fig. 11. Analysis of electrolyzed water in the 2 ppm chlorine level.

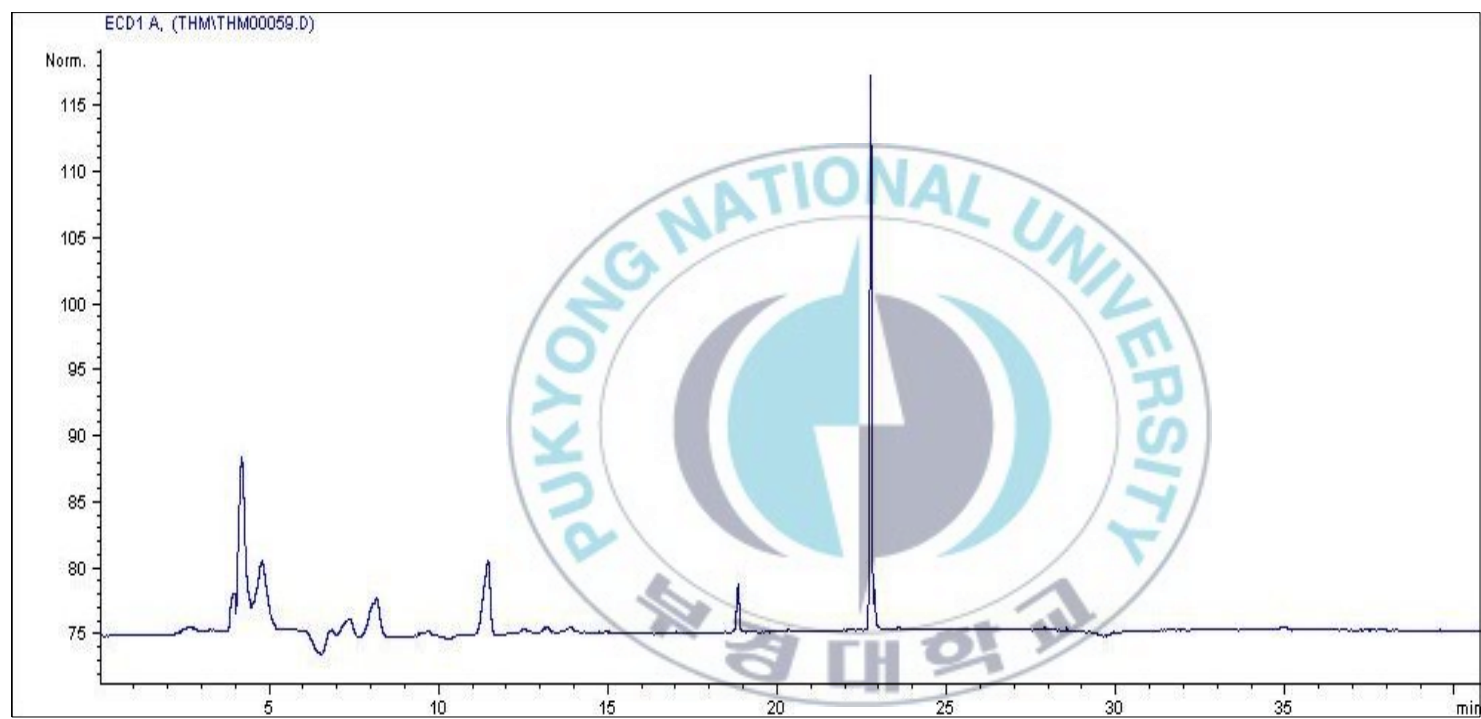


Fig. 12. Analysis of electrolyzed water in the 5 ppm chlorine level.

어 bromoform의 존재가 의심되었으며 농도는 50 ppb 정도로 나타났다. 본 연구에서 검출된 bromoform 의심물질이 trihalomethane류 화합물이라고 할지라도 그 농도가 미국, 일본, 한국의 규제치인 100 ppb의 절반 수준인 50 ppb로 나타나 전기분해 해수에 의한 trihalomethane의 생성은 규제치에는 못 미치는 것으로 확인되어 전기분해 해수의 안전성에는 문제가 없는 것으로 생각된다.



2. 전기분해 시스템을 이용한 가공 단계 기구의 살균 효과 시험

2. 1. 전류량의 변화에 대한 염소 농도의 변화

0.1 % NaCl 용액 50 L를 무격막식 전해수 생성 장치와 연결된 수조에 넣고 유속 5.8 L/min으로 흘러가며 전류량 변화별 염소농도를 측정하였다(Table 5). 전압과 전류의 변화가 14.3 V, 0.6 A일 때 염소 농도는 50 ppm이었고, 15.2 V, 1.2 A일 때의 염소 농도는 100 ppm이었다. 또 16 V, 1.7 A일 때 염소 농도는 150 ppm이었고, 16 V, 2.5 A일 때 염소 농도는 200 ppm으로 변화하였다. 이 변화량을 기준으로 전해수를 제조하여 기구의 살균 효과 시험 시에 염소 농도를 조절하고 시험에 이용하였다.

2. 2. 기구의 재질별, 염소 농도별 살균 효과 시험

수산물의 가공에서 필수적인 가공기구인 도마에서 전해수의 살균 효과를 시험하기 위하여 흔히 사용하는 3개의 재질의 도마(나무, 플라스틱, 스테인리스 스틸)를 선택하여 그에 대한 살균 효과를 비교하고 최적의 살균력을 가지는 염소 농도를 알아보기 위하여 염소 농도별 시험을 동시에 시행하였다.

2. 2. 1. *E. coli*에 대한 살균 효과

대표적인 그람 음성균이며, 위생지표세균인 *E. coli*를 전배양하여 5분 간 침지하여 도마에 균이 충분히 인위 감염되도록 하고, 도마 위에 전해수를 5.8 L/min의 유속으로 흘린 후 도마의 재질별, 염소농도별 살균 효과를 시험하였다.

초기 균수의 농도는 $8.5 \times 10^6 \sim 1.6 \times 10^8$ CFU/ml이었고, 1분 경과 후, 염

Table 5. Chlorine levels by volt and current

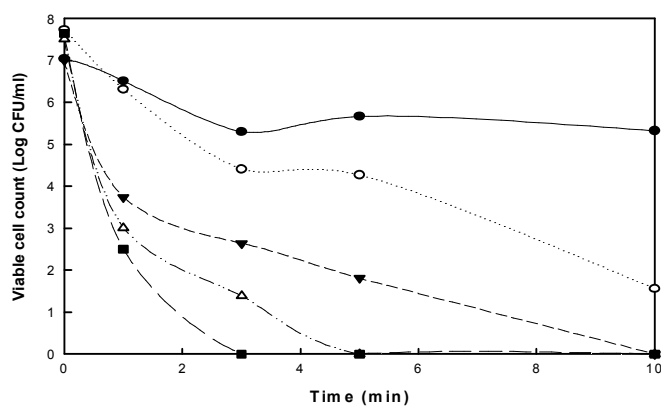
Volt (V)	Current (A)	Chlorine levels (ppm)
14.3	0.6	50
15.2	1.2	100
16	1.7	150
16	2.5	200

소 농도 50 ppm에서 나무와 플라스틱 재질은 1 log, 스테인리스 스틸 재질은 약 4 log 정도 감소하였으며, 염소 농도 100 ppm에서 나무와 플라스틱 재질은 약 4 log, 스테인리스 스틸 재질에서는 5 log 이상 감소하였다. 염소 농도 150 ppm에서 나무, 플라스틱과 스테인리스 스틸 재질은 초기 균의 농도와 비교하여 약 5 log 이상 감소하였고, 염소 농도 200 ppm에서는 150 ppm의 결과와 비슷한 감소율을 보였다. 이상의 결과로 *E. coli*에 오염된 기구를 전해수로 세정함에 있어서 염소 농도 100 ppm 이상이면 가장 큰 효과를 볼 수 있었으며 이 때 1분간 처리로도 큰 효과가 있었고 대조구와 비교했을 때 염소 농도에 관계없이 전해수를 처리함으로써 강력한 살균 효과를 나타내었다. 또 나무 재질은 소재의 특성상 낮은 염소 농도에서는 크게 효과가 나타나지 않았으나, 염소 농도 100 ppm 이상에서는 모두 큰 효과를 나타내었다(Fig. 13).

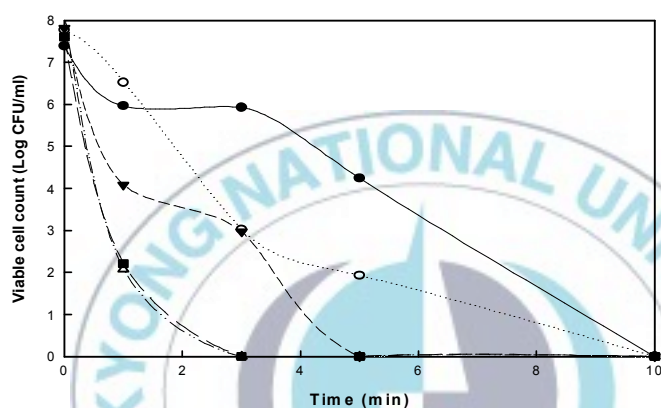
2. 2. 2. *V. parahaemolyticus*에 대한 살균 효과

수산식품 관리에서 중요시 되고 있는 *V. parahaemolyticus*에의 살균 효과를 보았다. *V. parahaemolyticus*가 잘 활성화할 수 있는 20℃에서 실험을 행하였으며, 그 외 모든 조건은 2. 2. 1항과 동일한 조건에서 시험하였다.

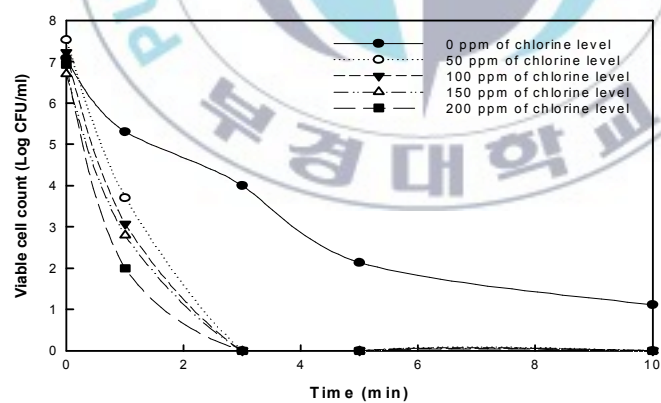
초기 균의 농도는 약 10^7 CFU/ml 정도로 나타났으며, 전해수로 처리했을 때 1분 경과 후 염소 농도 50 ppm에서 나무 재질은 약 5 log, 플라스틱과 스테인리스 스틸 재질에서는 완전히 검출되지 않았다. 염소 농도 100 ppm을 포함하여 그 이상의 농도에서는 세 종류의 재질에서 모두 검출되지 않았다. *V. parahaemolyticus*의 경우 담수에서 생육하지 못하는 특성상 대조구의 담수에서도 균의 활성이 떨어지는 결과를 볼 수 있으나, 전해수를 사용한 구간이 시간적인 면에서 큰 효과가 나타났으며,



(A)



(B)



(C)

Fig. 13. Germicidal effect of electrolyzed water on *Escherichia coli* by surface and chlorine level applied by poring over.

A, Wood; B, Plastic; C, Stainless steel.

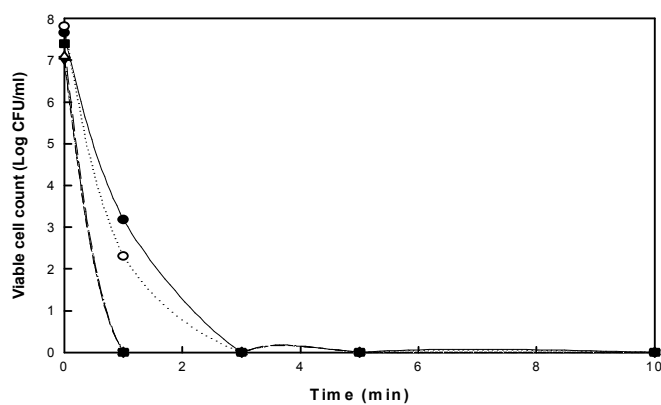
*E. coli*에 대한 결과에서 나무 재질에서의 결과와 비교했을 때 전해수를 사용함에서 나무에서도 큰 효과를 나타냄으로 전해수의 효과를 입증할 수 있다고 보여진다(Fig. 14).

2. 2. 3. *E. faecalis*에 대한 살균 효과

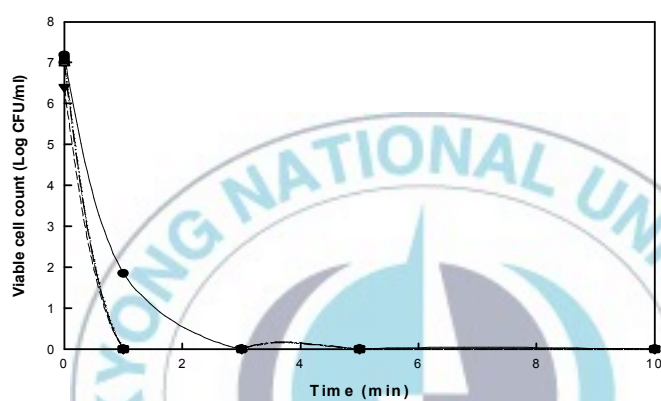
그람 양성균인 *E. faecalis*는 인수공통 감염균으로 비교적 독성이 약하여 일반인에게는 쉽게 감염을 일으키지 않으나 만성질환자나 노약자등에 감염을 일으킨다. 최근 장구균은 기존의 항균제에 내성을 가지고 있거나 내성을 획득하는 경우가 많으며, 인수공통 감염균이므로 식품원료 및 가공품에서의 관리가 중요시되고 있다(김 등, 2000). 이에 *E. faecalis*에 대한 재질별, 염소농도별 전해수의 살균 효과를 시험하였다(Fig. 15).

초기 농도 $10^7 \sim 10^8$ CFU/ml에서 전해수를 처리하고 1분 경과 후, 염소 농도 50ppm에서 나무 재질은 1 log감소하고, 플라스틱과 스테인리스 스틸 재질은 약 3 log 감소하였다. 염소 농도 100ppm에서 나무 재질은 약 2 log, 플라스틱과 스테인리스 스틸 재질에서는 3 log이상 감소하였다. 또 염소 농도 150ppm에서 나무 재질은 약 4 log감소하고, 플라스틱과 스테인리스 스틸 재질은 초기 균의 농도와 비교하여 약 5 log이상 감소하여 지속적으로 감소 효과를 보여 3분 경과 후 완전히 검출되지 않았다. 염소 농도 200ppm에서는 150ppm의 결과와 비슷한 감소율을 보였다. 이상의 결과로 *E. faecalis*에 오염된 기구를 전해수로 세정함에 있어서도 염소 농도 100ppm이상일 때 가장 큰 효과를 볼 수 있었으며 이 때 1분간 처리로도 큰 살균 효과가 있었고 이는 *Enterococcus*에 관한 연구 보고 (Abadias *et al*, 2008)의 살균 효과와도 동일한 결과임을 확인할 수 있었다.

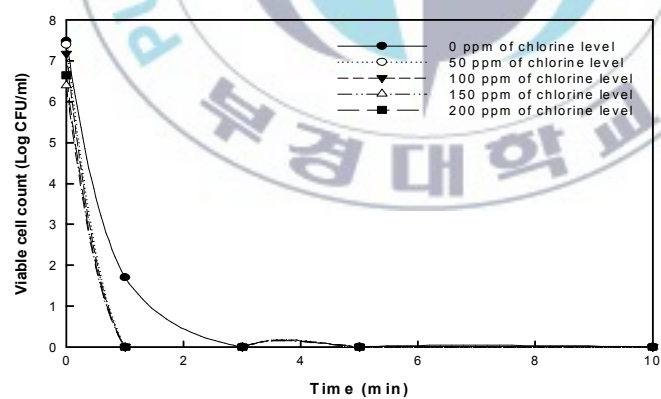
앞서의 Gram negative균의 살균 효과를 보았을 때와 마찬가지로의 살균



(A)



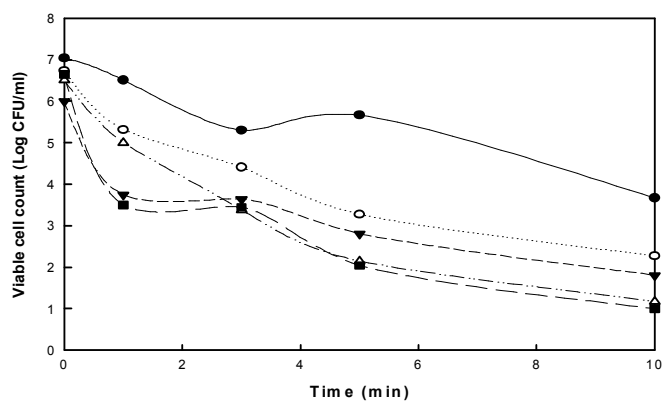
(B)



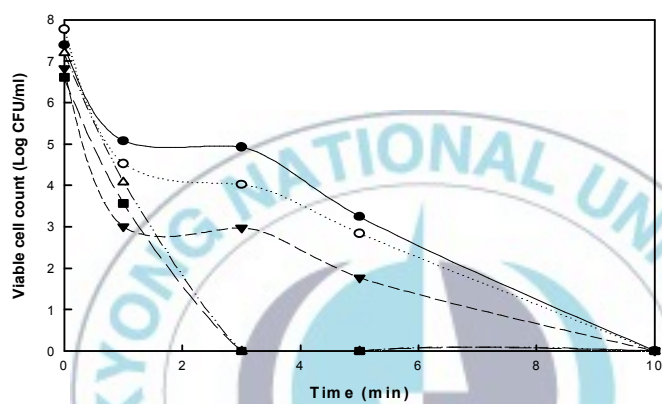
(C)

Fig. 14. Germicidal effect of electrolyzed water on *Vibrio parahaemolyticus* by surface and chlorine level applied by poring over.

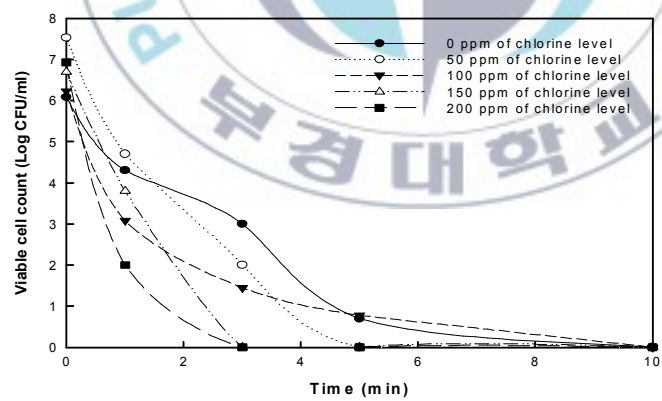
A, Wood; B, Plastic; C, Stainless steel.



(A)



(B)



(C)

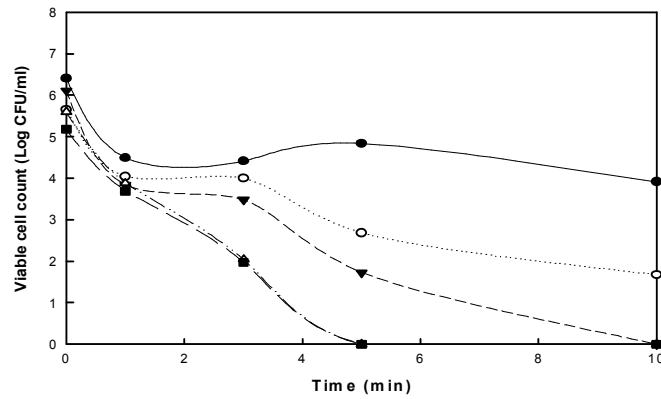
Fig. 15. Germicidal effect of electrolyzed water on *Enterococcus faecalis* by surface and chlorine level applied by poring over.

A, Wood; B, Plastic; C, Stainless steel.

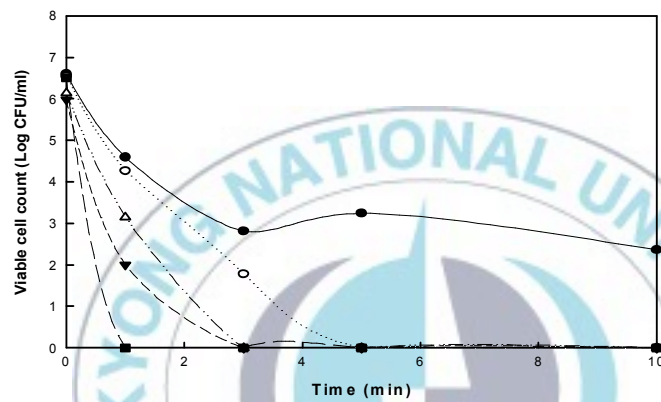
효과를 보임으로써 균종의 특성을 보이지 않고 살균력을 지님을 알 수 있었다. 대조구와 비교하였을 때 전해수 처리를 함으로써 강한 살균 효과를 보였으므로 세정의 의미만이 아닌 살균력을 지닌 세정수로의 그 효과를 확인할 수 있었다.

2. 2. 4. *L. monocytogenes*에 대한 살균 효과

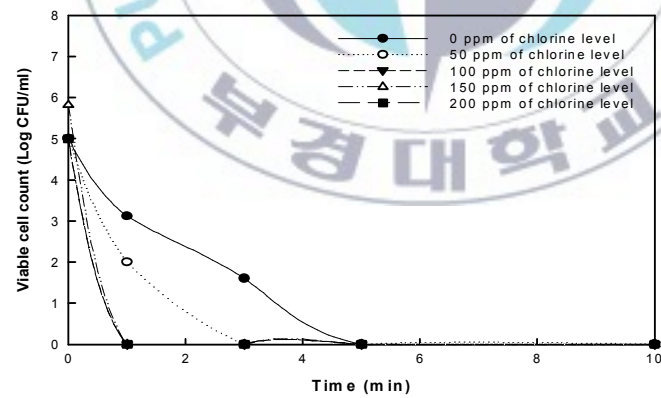
식품공장에 있어서 *Listeria*의 중요성은 식품의 가공 및 저장 중에 균의 생존과 성장에 의해 식중독의 발생을 일으킬 수 있으므로 중요한 문제로 부각되고 있다(김 등, 2000). 특히 *L. monocytogenes*는 1~45℃의 넓은 온도 범위에서 성장할 수 있어 식품의 저장에 있어서 문제될 수 있음을 의미한다. *L. monocytogenes*에 대한 재질별, 염소농도별 전해수의 살균 효과는 다음과 같다(Fig. 16). *Listeria*의 경우 역시 균의 초기 균의 농도 $10^7 \sim 10^8$ CFU/ml에서 1분 처리 후, 염소 농도 50 ppm일 때 나무 재질은 약 2log, 플라스틱 및 스테인리스 스틸 재질은 약 3log 정도 감소하여 이후 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 염소 농도가 100 ppm일 때 나무 재질은 염소 농도 50 ppm일 때와 큰 차이가 없는 결과를 보였으며 시간이 경과할수록 감소하는 경향을 나타내었고, 플라스틱 재질은 4log정도 감소하여 3분 경과 후 검출되지 않았다. 염소 농도 150, 200 ppm일 때의 살균 효과는 100 ppm일 때와 거의 비슷한 양상을 보였으며, 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었고, 3분 처리 후에는 10^4 log 이상 감소하는 결과를 보여 기존의 연구 보고와 동일하게 전해수의 확실한 살균 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다(Abadias *et al.*, 2008; Beuchat, 1996; Francis *et al.*, 1999; FEHD, 2002; Jøhannessen *et al.*, 2002; Sagoo *et al.*, 2003). *Listeria* 역시 나무 재질의 도마에서의 살균 효과를 보았을 때, 다른 재질에 비해 효과가 떨어지지만 전해수 처리 후



(A)



(B)



(C)

Fig. 16. Germicidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* by surface and chlorine level applied by poring over.

A, Wood; B, Plastic; C, Stainless steel.

시간의 경과 후에는 균이 검출되지 않았다. 실제로 나무 재질의 살균·세정에 이용 시에는 전해수 처리 시간을 좀 더 늘려줌으로써 더 효과적으로 이용가능하리라 생각된다. 그리고 본 실험에서는 확인하지 않았지만 기존의 연구 보고에서는 효모는 물론이고 곰팡이의 제어에도 상당한 효과(Buck *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2000a)가 있다는 것이 밝혀져 있다.

이상의 결과와 기존의 연구보고를 토대로 판단해 볼 때 전해수의 경우 직접적으로 살균하는 데 효과가 매우 큰 것으로 보이며, 여러 가지의 미생물 제어 용도로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 또 *Listeria*의 확실한 제어로 저장성의 향상이 가능하리라 보이며, 특히 위생적 처리가 이루어져야 하는 수산가공품에서의 전해수의 활용이 큰 도움이 되리라 사료된다.

2. 3. 전기분해 처리 후 바닥의 살균 효과

가공 공장에서 바닥에 원료를 두었을 경우, 원료의 수분과 접촉 시 원료 및 가공기구의 접촉 표면에 오염이 될 경우가 있다. 그리고 현재 가공공장에서 세정이 고수압·열수로 세정하는 경우가 많아 파손이나 사고의 위험이 노출되어 있다. 이상의 시험을 토대로 판단해 볼 때 기구에 대해 전해수를 처리했을 경우 염소 농도 100 ppm일 때 살균 효과가 가장 좋은 것으로 판단되었다. 이를 바탕으로 염소 농도 100 ppm으로 1분 동안 전해수(8 L/min)를 처리했을 경우 바닥에서의 살균 효과를 시험하였다(Fig. 17.).

시험 균주 4종의 초기 농도는 $10^7 \sim 10^8$ CFU/ml이었고, 염소농도 100 ppm의 전해수를 1분간 처리 후 *E. coli*와 *E. faecalis*는 10 CFU/ml이었고, *V. parahaemolyticus*와 *L. monocytogenes*는 검출되지 않았다. 시험 균주 4종 모두 전해수를 처리함으로써 강력한 살균 효과를 나타내었다.

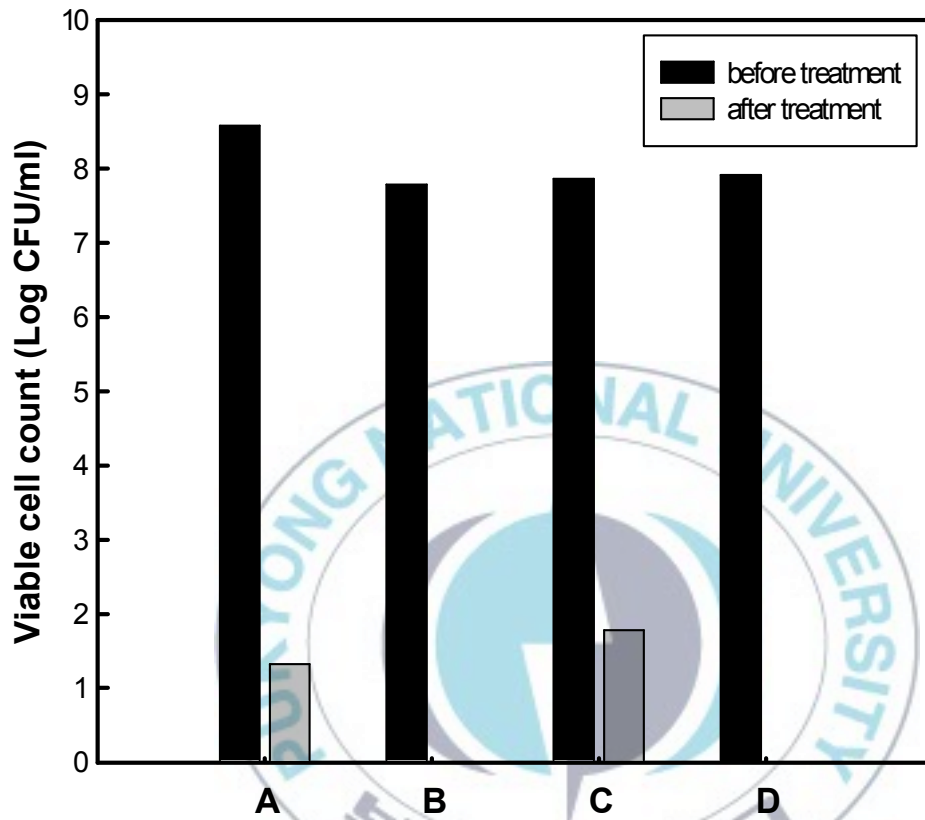


Fig. 17. Germicidal effect of electrolyzed water on bacteria at the floor applied by poring over.

A, *Escherichia coli*; B, *Vibrio parahaemolyticus*;

C, *Enterococcus faecalis*; D, *Listeria monocytogenes*.

이로써 도마와 같은 작은 기구에서뿐만 아니라 광범위한 면적을 가진 기구 및 바닥에서도 전해수의 살균 효과는 강하게 나타났을 뿐만 아니라, 또 균종에 따른 차이가 거의 없이 강한 살균 효과를 나타냄으로써 가공 공장에서의 세정 시 널리 활용이 가능하리라 사료된다.

2. 4. 전기분해수에 침지하였을 때의 살균 효과

기구의 살균·세정 시에 사용 가능한 공간이 협소하거나 유수식으로 사용할 수 없는 경우가 있다. 이런 경우에 오염된 기구를 전해수에 침지함으로써 그 기구의 살균 효과를 나타내는 지를 시험하였다.

최초 염소 농도가 200 ppm인 전해수를 제조하여 도마가 잠길 만큼의 양을 받은 후, *E. coli*를 인위 감염시킨 도마를 침지하였다. 시간 경과 후, 경시적으로 균수의 변화를 살펴보고 전해수의 휘발되는 염소농도를 측정하였다(Table 7.). 도마의 침지 후, 최초 농도 10^7 CFU/ml이었고 1분경과 후 약 2~3 log 정도 감소하였다. 염소 농도는 최초 200 ppm에서 1분경과 후 100 ppm으로 감소하였다. 염소는 휘발되어 10분경과 후 거의 나타나지 않았으며 최종 꺼냈을 때 도마에서 잔류 염소는 측정되지 않았다.

또 시험을 실시하지 않았지만 앞서의 균종별 기구의 살균 효과를 보았을 때 균종에 차이 없이 전해수의 살균 효과를 입증하였으므로 전해수에 침지 시에 다른 균의 살균 효과도 가능하다고 예상해 볼 수 있겠다.

이와 같은 결과로, 대량의 세정이 필요하거나 유수식의 세정이 어려운 경우, 또 어상자와 같은 기구의 세정 시 전해수에 기구를 침지하여 세정하였을 때 유수식으로 전해수로 세정한 결과와 동일하게 살균 세척이 가능함을 볼 수 있었다. 또 안전성에 문제 시 될 수 있는 잔류 염소의 경우 휘발되어 측정되지 않음으로써 잔류에 대한 문제는 안전한 것으로 나타났다. 이로써 전해수로 식품 자체에 대한 살균 및 가공기구에 대한 살

균이 가능함으로써 2차 오염에 대한 불안감을 줄여 더욱 안전한 수산물
로써의 가공, 유통이 가능하리라 생각된다.



Table 7. Germicidal effect of electrolyzed water on *Escherichia coli* and the change of chlorine level

Time (min)	Wood		Stainless steel		Plastic		Chlorine levels (ppm)
	After treatment tap water	After treatment electrolyzd water	After treatment tap water	After treatment electrolyzd water	After treatment tap water	After treatment electrolyzd water	
0	7.2×10^7	4.2×10^7	8.1×10^7	8.6×10^7	7.4×10^7	1.1×10^8	200
1	5.2×10^6	4.9×10^5	3.5×10^5	1.0×10^0	3.7×10^5	1.0×10^3	100
2	2.8×10^6	2.5×10^5	1.8×10^5	1.0×10^0	2.3×10^5	5.5×10^2	100
3	3.6×10^5	9.0×10^3	2.5×10^3	1.0×10^0	8.5×10^4	1.0×10^2	50
5	4.8×10^5	1.9×10^3	4.6×10^4	1.0×10^0	5.6×10^3	1.0×10^0	50
10	3.3×10^5	2.2×10^1	2.4×10^4	1.0×10^0	4.4×10^3	1.0×10^0	20

요 약

수산물과 그의 가공 단계에서의 위생 처리 효과를 보고자 전기 분해 살균 시스템을 이용하였다. 병원성 미생물을 인위 감염시킨 뒤 해수, 활어, 패류 및 가공 단계 기구들에 대해 전해수의 살균 효과를 본 결과는 다음과 같았다.

전기분해 살균 시스템을 이용하여 활어패류에 대해 위생 처리 효과를 본 결과, 염소 농도 1 ppm 이상일 경우 해수 중에서 생균수는 검출되지 않았지만 생물체에 영향을 주어 어류의 경우 폐사하였다. 따라서 해수전기분해장치에 활성탄 여과장치를 부착하여, 염소 농도의 조절을 시도하였다.

이 때 활성탄 칼럼을 통과시킨 전해수는 7L/min의 유속으로 1 ton의 해수를 순환시키면서 수조 내의 염소농도를 0.03~0.06 ppm로 조절하였을 때, 수조 내의 어류는 초기 염소 농도 5 ppm으로도 1주일 동안 폐사체가 발생하지 않았다.

활성탄 칼럼을 장착 후 수조 내에는 어류에 영향을 미치지 않는 염소 농도로 조절되었고, 이 전해수를 공급하였을 경우 활어조 해수 중의 생균수 및 대장균군은 6시간 쯤부터 급격히 감소하여 검출되지 않았다.

어류에 대해 적용한 결과, 생균수는 초기 균수에 대비 2일 후에 2log 감소하였고, *V. parahaemolyticus*의 경우 1일 후에 검출되지 않았다. 7일간의 사육 후에도 폐사된 어류는 없었다. 그리고 해수를 9일간 연속적으로 전기분해 한 후에도 해수 중의 염분 농도는 변화하지 않는 등 전기분해 해수는 해수의 고유의 성질을 완전히 유지하는 것으로 확인되었다.

패류에 적용한 결과, 전해수의 진주담치의 생균수는 3시간 후 약 2 log 감소하였고, 대장균군 및 분변계대장균도 6시간째부터 1 log 정도 감소하였다. 굴의 경우, 생균수는 6시간 경과 후 약 1 log 감소하였으며 대장균군 및 분변계대장균도 9시간 후 1 log 정도 감소하였다.

염소 소독 시 안전성의 문제로 제기되는 trihalomethane의 분석 결과, bromoform의 존재가 의심되었으며 농도는 50 ppb 정도로 나타났다. 하지만 그 생성량이 규제치에 현저히 못 미치는 것으로 확인되어, 안전성에는 문제되지 않는 것으로 생각된다.

전해수의 염소 농도별 살균 효과는 염소 농도가 높을수록 크게 나타났다. 염소 농도 100 ppm 이상에서 1분간 세정한 결과 3 log 이상 감소하였다. 재질별로 비교하면 세척과 소독이 용이하지 않은 나무 도마가 살균 효과가 가장 낮게 나타났으며, 100 ppm에서 3~5분간 처리하여야 균이 사멸하였다. 시험 균주별 전해수의 효과를 비교한 결과, 대부분 처리 시간 1분에서 2~3 log 이상씩 감소하는 결과를 나타내었다. 바닥의 세정 시, 고수압으로 처리하지 않아도 염소 농도 100 ppm에서 1분간의 처리로도 살균 효과를 얻을 수 있었다.

흐르는 물의 사용이 불가능한 경우 전해수에 침지함으로써 오염된 기구의 세정이 가능한 가를 실험한 결과 초기 농도 200 ppm의 전해수에 침지하여 1분이 경과한 후, 염소 농도는 100 ppm으로 감소하였고, *E. coli*의 농도는 3 log 이상 감소하였다. 기구에 대한 전해수의 살균 효과를 관찰한 결과, 세균의 종류에 관계없이 매우 뛰어난 살균 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 아울러 수산식품 원료와 그의 가공 기구에 대한 살균 효과가 뛰어나 안전하게 살균 해수 및 세정수로의 사용이 가능하리라 사료된다.

참 고 문 헌

- Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., Viás, I., 2008. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *Int J. Food Microbiol.*, 123, 121-129.
- A.P.H.A. 1970. Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish 4thed. American Public Health Association, Washington, D. C.
- Ayebah, B., Hung, Y. C, and Frank, J. F. 2005. Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel. *J. Food Prot.*, 68, 1375-1380.
- Bari, M. L., Sabina, Y., Isobe, S., Umemura, T. and Isshiki, K. 2003. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surface of tomatoes. *J. Food Prot.*, 66, 542 - 548.
- Beuchat, L. R., T. E. Ward, and C. A. Pettigrew. 2001. Comparison of chlorine and a prototype produce wash product wash for effectiveness in killing *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J. Food Prot.*, 64, 152-158.

- Beuchat, L. R., 1996. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *J. Food Prot.*, 59, 204-216.
- Bosilevac, J. M., S. D. Shackelford, D. M. Brichta, and M. Koohmaraie. 2005. Efficacy of ozonated and electrolyzed oxidative waters to decontaminate hides of cattle before slaughter. *J. Food Prot.*, 68, 1393-1398.
- Buck, J. W., M. W. Iersel, R. D. Oetting, and Y. C. Hung. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Disease*, 86, 278-281.
- Deza, M. A., M. Araujo and M. J. Garrido. 2003. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes by neutral electrolyzed water. *Lett. Appl. Microbiol.*, 37, 482-487.
- Elliot, E. L., C. A. Kaysner, and M. L. Tamplin. 1992. *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* and *Vibrio spp.*. In Food Drug administration, Bacteriological Analytical Manual, 7th Ed. AOAC International, Arlington, 111-140.
- Francis, G. A., Thomas, C., O'Beirne, D., 1999. The microbiological safety of minimally processed vegetables. *Int. J. Food Science and Technology*, 34, 1-22.

- FEHD (Food and Environmental Hygiene Department, HKSAR), 2002. Microbiological risk assessment on salads in Hong Kong. *Risk Assessment Studies*, Report no. 9.
- Graham, D. M. 1997. Use of Ozone for food processing applications. *Food Technol.*, 51, 72-75.
- Huang, Y. R., Y. C. Hung, S. Y. Hsu, Y. W. Huang, and D. F. Hwang. 2008 Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control*, 19, 329-345.
- Jeong, S. W., J. W. Jeong, and K. J. Park. 1999. Microbial removal effects of electrolyzed acid water on lettuce by washing methods and quality changes during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 1511-1517.
- Jørgensen, F., Bailey, R., Williams, S., *et al.*, 2002. Prevalence and numbers of Salmonella and Campylobacter spp. on raw, whole chickens in relation to sampling methods. *Int. J. Food Microbiol.*, 76, 151-164.
- Johannessen, G. S., Lancarevic, S., Kruse, H., 2002. Bacteriological analysis of fresh produce in Norway. *Int. J. Food Microbiol.*, 77, 199-204.

Kasai, H., Ishikawa, A., Hori, Y., Watanabe, K. I., and Yoshimizu, M. 2000. Disinfectant effects of electrolyzed salt water on fish pathogenic bacteria and viruses. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 66, 1020-1025.

Kasai, H., and Yoshimizu, M. 2003. Disinfection of seawater from fishing ports by an electrolytic apparatus and its application to fisheries sanitation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 69, 955-959.

Kim, C., Y. C. Hung, R. E. Brackett, and C. Lin. 2003. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J. Food Prot.*, 66, 208 - 214.

Kim, C., Y. C. Hung, and R. E. Brackett. 2000a. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Int. J. Food Microbiol.*, 61, 199-207.

Kim, C., Y. C. Hung, and R. E. Brachett. 2000b. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for inactivation of food-related pathogens. *J. Food Prot.*, 63, 19-24.

Kiura, H., K. Sano, S. Morimatsu, T. Nakano, C. Morita, M. Yamaguchi, T. Maeda, and Y. Katsuoka. 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.

Komiyama, K. 1998. Toxicological studies of electrolyzed water. *Food Proc.*, 33, 8–9.

Koseki, S., K. Yoshida, Y. Kamitani, S. Isobe, and K. Itoh. 2003. Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on Lettuce. *Food Microbiol.*, 21, 559–566.

Liu, C. and Y. C. Su. 2006. Efficiency of electrolyzed oxidizing water on reducing *Listeria monocytogenes* contamination on seafood processing gloves. *Int. J. Food Microbiol.*, 110, 149–154.

Maribel A., Josep U., Mácia O., Isabel A., Inmaculada V. 2007. Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *Int. J. of Food Microbiol.*, 123, 151–158.

Mattick, K., Durham, K., Domingue, G., Jørgensen, F., Sen, M., Schaffner Donald W. Humphrey, T. 2003. The survival of foodborne pathogens during domestic washing-up and subsequent

- transfer onto washing-up sponges, kitchen surfaces and food. *Int. J. Food Microbiol.*, 85, 213~226.
- Nakajima, N., Nakano, T., Harada, F., Taniguchi, H., Yokoyama, I., Hirose, J., et al. 2004. Evaluation of disinfective potential of reactivated free chlorine in pooled tap water by electrolysis. *J. Microbiol.*, 57. 163-173.
- Park, C. M., Y. C. Hung, M. P. Doyle, G. O. I. Ezeike, and C. Kim. 2001. Pathogen reduction and quality of lettuce treated with electrolyzed oxidizing and acidified chlorinated water. *J. Food Sci.*, 66, 1368-1372.
- Park, H., Y. C. Hung, and D. H. Chung. 2004. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherchia coli* 0157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Int. J. Food Microbiol.*, 91, 13-18.
- Pontius, F. W., 1996. Inside the information collection rule. *J. Am. Water Works Assoc.* 88, 16-46.
- Oliver, J. D. 1989. *Vibrio vulnificus*. In: foodborne Bacterial Pathogens (Doyle M.P ed.) Marcel Dekker, Inc., New York, 569-600.
- Ong, K. C., Cash, J. N., Zabik, M. J., and Sidding, M. 1995. Chlorine

and ozone as postharvest wash in the removal of pesticides from apples. In Book of Abstracts, Ann. Mtg., *Int. Food Tech.*, 28.

Ozer, N. P., Demici, A. Electrolyzed oxidizing water treatment for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenees* Scott A and reponse surface modeling. *J. Food Engineer.*

Sagoo, S. K., Little, C. L., Ward, L., Gillespie, I. A., Mitchell, R. T., 2003. Microbiological study of ready-to-eat salad vegetables from retail establishments uncovers a National outbreak of Salmonellosis. *J. Food Prot.*, 66, 403-409.

Sakai, S. 1995. Application and development of electrolyzed-oxidizing water. *Food Industry*, 4(30), 25-41.

Sapers, G. M. 1998. New technologies for safer produce-Chemical-base treatments and decontamination by washing. In Proc. Of Fresh Fruits and Vegetable. Food Safety. Challenges. Chicago. 12-14.

Sato, H., N. Maehara, F. Ikawa, Y. Saito, N. Achiwa, H. Matsui, and K. Komiyama. 2000. Efficacy of electrolyzed water for kitchen disinfection. *Japanese J. Chem.*, 48, 768-774.

Sharma, R. P and A. Demirci. 2003. Treatment of *Escherichia coli*

- O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water. *Inter. J. Food Microbiol.*, 86, 231-237.
- U. S. Environmental Protection Agency. 1979 National interim primary drinking water regulations: control of trihalomethanes in drinking water. 44(231), 68624.
- Venkitanarayanan K. S., G. O. Ezeike, Y. C. Hung, and M. P. Doyle. 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.
- WHO Scientific Working Group. 1980. Cholera and other vibrioi-associated diarrhoeas. *Bull. World Health Organ.*, 58, 353-374.
- Yoshida, K., T. Suzuki, K. I. Lim, H. C. Chung, K. Uemura, and S. Isobe. 2001. Sterilization effect and influence on food surface by acidic electrolyzed water treatment. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 48, 827-834.
- Yoshimizu, M., 2006. Decelopment of a seawater electrolyzer for disease prevention in aquaculture and food sanitation. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 72(5), 831-834.

- 강길진. 2005. 식품위생 향상을 위한 살균 소독제. *Food Sci. and Tech.*, 38(3)
- 김명호 · 정진웅 · 조영제. 2004. 전해인자에 따른 전기분해수의 특성비교. 한국식품과학회지. 36, 416-422.
- 김영만 · 김영목 · 김지희 · 목종수 · 박미연 · 박옥연 · 성희경 · 신일식 · 오은경 · 이명숙 · 이태식 · 이희정 · 조학래 · 최종덕 · 허성호. 2000. 정명당. 수산식품위생학.
- 김윤경 · 민병술 · 민중기 · 이종권 · 이윤배 · 류근걸 · 이민영. 2004. 산성전리수의 생물학적 특성. *Korean J. Environ. Biol.*, 22(2), 265-272.
- 박희옥 · 김창민 · 우건조 · 박선희 · 이동하 · 장은성 · 박기환. 2001. 최근 한국에서 발생한 식중독 모니터링 및 추어 분석. *J. Food Hyg. Safety.* 16(4), 280-294.
- 신광순. 2004. 선진국의 식중독 관리 시스템 조사, 식품의약품안전청.
- 윤제용, 송명석. 1996. 기존 정수처리 공정에서 트리할로메탄 생성 및 제거 특성에 관한 연구. 한국물환경학회, 12(2), 159-167.
- 우건조. 2001. 식중독 예방과 식품안전관리 방안. 한국식품영양과학회, 57, 34-42.

장동석. 1998. ‘횃집의 활어수조 용수 살균장치의 개발’ 연구보고서, 해양수산부.

장동석. 2002. 수산식품의 안전성 확보를 위한 위생관리, 식품산업과 영양, 7(1), 22~26.

정진웅. 2003. 식품의 위생안전성 및 저장성 증대를 위한 전기분해 처리 기술 활용. 월간 식품세계.

정명훈 · 방명주 · 정용찬. 2002. 촉매 및 전기분해를 혼용한 독성물질 분해 촉진 연구. 한국환경물학회 18, 87-94.

조순영 · 주동식 · 김옥선 · 최용석. 2003. 강산성 전기분해수의 제조 및 수산식품가공기구의 세척 시 살균효과. 식품산업과 영양. 8, 45-49.

채수권. 2007. 전기분해를 이용한 병원폐수의 제거특성에 관한 연구. 한국수처리학회지 15, 71-79.