

## 선별된 그람음성 및 그람양성 세균에 대한 양극 전리수의 살균효과

김 점 지 · 이 미 영  
순천향대학교 생명공학과  
(2007년 8월 29일 접수; 2007년 10월 8일 채택)

### Bactericidal Effects of Anodic Electrolyzed Water on the Selected Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria

Jum-Ji Kim and Mi-Young Lee

Department of Biotechnology, SoonChunHyang University, Chungnam, Korea  
(Manuscript received 29 August, 2007; accepted 8 October, 2007)

The antibacterial effects of anodic electrolyzed water against various bacteria were studied in this investigation. Complete inactivation of Gram-positive and Gram-negative bacteria occurred within 15 s after exposure to anodic electrolyzed water. Moreover, 1/2, 1/5 and 1/10 diluted anodic electrolyzed water by adding deionized water showed strong antibacterial effects. However, the inhibitory effect of anodic electrolyzed water on the anaerobe of *Propionibacterium acnes* was much weaker than that on the aerobes, including Gram-positive and Gram-negative bacteria. The degraded fragments of *E. coli* cell were observed upon treating anodic electrolyzed water for 1 min by using scanning electron microscopy.

Key Words : Anodic electrolyzed water(AEW), Antibacterial effects

#### 1. 서 론

물에 직류전압을 가하면 이온의 이동에 의해 pH를 변화시킬 수 있는 이온수를 만들 수 있다. 즉, 양극에서 생성되는 물은  $H^+$  이온의 증가로 pH가 감소되며, 산화환원전위(Oxidation-reduction potential, ORP)가 증가하게 되어 강한 산화성의 상태가 되고, 음극에서 생성되는 물은  $OH^-$  이온의 증가로 pH가 상승하여 환원성의 상태가 된다<sup>1)</sup>. 전리수(electrolyzed water)는 전기분해에 의해서 pH나 ORP를 조절한 수용액으로서 전리수의 ORP는 다른 수용액보다 매우 강한 pH 의존성을 나타내고 있다. 보통 양극에서 생성되는 산성 전리수의 ORP는 +1200 mV의 높은 산화전위를 나타내고 있는 반면, 산성수용액의 경우 +600 mV 정도의 ORP를 나타낸다. 음극에서 생성되는 환원 전리수의 ORP는 -850 mV의 환원전위를 가지고 있으나, 알칼리성 수용액의 경우 +20 mV를 나타내고 있다<sup>1)</sup>.

음극에서 생성되는 환원 전리수는 매우 낮은 음의 환원전위를 가지고 있어서 항산화 효능을 나타내게 된다. 환원 전리수는 당뇨와 화학치료에 매우 효과적일 뿐만 아니라 항암, 항노화 등의 효능이 있다고 보고되어 있는데<sup>2,3)</sup>, 이러한 효과는 환원 전리수가 가지고 있는 활성산소 소거능에 기인할 것으로 추측하고 있다<sup>4)</sup>. 뿐만 아니라 환원 전리수는 DNA와 RNA 및 단백질의 산화적 손상을 방지할 수 있었다<sup>5)</sup>.

양극에서 생성되는 산성 전리수는 미생물의 성장을 제어할 수 있는 강력한 항균력을 가지고 있다고 보고되어 있다<sup>6~10)</sup>. 산성 전리수는 식품의 표면 미생물뿐만 아니라 다양한 병원균 제어에도 효과적이라고 보고되었으며, *E. coli* O157:H7을 비롯하여 각종 식중독 균과 병원성 세균을 효과적으로 제어할 수 있었다<sup>11~13)</sup>. 뿐만 아니라 산성 전리수는 B형 간염 바이러스의 제어에도 매우 효과적이어서 산성전리수로 세척한 내시경에서는 PCR로 DNA를 증폭시켜도 잔류 HBV-DNA를 탐지할 수 없었다<sup>14)</sup>. 또한 산성전리수가 슈퍼박테리아로 알려진 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA) 감

Corresponding Author : Mi-Young Lee, Department of Biotechnology, SoonChunHyang University, Chungnam 336-600, Korea  
Phone: +82-41-530-1355  
E-mail: miyoung@sch.ac.kr

염을 방지할 수 있다고 보고되었다<sup>15)</sup>. 그러나 아직 산성 전리수의 살균력의 본체가 무엇인지 자세히 밝혀져 있지 않으며 전리수내의 용존 오존과 HClOx가 미생물 세포와 직접 반응하거나 혹은 세포내의 생체물질과 반응하여 세포내 물질대사를 방해할 가능성 등이 있다고 알려져 있다.

양극 산성 전리수의 항균력이 그동안 주로 정성적인 방법으로 측정되어 왔기 때문에<sup>16~18)</sup>, 항균력을 유발하는 조건에서의 pH 및 ORP와 산성 전리수의 강력한 항균력의 메커니즘이 무엇인지 아직 보고되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 증류수로 희석하여 다양한 pH와 ORP를 가지는 양극 산성 전리수를 사용하여 각종 세균에 대한 살균력을 정량적으로 측정하였다. 또한 산성 전리수 처리에 의한 대장균 균체의 분해를 전자현미경으로 관찰하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 양극 전리수의 제조

본 연구에서는 Redox-water 생성기를 사용하여 양극 전리수를 제조하였으며, 전리수 제조 장치에 사용된 물은 증류와 역삼투압을 거친 초순수 3차 증류수이었다. 제조된 양극 전리수는 pH가 3.5, ORP (oxidation-reduction potential)는 1131-1200 mV가 유지되었다. 양극 전리수가 전체 희석 전리수의 1/2, 1/5, 1/10이 되도록 3차 증류수를 첨가하여 각각 1/2, 1/5, 1/10로 희석된 양극 전리수를 제조하였다. 희석된 양극 전리수의 pH와 ORP를 pH meter와 ORP 측정기기를 사용해 측정하였다.

### 2.2. 배지의 조성

각종 그람 양성세균과 그람 음성세균을 배양하기 위해 LB 배지(Luria-Bertani medium), Trypticase Soy 배지와 Nutrient 배지를 사용하였다. 혐기성 여드름 균을 배양하기 위해 Gam broth배지를 사용하였다. LB 액체배지는 1% bacto-tryptone, 0.5% bacto-yeast extract, 1% NaCl을 첨가한 후 pH 7.0이 되게 만들었으며, LB 평판배지는 LB 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다. Trypticase Soy 액체배지는 3% Trypticase Soy broth를 첨가하여 제조하였으며, Trypticase Soy 평판배지는 Trypticase Soy 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다. Nutrient 액체배지는 0.3% Beef extract에 0.5% peptone을 첨가한 후 pH 6.8이 되게 만들었으며 Nutrient 평판배지는 Nutrient 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다. GAM 액체배지는 3% Gam broth를 첨가하여 제조하였으며, GAM 평판배지는 GAM 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다.

### 2.3. 항균력 측정

*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*는 LB 액체배지에서 배양하였고, *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*는 Trypticase Soy 액체배지에서 배양했으며, *Staphylococcus epidermidis*는 Nutrient 액체배지에서 배양하였다. 모든 균주는 600 nm에서 흡광도가 1이 될 때까지 배양한 후 세포를 수거하였고, 1 ml의 멸균증류수로 희석된 10 µl의 균액을 잘 섞은 후 평판배지에 50 µl를 도말하여 대조군으로 사용하였다. 그리고 *Propionibacterium acnes*는 혐기성조건의 액체배지에서 3 일간 배양한 후 마찬가지로 1:1000으로 희석하여 평판배지에 50 µl를 도말하여 초기 세균수 측정에 사용하였다. 다양한 pH와 ORP를 가지는 양극 전리수의 각종 세균에 대한 항균력을 측정하기 위해서 양극 전리수 원액과, 양극 전리수를 3차 증류수를 사용하여 1/2, 1/5, 1/10로 희석한 희석 전리수에, 대조군과 동일한 비율로 희석한 균액 10 µl씩을 넣어 15 초, 1 분, 혹은 2 분 동안 반응시켰다. 평판배지에 도말한 *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus* subsp. *aureus*, *S. epidermidis*는 37°C에서 12 시간, *P. aeruginosa*는 48 시간 후에 형성된 콜로니 수를 측정하였으며 *P. acnes*는 혐기성 조건의 CO<sub>2</sub> 배양기에서 48 시간 배양 후에 생성된 콜로니 수를 대조군과 비교 측정하였다. 모든 결과는 3회 반복 실험한 후 평균과 표준편차를 구하였다.

### 2.4. 주사 전자현미경을 사용한 대장균의 균체 변화 측정

양극전리수에 *E. coli*를 1 분간 노출시킨 후 주사 전자현미경으로 관찰하였다. 활성화된 균체를 원심 분리하여 집균하고, 고정 및 탈수 과정을 거친 후 탈수된 조직을 건조시켰다. 그 후 sputter를 이용하여 150Å의 두께로 gold 피막을 입힌 후 주사전자현미경(Hitach Model S-4200, Nissei Sangyo Co, Ltd., Japan)으로 검정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 양극 전리수의 pH와 ORP 측정

양극 전리수의 pH와 ORP 변화에 따른 항균력을 비교 측정하기 위해 양극 전리수 원액을 3차 증류수로 1/2, 1/5, 1/10씩 되도록 희석한 후 pH와 ORP를 측정하여 Table. 1에 제시하였다. 그 결과 3차 증류수는 pH 6.39, 668 mV의 ORP를 가지고 있는 반면, 양극 전리수 원액은 pH 3.51, 1131 mV의 낮은 pH와 높은 ORP를 가지고 있었다. 그리고 양극 전리수 원액을 1/2로 희석했을 때는 pH 3.79, 1097 mV, 1/5로 희석하였을 때는 pH 4.13, 1059 mV, 1/10으로

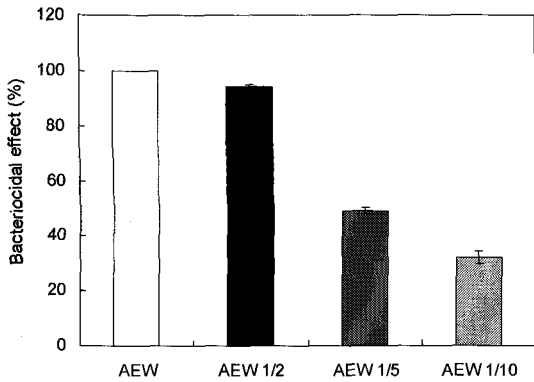


Fig. 1. Inhibitory effects of various anodic electrolyzed water on the growth of an anaerobe, named *Propionibacterium acnes*.

희석하였을 때는 pH 4.63, 1007 mV로 측정되었다. Table 1에서 보여주듯이 양극 전리수를 3차 증류수로 희석할수록 pH는 점차 높아지고 ORP는 점차 낮아졌다.

### 3.2. 그람음성 세균에 대한 살균력

대표적인 그람음성 세균으로서 감염성 식중독의 원인균의 하나인 대장균(*E. coli*)에 대한 양극 전리수의 살균력을 측정하기 위해서, 대장균을 다양한 농도로 희석한 양극 전리수에 노출시켰다. 대장균을 증류수에 노출시킨 후 도말하였을 때  $7.6 \times 10^4$  (CFU/ml)의 콜로니가 생겼으며, 이 초기균수를 대조군으로 사용하였다. 양극 전리수 원액에 대장균을 15 초 이내에 순간적으로 노출시킨 후 도말하였을 때, 대장균이 완전히 억제되어 콜로니를 전혀 형성하지 못하였다. 그리고 3차 증류수로 양극 전리수를 1/2, 1/5, 1/10로 희석한 후 대장균과 15초 이내로 반응시켰을 때, 대장균의 성장이 각각 약 95, 92, 92% 억제되었다. 양극 전리수 원액과 1/2과 1/5로 희석 전리수액에 1 분간 대장균과 반응시켰을 때에 대장균이 완전히 사멸하였다. 대장균을 1/10으로 희석한 양극 전리수에 1 분간 노출시켰을 때는 대조군의 약 3%에 해당하는 콜로니가 생겨, 약 97%의 대장균이 억제되었다(Table 2). 양극 전리수에 대장균을 2 분

Table 1. The pH and ORP values of various anodic electrolyzed water(AEW)

	pH	ORP (mV)
Deionized water	6.39	668
AEW	3.51	1131
AEW 1/2	3.79	1097
AEW 1/5	4.13	1059
AEW 1/10	4.63	1007

Table 2. Strong antibacterial effects of anodic electrolyzed water(AEW) on the selected Gram-negative and Gram-positive bacteria

		15 sec	1 min	
		(%)	(%)	
Gram (-)	<i>E. coli</i>	AEW	100	100
		AEW 1/2	95	100
		AEW 1/5	92	100
		AEW 1/10	92	97
	<i>P. aeruginosa</i>	AEW	100	100
		AEW 1/2	96	100
		AEW 1/5	94	96
		AEW 1/10	90	93
	<i>B. cereus</i>	AEW	100	100
		AEW 1/2	95	98
		AEW 1/5	91	97
		AEW 1/10	90	97
Gram (+)	<i>S. aureus</i>	AEW	100	100
		AEW 1/2	97	100
		AEW 1/5	96	100
		AEW 1/10	93	99
	<i>S. epidermidis</i>	AEW	100	100
		AEW 1/2	97	100
		AEW 1/5	95	100
		AEW 1/10	93	100

간 노출시켰을 때는 원액과 희석액 모두에서 100% 완벽하게 대장균이 억제되었다(결과 미제시). 이러한 결과는 양극 전리수가 순간적인 접촉에 의해서 대장균을 강력하게 살균할 수 있음을 보여준다.

녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)은 환경과 인체에 널리 분포하여 특히 인체의 방어기능이 약해졌을 때, 패혈증을 일으키거나 조직, 기관 등을 손상시켜 사망에 이르게 하는 기회 감염균이다<sup>19)</sup>. 특히 녹농균은 치료용 항생물질에 대한 내성이 높아 약물제어가 어려우므로 예방백신이 필요한 감염균으로 알려져 있다<sup>20)</sup>. 양극 전리수 원액에 녹농균을 15 초 이내로 순간적으로 노출시킨 후 도말하였을 때 Table 2에서 알 수 있듯이 녹농균 성장이 완전히 억제되었다. 3차 증류수로 양극 전리수를 1/2, 1/5, 1/10로 희석한 후 녹농균과 15 초 이내 반응시킨 경우 약 96, 94, 90%의 녹농균이 제거되었다. 녹농균을 양극 전리수 원액과 1/2 희석액에 1 분간 노출시켰을 때 녹농균이 완전히 사멸하였다. 전리수 원액을 1/5, 1/10으로 희석한 후 녹농균과 반응시켰을 때 각각 96, 93%의 녹농균이 억제되었다. 양극전리수에 녹농균의 노출시간을 2 분으로 늘렸을 경우 전리수 원액과 1/5 희석된 전리수에 의해서 녹농균이 완전히 사멸하였고, 1/10로 희석된 전리수에서는 약 97%의 녹농균 살균력을 보여주었다(결과 미제시).

3.3. 그람양성 세균에 대한 살균력

대표적인 그람 양성균인 포도상구균(*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*)은 패혈증, 내장감염, 피부 감염, 골수 및 관절감염과 관련이 있는 균으로 동물, 식물, 사람에게까지 광범위하게 분포되어 있다. 포도상구균은 오염된 손, 눈, 농양, 여드름, 비인두 분비물, 정상피부 등에서 유래하여 염증을 유발하며 식중독을 일으키기도 하지만 항생제 내성균의 출현으로 제어가 어려운 균으로 알려져 있다<sup>21)</sup>. 포도상구균을 양극 전리수 원액에 15 초 이내에 순간적으로 노출시킨 후 도말하였을 때 전혀 콜로니를 형성하지 못하였다(Table 2). 양극 전리수의 1/2, 1/5, 1/10 희석액과 15 초 이내로 반응시켰을 때, 이 균의 97, 96, 93%가 사멸하였다. 양극전리수 원액과 각 희석액에 포도상구균을 1 분간 노출시키면 포도상구균은 거의 대부분 사멸하였다.

바실러스균(*Bacillus cereus*)은 식품속의 병원성 미생물로서 내열성 아포형성 및 penicillin에 대한 내성을 보일 뿐만 아니라 설사를 유발하는 독소와 구토를 일으키는 독소를 생산할 수 있다<sup>17,18)</sup>. 바실러스균은 양극 전리수 원액에 15 초 이내로 순간적으로 노출되었을 때 100% 사멸하였고, 1/2, 1/5, 1/10로 희석된 양극 전리수에 15 초 이내로 노출되었을 때는 약 95, 91, 90%가 사멸하였다. 대부분의 바실러스균들은 양극 전리수에서의 노출시간을 증가시켰을 때, 다른 세균들의 경우와 마찬가지로 사멸하였다.

표피 포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*)은 표피와 점막에서 분리되는 여드름의 원인균으로 외모낭 또는 모낭의 중간에서 성장하고, 염증성 질환 및 아토피성 피부염 유발과 관련된 균이다<sup>22)</sup>. 표피포도상

구균을 양극 전리수 원액에 15 초 이내에 순간적으로 노출시킨 후 도말했을 때 전혀 콜로니를 형성하지 못하였고, 1/2, 1/5, 1/10 희석액에 의해서는 15 초 이내의 노출에 의해 각각 97, 96, 93%의 표피포도상구균이 사멸하였다. 표피포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*)을 양극 전리수 원액에 1 분 이상 노출시켰을 때 모든 반응 조건에서 100%의 살균력을 보여주었다.

그람 음성균에 비해 그람 양성균은 다수의 펩티도글리칸 층으로 인한 두꺼운 세포벽을 가지고 있다. 따라서 항균제마다 세포의 미세구조에 작용하는 항균활성의 차이를 보이게 되므로 항균제마다 그람 음성균 혹은 그람 양성균에 선택적 항균효능을 보이는 경우가 있다<sup>23)</sup>. 그러나 본 연구결과에서 양극 전리수는 세포벽의 두께와 미세구조와는 상관없는 항균 활성을 보였다. 그리고 1/10까지 희석된 양극 전리수를 사용한 경우에도 원액의 양극 전리수와 마찬가지로 순간적인 짧은 시간 동안 거의 완벽한 살균력을 보였다. 1/10으로 희석된 양극 전리수의 pH는 4.73으로서 약산성을 띄고 있으므로 양극산성수의 살균력이 산성 pH에 기인할 가능성은 희박하다.

3.4. 혐기성 여드름균에 대한 살균력

여드름균(*Propionibacterium acnes*)는 모공 들레나 모낭의 누두부에 주로 서식하는 균으로 피지를 주 영양원으로 사용하여 피지의 주성분인 트리글리세라이드를 지방산과 글리세롤로 분해한다. 따라서 이때 생성된 유리지방산이 피부에 심한 자극을 주어 모낭벽이나 모공주위 세포에 염증을 일으키게 된다<sup>24)</sup>. 또한 이 균에 의해 자극을 받은 상피세포는

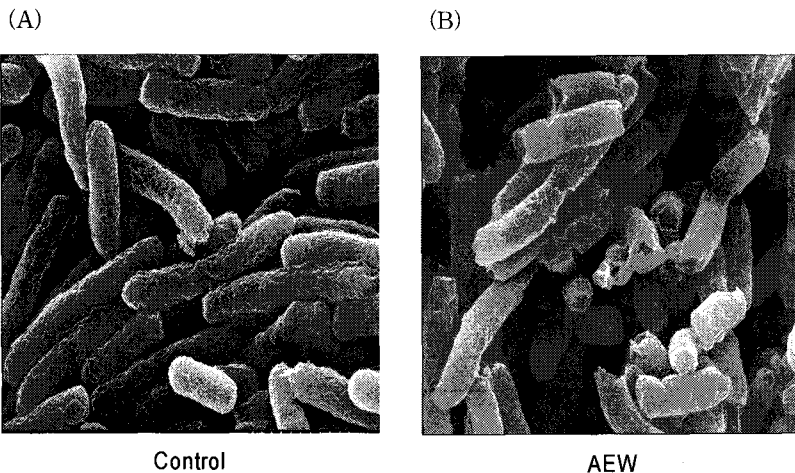


Fig. 2. Scanning electron microscopic images of *E. coli*. (A) Control (B) Degraded fragments of *E. coli* cells following treatment with anodic electrolyzed water(AEW) for 1 min.

각질세포 생성능이 증가하여 정체 과각화가 이루어져 여드름 형성 초기단계인 미세면포를 형성하며 계속해서 각질과 피지가 분해되므로 모낭벽이 약해지게 된다. 모낭벽은 *P. acnes*를 탐식한 백혈구가 분비하는 가수분해효소의 작용에 의해 파괴되고 모근 내용물이 진피내로 유리되어 염증반응이 가속화되게 된다<sup>21)</sup>. 혐기성 여드름균은 양극 전리수 원액에 1 분간 노출되었을때 완전히 사멸되었다. 또한, 이 균은 1/2, 1/5, 1/10로 희석된 양극 전리수에 1 분간 노출되었을때, 각각 약 94%, 49%, 32%가 사멸하였다(Fig. 1). 이러한 결과는 혐기성세균에 대한 양극전리수의 살균력이 호기성세균에 비해 상대적으로 미약함을 보여준다. 양극 전리수의 살균력이 전기분해에 의해 생성된 활성산소종의 연계반응에 기인할 가능성이 제기되고 있다는 점을 고려한다면<sup>13)</sup>, 산소가 없는 혐기적 조건에서의 살균력이 호기적 조건에서의 살균력에 비해 미미할 수밖에 없다. 양극전리수가 가지고 있는 살균력을 이해하기 위해서는 전기분해에 의해 양극에서 생성되는 활성 산소종을 포함한 각종 물질이 무엇인지 우선적으로 규명되어야 할 것이다.

### 3.5. 양극 전리수에 의한 대장균 균체의 분해

양극 전리수에 의한 *E. coli* 살균반응을 이해하기 위하여 주사 전자현미경을 사용하여 세균의 형태 변화를 관찰하였다. 1 분간 양극 전리수 원액에 *E. coli*를 노출시킨 결과 균체가 여러 토막으로 분해되었다(Fig. 2). 이러한 결과는 강력한 양의 산화전위를 갖는 양극 전리수에 의하여 세포구조가 순간적으로 파괴되었음을 보여준다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 증류수로 희석하여 다양한 pH와 ORP를 가지는 양극 산성 전리수를 사용하여 선별된 그람음성세균과 그람양성세균 등의 각종 세균에 대한 살균력을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 양극 산성전리수에 그람 양성세균과 그람 음성세균을 각각 15 초 이내 노출시켰을 때 대부분의 세균이 완전히 사멸되었다. 증류수로 양극 전리수를 1/2, 1/5, 1/10이 되게 희석한 후 살균력을 측정하여도 매우 우수한 살균력을 나타내었다. 양극 산성전리수는 호기성 세균에 비하여 혐기성 세균인 여드름균에 대한 살균력이 상대적으로 미약하였으나 원액의 경우 1분 이내에 여드름균을 완전히 사멸시킬 수 있었다. 또한 양극 산성전리수를 대장균과 1분간 반응시켰을 때 대장균의 균체가 파괴되는 현상을 전자현미경으로 관찰할 수 있었다. 양극 전리수는

각종 세균에 대한 강력한 살균력을 가지고 있었으며, 주사 전자현미경을 사용하여 관찰한 결과 양극 전리수에 순간적으로 노출된 *E. coli* 균체가 완전히 파괴되었으므로 내성균이 출현할 기회가 없다. 따라서 양극 전리수는 세균의 구조와 형태에 관계없이 강력한 살균력을 나타낼 뿐만 아니라 내성균의 출현을 방지할 수 있게 되므로, 양극 전리수는 내성균 출현을 방지할 수 있는 새로운 살균수로 사용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 환경적인 측면에서 전리수는 기존의 알칼리나 산을 사용하는 공정보다 오염물을 배출하지 않을 뿐만 아니라 기본 제조원가가 저렴하고 사용폐기물도 물이 주성분이므로 시간이 지나면 자동적으로 원래의 물로 환원되게 되므로 친환경 세정액으로의 산업적 활용 가능성도 매우 높을 것이다.

## 감사의 글

본 실험에 사용한 양극 전리수를 제조해 주신 순천향대학교 류근걸 교수님과 실험에 도움을 주신 박혜린 양께 감사드립니다. 본 연구는 부분적으로 "Eco-technopia 21 project"의 지원으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 1) Ryoo K. K., Kang B. D., Sumida S., 2002, Electrolyzed water as an alternative for environmentally-benign semiconductor cleaning, *Mater. Res. Soc.*, 17, 1298-1304.
- 2) Huang K. C., Yang C. C., Lee K. T., Chien C. T., 2003, Reduced hemodialysis-induced oxidative stress in end-stage renal disease patients by electrolyzed reduced water, *Kidney Int.*, 64, 704-714.
- 3) Kim M. J., Jung K. H., Uhm Y. K., Leem K. H., Kim H. K., 2007, Preservative effect of electrolyzed reduced water on pancreatic beta-cell mass in diabetic db/db mice, *Biol. Pharm. Bull.*, 30, 234-236.
- 4) Shirahata S., Kabayama S., Nakano M., Miura T., Kusumoto K., Gotoh M., Hayashi H., Otsubo K., Morisawa S., Katakura Y., 1997, Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 234, 269-274.
- 5) Lee M. Y., Kim Y. K., Ryoo K. K., Lee Y. B., Park E. J., 2006, Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damages to DNA,

- RNA, and protein, *Appl. Biochem. Biotech.*, 135, 133-144.
- 6) Kim C., Hung Y. C., Brackett R. E., 2000, Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens, *Int. J. Food. Microbiol.*, 61, 199-207.
  - 7) Fabrizio K. A. Cutter C. N., 2003, Stability of electrolyzed oxidizing water and its efficacy against cell suspensions of *Samollela typhimurium* and *Listeria monocytogenes*, *J. Food Prot.*, 66, 1379-1384.
  - 8) Abbasi P. A., Lazarovits G., 2006, Effect of acidic electrolyzed water on the viability and fungal plant pathogens and on bacterial spot disease of tomato, *Can. J. Microbiol.*, 52, 915-923.
  - 9) Lee S. H., Choi B. K., 2006, Antibacterial effect of electrolyzed water on oral bacteria, *J. Microbiol.*, 44, 417-424.
  - 10) Xin H., Zheng Y. J., Hajime H., Han Z. G., 2003, Effect of electrolyzed oxidizing water and hydrocolloid occlusive dressings on excised burn-wounds in rats, *Chin. J. Traumatol.*, 6, 234-237.
  - 11) Sharma R. R., Demirci A., 2003, Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water, *Int. J. Food Microbiol.*, 86, 231-237.
  - 12) Koseki S., Yoshida K., Kamitani Y., Isobe S., Itoh K., 2004, 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.
  - 13) Stevenson S. M., Cook S. R., Bach S. J., McAllister T. A., 2004, Effects of water source, dilution, storage, and bacterial and fecal loads on the efficacy of electrolyzed oxidizing water for the control of *Escherichia coli* O157:H7, *J. Food Prot.*, 67, 1377-1383.
  - 14) Lee J. H., Rhee P. L., Kim J. H., Kim J. J., Paik S. W., Rhee J. C., Song J. H., Yeom J. S., Lee N. Y., 2004, Efficacy of electrolyzed acid water in reprocessing patient-used flexible upper endoscopes: comparison with 2% alkaline glutaraldehyde, *J. Gastroenterol. Hepatol.*, 19, 897-903.
  - 15) Ichihara T., Fujii G., Eda T., Sasaki M., Ueda Y., 2004, The efficacy of function water (electrolyzed strong acid solution) on open heart surgery; postoperative mediastinitis due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Kyobu Geka.*, 57, 1110-1112.
  - 16) Vorobjeva N. V., Vorobjeva L. I., Khodjaev E. Y., 2004, The bactericidal effects of electrolyzed oxidizing water on bacterial strains involved in hospital infections, *Artif. Organs.*, 28, 590-592.
  - 17) Jack S. G., 1991, Symposium on microbiology update: old friends and new enemies. *Bacillus cereus*, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 74, 704-706.
  - 18) Bounaga S., Laws A. P., Galleni M., Page M. I., 1998, The mechanism of catalysis and the inhibition of the *Bacillus cereus* zinc-dependent beta-lactamase, *Biochem. J.*, 331, 703-711.
  - 19) Lyczak J. B., Cannon C. L., Pier G. B., 2000, Establishment of *Pseudomonas aeruginosa* infection: lessons from a versatile opportunist, *Microbes Infect.*, 2, 1051-1060.
  - 20) Costerton J. W., Stewart P. S., Greenberg E. P., 1999, Bacterial biofilms : a common cause of persistent infections, *Science*, 284, 1318-1322.
  - 21) De la Fuente R., Suarez G., Schleifer K. H., 1985, *Staphylococcus aureus subsp. anaerobius subsp. nov.*, the causal agent of abscess disease of sheep, *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 35, 99-102.
  - 22) Nilsson M., Frykberg L., Flock J. I., Pei L., Lindberg M., Guss B., 1998, A fibrinogen-binding protein of *Staphylococcus epidermidis*, *Infect. Immun.*, 66, 2666-2673.
  - 23) Park H. L., Kim Y. K., Ryou K. K., Lee Y. B., Lee J. K., Lee M. Y., 2005, Studies on the antibacterial effects of electrolyzed reduced water, *J. Korean Acad. Industrial Soc.*, 6, 215-221.
  - 24) Pechere M., Pechere J. C., Siegenthaler G., Germanier L., Saurat J. H., 1999, Antibacterial activity of retinaldehyde against *Propionibacterium acnes*, *Dermatol.*, 199, 29-31.