

환원전리수의 항균력 연구

박혜린¹ · 김윤경¹ · 류근걸² · 이윤배² · 이종권² · 이미영^{1*}

Studies on the Antibacterial Effects of Electrolyzed Reduced Water

Hye-Lin Park¹, Yoon-Kyoung Kim¹, Kun-Kul Ryo², Yoon-Bae Lee²,
Jong-Kwon Lee² and Mi-Young Lee^{1*}

요 약 본 연구에서는 환원전리수(electrolyzed reduced water)의 항균력을 살펴보기 위하여 다양한 종류의 세균의 성장에 대한 환원전리수의 제어력을 반응시간에 따라 측정하였다. 환원전리수에 대장균(*Escherichia coli*)과 바실러스균(*Bacillus cereus*)를 2 분 동안 반응시켰을 때 각각 약 70%와 61%의 세균 성장이 제어되었다. 이 두 세균을 각각 환원전리수에 30 분 간 노출시켰을 때 약 80%의 대장균이 제어되었으며, 바실러스균은 약 94%가 제어되었다. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)의 경우 환원전리수와 2 분간 반응시켰을 때 약 55%가 제어되었으며, 반응시간을 4 시간으로 증가시켰을 때 약 65%가 제어되었다. 표피포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*)의 성장은 환원전리수와 4 시간 반응시킨 후 약 73%가 억제되었으나, 포도상구균(*Staphylococcus aureus.subsp.aureus*)은 환원전리수와 4 시간 반응시켜도 약 44%만이 제어되었다.

Abstract The antibacterial effects of electrolyzed reduced water on the bacterial growth were studied in this investigation. Upon treating with electrolyzed reduced water for 2 minutes, about 70% *Escherichia coli* and 61% *Bacillus cereus* were controlled. When these two bacteria were exposed to electrolyzed reduced water for 30 minutes, about 89% *Escherichia coli* and 94% *Bacillus cereus* were controlled. About 55% *Pseudomonas aeruginosa* was also controlled upon treating with electrolyzed reduced water for 2 minutes, and 65% *Pseudomonas aeruginosa* was controlled during 4 hour incubation. When *Staphylococcus epidermidis* was treated with electrolyzed reduced water for 4 hours, 73% of the bacterial growth was inhibited, while only 44% *Staphylococcus aureus.subsp.aureus* was controlled with electrolyzed reduced water for 4 hours.

Key Words : Electrolyzed reduced water, Antibacterial effect

1. 서 론

전기분해에 의해서 pH나 산화·환원전위(oxidation-reduction potential, ORP)를 조절한 수용액을 전리수(electrolyzed water)라고 부른다. 물에 직류전압을 가하면 이온의 이동에 의해 pH를 변화시킬 수 있는 이온수를 만들 수 있다. 양극에서 생성되는 물은 H⁺ 이온의 증가로 pH가 감소되며 ORP가 증가하게 되어 강한 산화성의 상태가 되고, 음극에서는 OH⁻ 이온의 증가로 pH가 상승하여 환원성의 상태가 된다[1]. 전리수의 ORP는 다른 수용액보다 매우 강한 pH 의존성을 나타내고 있다.

일반적으로 산성전리수의 ORP는 +1200 mV의 높은 산화전위를 나타내고 있는 반면 산성수용액의 경우 +600 mV정도의 ORP를 나타낸다. 환원전리수의 ORP는 -850 mV의 환원전위를 가지고 있으나, 알칼리성 수용액의 경우 +20 mV를 나타내고 있다. 양극에서 생성되는 산성전리수가 가지고 있는 특성으로는 다양한 미생물에 대한 강력한 살균력을 들 수 있다[2, 3]. 이에 비해 음극에서 생성되는 환원전리수는 매우 낮은 음의 환원전위로 인해 항산화활성을 가지게 된다. 특히 환원전리수는 당뇨와 화상 등의 질환치료에 매우 효과적이며 항암, 항노화 등의 효능이 있다고 보고되고 있는데[4], 이러한 효과는 환원전리수가 가지고 있는 활성산소 소거능에 기인할 것으로 추측되고 있다[5]. 또한 환원전리수가 항산화활성을 가지고 있어서 활성산소 생성으로 인한 DNA 분해와 RNA 분해 및 단백질 분해를 억제할 수 있었다[6, 7]. 활성산소에 의한 사람 임파구 DNA의 산화적 손상도 환원

이 논문은 과학기술부의 국가지정연구실사업(류근걸 N10 302000029-04J000001400) 지원에 의해 수행되었음.

¹순천향대학교 자연과학대학 생명과학부

²순천향대학교 공과대학 신소재화학공학부

*교신저자: 이미영(miyoung@sch.ac.kr)

전리수 처리에 의하여 보호 및 억제됨을 Comet assay로 확인할 수 있었다[7]. 그리고 환원전리수는 일반 물의 입자보다 작은 클러스터를 가지고 있어서 일반 물보다 운동성이 높고 대상물에 대한 흡수력과 용해력이 높다고 알려져 있다[8]. 현재까지 미생물 제어를 위한 살균 혹은 소독을 위하여 다양한 방법들이 상용화되고 있으나 균류의 내성 생성, 사용 약품, 장치 등에서 문제점들을 내포하고 있다. 보통 세균을 억제하거나 균을 사멸시키기 위하여 사용하는 항생제와 항균제는 공통점과 차이점을 가지고 있다. 항생제는 미생물이 생산하는 대사산물로 소량으로 다른 미생물의 발육을 억제하거나 사멸시키는 물질로서 페니실린계(penicillin), 세팔로스포린계(cephalosporin), 아미노글리코사이드계(aminoglycoside), 매크로라이드계(macrolide), 테트라사이클린계(tetracycline)의 물질이 여기에 속한다. 반면 항균제는 인위적으로 만들어진 합성물질로 미생물의 발육을 억제하거나 사멸시키는 물질로서 설파계(sulfa), 퀴놀론계(quinolone) 물질 등을 포함한다. 병원성 세균에 의한 감염을 방지하기 위하여 사용하는 알콜을 비롯하여 formaldehyde, glutaraldehyde 등의 소독제 뿐만 아니라 천연추출물에서도 다양한 항균제가 개발되어 있다. 그러나 최근 인체에 무해하고 내성 생성을 방지하고 사용 후 자연수로 되돌아가는 특징을 갖고 있는 전리수를 이용하여 미생물을 제어하려는 새로운 시도가 진행되고 있다. 2000년을 전후하여 특히 산성전리수가 식품의 표면 미생물뿐만 아니라 다양한 병원균 제어에도 효과적이라고 보고되기 시작했다[9]. 산성전리수는 *E. coli* O157:H7을 비롯하여 각종 식중독 균과 병원성 세균을 매우 효과적으로 살균할 수 있었다[10]. 뿐만 아니라 산성전리수는 B형 간염바이러스의 제어에도 매우 효과적이어서 산성전리수로 세척한 내시경에서는 PCR로 DNA를 증폭시켜도 잔류 HBV-DNA를 탐지할 수 없었다[11]. 또한 산성전리수가 슈퍼박테리아로 알려진 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*(MRSA) 감염을 방지할 수 있다고 보고되었다[12]. 그러나 아직 항산화력을 가지고 있다고 알려진 환원전리수의 항균력을 분석한 연구결과는 없다. 따라서 본 연구에서는 환원전리수(electrolyzed reduced water)의 항균력을 살펴보기 위하여 다양한 종류의 세균에 환원전리수를 반응시킨 후 반응시간에 따른 미생물 제어력을 정량적으로 측정하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 환원전리수의 제조

환원전리수 제조를 위하여 마이크로뱅크사의 Redox-water 생성기를 사용하였고, 전리수 제조장치에 사용된 물은 증류, 역삼투압(Reverse Osmosis, RO)을 거쳐 최

종 3차수에 이르는 초순수(Deionized water, DIW)물이었다. 본 실험에서 사용한 환원전리수는 pH가 10.7~10.1, ORP는 -850 ~ -800 mA가 유지되게하여 사용하였다.

2.2 배지의 조성

미생물을 배양하기 위해 LB 배지(Luria-Bertani medium), Trypticase Soy 배지와 Nutrient 배지를 사용하였다. LB 액체배지는 1% bacto-tryptophan, 0.5% bacto-yeast extract, 1% NaCl을 첨가한 후 pH 7이 되게 만들었다. LB 평판배지는 LB 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다. Trypticase Soy 액체배지는 3% Trypticase Soy broth를 첨가하였고, Trypticase Soy 평판배지는 Trypticase Soy 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다. Nutrient 액체배지는 0.3% Beef extract, 0.5% peptone을 첨가한 후 pH 6.8이 되게 만들었다. Nutrient 평판배지는 Nutrient 액체배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 만들었다.

2.3 항균력 측정

Escherichia coli, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*는 LB 액체배지에서, *Staphylococcus aureus*. *subsp.aureus*는 Trypticase Soy 액체배지에서, *Staphylococcus epidermidis*는 Nutrient 액체배지에서 1 일간 배양한 후 600 nm에서 흡광도가 1이 될 때 세포를 수거하였다. 미세튜브에 1 ml의 증류수를 넣은 후 희석된 10 µl의 균액을 넣어 평판배지에 50 µl를 도말하여 대조군으로 사용하였다. 뿐만 아니라 대조군을 100:1로 희석하여 평판배지에 50 µl를 도말하여 초기세균수 측정에 사용하였다. 환원전리수 원액에 대조군과 동일한 비율로 희석한 균액 10 µl 씩을 넣어 환원전리수에 1 분, 2 분, 30 분, 1 시간, 2 시간, 3 시간, 4 시간 동안 노출시켰다. 환원전리수에 노출된 세균 50 µl를 대조군과 동일한 방법으로 평판배지에 도말하여 시험군으로 사용하였다. 각각의 평판배지를 37°C에서 배양시키면서 *E. coli*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus.subsp.aureus*, *Staphylococcus epidermidis*는 12 시간 배양 후에 생성된 콜로니수를 세었고, *P. aeruginosa*는 48 시간 후에 생성된 콜로니 수를 세었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 대장균에 대한 항균력

그림 1에서는 대표적 그람 음성균인 대장균(*Escherichia coli*)에 대한 환원전리수의 제어력을 측정하기 위하여 대장균을 다양한 반응시간 동안 환원전리수에 노출시킨 후 형성된 콜로니 수를 측정하였다. 감

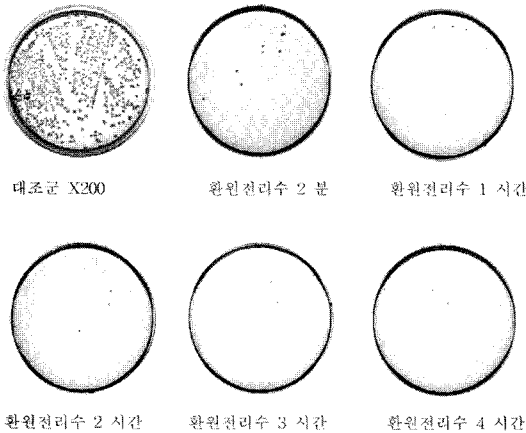
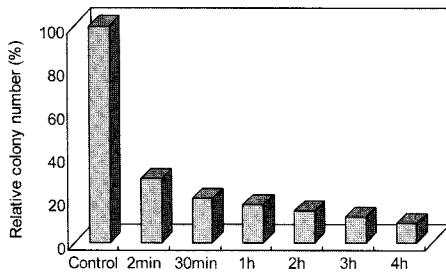


그림 1. 환원전리수의 *Escherichia coli*에 대한 항균력

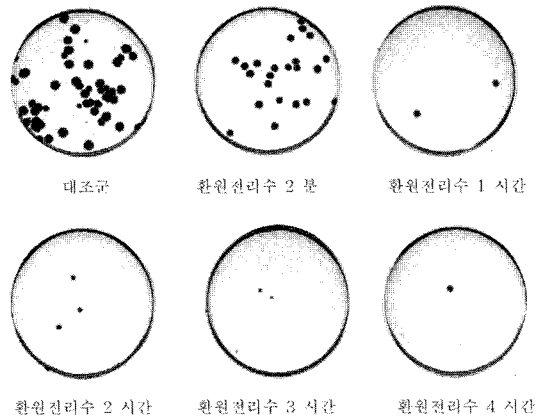
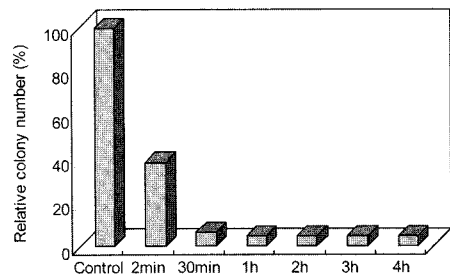


그림 2. 환원전리수의 *Bacillus cereus*에 대한 항균력

염성 식중독 원인균의 하나인 대장균을 멸균 증류수에 노출시킨 후 도말 하였을 때 3.4×10^6 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼으며 이 초기 균수를 대조군으로 사용하였다. 환원전리수에 2 분 동안 대장균을 반응시켰을 때 대조군의 약 30%에 해당하는 1.0×10^5 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼는데 이는 약 70%의 대장균이 환원전리수에 의해 제어되었음을 보여준다. 환원전리수에 대장균을 30 분간 노출시켰을 때는 약 80%, 1 시간 동안 노출시켰을 때는 약 82.4%, 2 시간 동안 노출시켰을 때는 약 85.3%, 3 시간 동안 노출시켰을 때는 약 90%, 4 시간 동안 노출시켰을 때는 약 91%의 대장균이 제어되었다(그림 1). 환원전리수의 대장균 제어력은 노출시간에 비례하여 증가하였다. 이러한 결과는 환원전리수도 상당한 수준의 미생물 제어력을 가지고 있음을 보여준다. 그러나 순간적으로 미생물을 완전히 사멸시킬 수 있는 산성전리수의 미생물 제어력과 비교하면[13] 환원전리수의 미생물 제어력은 산성전리수에 비하여 상대적으로 미미하다고 볼 수 있다.

3.2 바실러스균에 대한 항균력

그람 양성균인 바실러스균(*Bacillus cereus*)은 식품속의 병원성 미생물로서 내열성 아포를 형성하고 설사를

유발하는 독소와 구토을 일으키는 독소를 생산할 수 있다[14]. 또한 penicillin에 대한 내성을 보인다고 알려져 있다[15]. 바실러스균(*Bacillus cereus*)을 증류수에 노출시킨 후 도말하였을 때 6.5×10^6 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼으며 이 초기 균수를 대조군으로 사용하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 바실러스균을 환원전리수에 2 분 동안 노출시켰을 때 대조군의 약 39%에 해당하는 2.5×10^6 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼는데 이는 약 61%의 바실러스균이 환원전리수에 2 분간 노출된 후 제어되었음을 보여준다. 환원전리수에 30 분간 노출 시켰을 때는 약 94%의 바실러스균이 제어되었으며, 1 시간부터 4 시간까지 노출시켰을 때는 약 96%의 바실러스균을 제어할 수 있었다(그림 2). 환원전리수의 바실러스 제어력은 노출시간에 비례하였으며 환원전리수도 상당한 수준의 바실러스 제어력을 가지고 있음을 보여준다.

3.3 녹농균에 대한 항균력

녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)은 환경과 인체에 널리 분포하고 있는 그람 음성균으로 특히 인체의 방어 기능이 약해졌을 때 침투하여 폐혈액을 만들거나 조직, 기관 등을 손상시켜 사망에 이르게 하는 기회 감염균이다[16]. 특히 녹농균은 치료용 항생물질에 내성이 높아

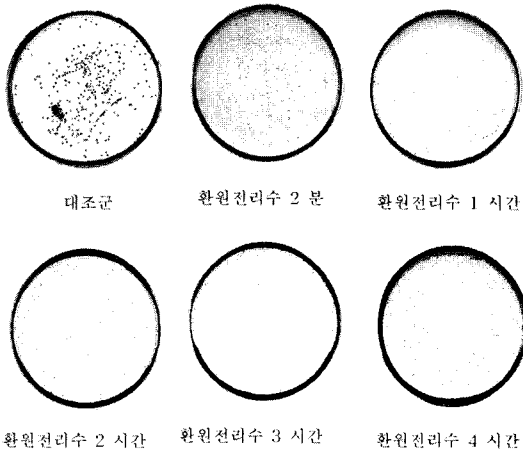
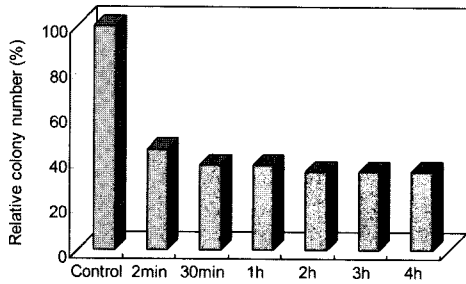


그림 3. 환원전리수의 *Pseudomonas aeruginosa*에 대한 항균력

약물치료가 어려우므로 예방백신이 필요한 감염균으로 알려져 있다[17]. 환원전리수의 녹농균에 대한 제어력을 살펴보기 위하여 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)을 증류수에 노출시킨 후 도말하였을 때 생긴 4.18×10^7 (CFU/mL)의 콜로니를 대조군으로 사용하였다(그림 3). 환원전리수에 녹농균을 2분 동안 노출시켰을 때 대조군의 약 45%에 해당하는 1.89×10^7 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼는데 이는 약 55%의 녹농균이 환원전리수에 2분간 노출된 후 제어되었음을 보여준다. 환원전리수에 녹농균을 30분간 노출시켰을 때는 약 62%, 1시간 동안 노출시켰을 때는 약 62.2%의 녹농균이 제어되었으며 2시간에서 4시간 동안 노출시켰을 때는 약 65%의 이상의 녹농균이 제어되었다.

3.4 포도상구균에 대한 항균력

대표적인 그람 양성균인 포도상구균(*Staphylococcus aureus subsp. aureus*)은 폐혈증, 내장감염, 피부 감염, 골수·관절감염과 관련되어 있는 균으로 동물, 식물과 사람에게까지 광범위하게 분포되어있다. 오염된 손, 눈, 농양, 여드름, 비인두 분비물과 정상피부 등에서 유래하여 발병하여 염증을 유발하며 식중독을 일으키기도 하

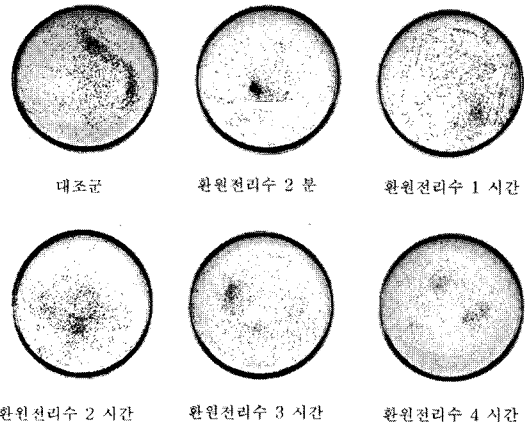
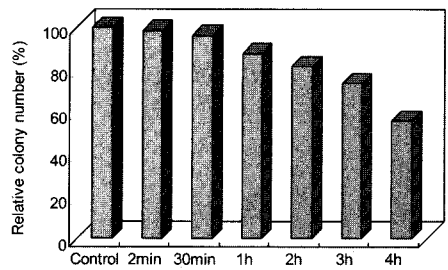


그림 4. 환원전리수의 *Staphylococcus aureus subsp. aureus*에 대한 항균력

지만 항생제 내성균의 출현으로 이의 치료에 어려움이 많은 균이다[18]. 포도상구균(*Staphylococcus aureus subsp. aureus*)을 증류수에 노출시킨 후 도말하였을 때 1.04×10^8 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼으며 이 초기 균수를 대조군으로 사용하였다. 그림 4에서 보여주듯이 포도상구균을 환원전리수 원액에 2분 동안 노출시켰을 때 대조군의 약 98.5%에 해당하는 1.06×10^8 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼는데 이는 환원전리수가 2분의 짧은 반응시간 동안에는 포도상구균을 제어하지 못함을 의미한다. 포도상구균을 환원전리수에 1시간 동안 노출시켰을 때는 약 12%, 2시간 동안 노출시켰을 때는 약 19%, 3시간 동안 노출시켰을 때는 약 27%의 포도상구균이 제어되었다. 환원전리수에 포도상구균을 약 4시간 동안 노출시켰을 때 약 44%의 포도상구균이 제어되었다(그림 4).

3.5 표피포도상구균에 대한 항균력

그림 5에서는 그람 양성균인 표피포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*)에 대한 환원전리수의 항균력을 측정하기 위하여 증류수에 노출시킨 후 도말하였을 때 생긴 1.82×10^7 (CFU/mL)의 콜로니 수를 대조군으로 사용하였다. 표피포도상구균(*Staphylococcus*

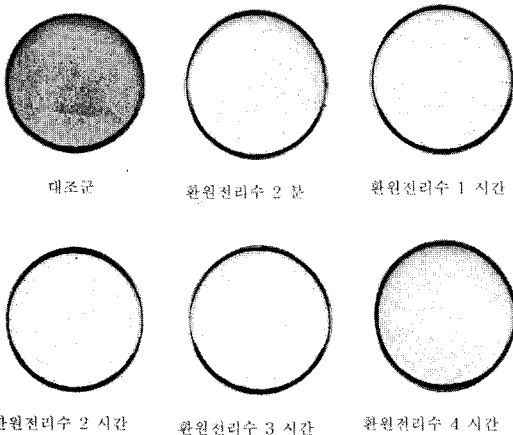
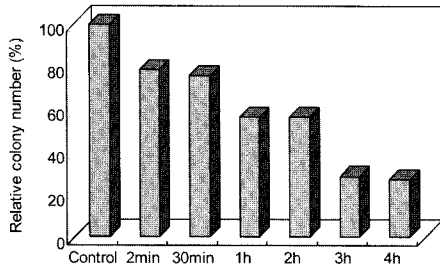


그림 5. 환원전리수의 *Staphylococcus epidermidis*에 대한 항균력

*epidermidis*은 표피와 점막에서 분리한 균으로 포도상구균(*Staphylococcus aureus.subsp.aureus*)보다는 임상적 중요도가 떨어지지만 여드름의 원인균으로 의모낭 또는 모낭의 중간에서 성장하고, 염증성 질환 및 세균성 각막염과 관련된 균이다[19]. 표피포도상구균을 환원전리수에 2 분 동안 노출시켰을 때 대조군의 약 79%에 해당하는 1.43×10^7 (CFU/mL)의 콜로니가 생겼으며 이는 환원전리수가 약 21%의 표피포도상구균이 제어되었음을 보여준다. 환원전리수에 30 분간 노출시켰을 때는 24%, 1 시간과 2 시간 동안 노출시켰을 때는 약 43%의 표피포도상구균이 제어되었다. 환원전리수에 표피포도상구균을 3 시간 동안 노출시켰을 때는 약 71%, 4 시간 동안 노출시켰을 때는 약 73%의 표피포도상구균이 제어되었다(그림 5). 환원전리수의 미생물 제어력에 대한 본 연구결과를 종합해 보면 환원전리수는 그람 음성균인 대장균(*Escherichia coli*)과 그람 양성균인 바실러스균(*Bacillus cereus*)에 대해서는 상당한 수준의 항균력을 나타내었다. 그러나 그람 음성균인 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)과 그람 양성균인 포도상구균(*Staphylococcus aureus.subsp.aureus*)과 표피포도상구균(*Staphylococcus epidermidis*)에 대해서는 항균력이 미미하다고 할 수 있다. 그람 음성균에 비해

그람 양성균은 다수의 펩티도글리칸 층으로 인한 두꺼운 세포벽을 가지고 있다. 따라서 항균제마다 세포의 미세구조에 작용하는 항균활성의 차이를 보여서 그람 음성균 혹은 그람 양성균에 선택적 항균효능을 보이는 경우가 있다. 그러나 본 연구결과에서 환원전리수는 세포벽의 두께와 미세구조와는 상관없이 항균활성의 차이를 보였다. 순간적으로 강력한 살균력을 보이는 산성전리수의 살균력 뿐만 아니라 환원전리수의 항균력의 근거를 규명하기 위해서는 전기분해에 의해 생성되는 활성산소를 포함한 각종 물질의 종류와 성질을 산화환원전위 뿐만 아니라 pH와 연계하여 규명해야 할 것이다.

현재까지 환원전리수에 대한 연구는 superoxide dismutase 유사활성 즉 활성산소 소거능으로 대표되는 환원전리수의 항산화력을 중심으로 주로 진행되어왔다. 환원전리수를 활성산소가 주원인이 되는 질환의 치료에 직접 사용할 수 있다는 보고가 있다[20, 21], 환원전리수가 체장 β세포를 활성산소의 독성으로부터 보호하여 인슐린 분비를 촉진할 뿐만 아니라 활성산소가 원인이 되는 노화와 암세포의 증식, 전이 및 혈관 신생을 억제한다는 보고도 있다[22]. 또한 비타민 C, 폴리페놀, 카테킨, 토코페롤과 비교해 보았을 때 환원전리수가 매우 우수한 항산화력을 가지고 있다는 보고가 있다[23]. 본 연구를 통하여 환원전리수는 항산화력 이외에도 항균력을 가지고 있는 다기능성 물임을 확인하였으며 향후 새로운 개념의 기능성 세정제로 개발될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] K. K., Ryoo, B. D. Kang and S. Sumida, "Electrolyzed water as an alternative for environmentally-benign semiconductor cleaning", Material Research Society, 17, 1298-1304, 2002.
- [2] S. M. Stevenson, S. R. Cook, S. J. Bach and T. A. McAllister, "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, 2004.
- [3] K. A. Fabrizio and C. N. Cutter, "Stability of electrolyzed oxidizing water and its efficacy against cell suspensions of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes*", J. Food Prot., 66, 1397-1384, 2003.
- [4] H. Xin, Y. J. Zheng, H. Hajime and Z. G. Han, "Effect of electrolyzed oxidizing water and hydrocolloid occlusive dressings on excised burn-wounds in rats", Chin. J. Traumatol., 6, 234-237, 2003.

- [5] K. C. Huang, C. C. Yang, K. T. Lee and C. T. Chien, "Reduced hemodialysis-induced oxidative stress in end-stage renal disease patients by electrolyzed reduced water", *Kidney Int.*, 64, 704-714, 2003.
- [6] S. Sanetaka, K. Shigeru, N. Mariko, M. Takumi, K. Kenichi, G. Miho, H. Hidemitsu, O. Kazumichi, M. Shinkatsu and K. Yoshinori, "Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage", *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 234, 269-274, 1997.
- [7] M. Y. Lee, Y. K. Kim, E. J. Park, Y. B. Lee, J. K. Lee and K. K. Ryoo, "Effects of electrolyzed reduced water on the damages of DNA, RNA and protein", *Mutation Res.* submitted.
- [8] K. K. Ryoo, Y. B., Lee, J. K. Lee and M. Y. Lee, "Permeability and dissolvability of cathodic electrolyzed water for electrophoretic gel and green tea components", *J. Korean. Acad. Industrial Soc.* 61, 87-93, 2005.
- [9] R. R. Sharma and A. Demirci, "Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water", *Int. J. Food Microbiol.*, 86, 231-237, 2003.
- [10] S. Koseki, S. Isobe and K. Itoh, "Efficacy of acidic electrolyzed water ice for pathogene control on lettuce", *J. Food Port.*, 67, 2544-2549, 2004.
- [11] J. H. Lee, P. L. Rhee, J. H. Kim, J. J. Kim, S. W. Paik, J. C. Rhee, J. H. Song, J. S. Yeom and N. Y. Lee, "Efficacy of eletrolyzed acid water in reprocessing patient-used flexible upper endoscopes : comparison with 2% alkaline glutaraldehyde", *J. Gastroenterol. Hepatol.*, 19, 897-903, 2004.
- [12] T. Ichihara, G. Fujii, T. Eda, M. Sasaki and Y. Ueda, "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, 2004.
- [13] N. V. Vorobjeva, L. I. Vorobjeva and E. Y. Khodjaev, "The bactericidal effects of electrolyzed oxidizing water on bacterial strains involved in hospital infections", *Artif. Organs.*, 28, 590-592, 2004.
- [14] S. G. Jackson, "Symposium on microbiology update : old friends and new enemies. *Bacillus cereus*", *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 74, 704-706, 1991.
- [15] S. Bounaga, A. P. Laws, M. Galleni and M. I. Page, "The mechanism of catalysis and the inhibition of the *Bacillus cereus* zinc-dependent beta-lactamase", *Biochem. J.*, 1, 703-711, 1998.
- [16] J. B. Lyczak, C. Cannon and G. B. Pier, "Establishment of *Pseudomonas aeruginosa* infection: lessons from a versatile opportunist", *Microbes. Infect.*, 2, 1051-1060, 2000.
- [17] J. W. Costerton, P. S. Stewart and E. P. Greenberg, "Bacterial biofilms : a common cause of persistent infections", *Science*, 284, 1318-1322, 1999.
- [18] R. De la Fuente, G. Suarez and K. H. Schleifer, "*Staphylococcus aureus* subsp. anaerobius subsp. nov., the causal agent of abscess disease of sheep", *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 35, 99-102, 1985.
- [19] M. Nilsson, L. Frykberg, J. I. Flock, L. Pei, M. Lindberg and B. Guss, "A fibrinogen-binding protein of *Staphylococcus epidermidis*", *Infect. Immun.*, 66, 2666-2673, 1998.
- [20] Y. Li, T. Nishimura, K. Teruya, T. Maki, T. Komatsu, T. Hamasaki, T. Kashiwagi, S. Kabayama, S. Y. Shim, Y. Katakura, K. Osada, T. Kawahara, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Ishii, Z. Gadek and S. Shirahata, "Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic β -cell damage : Scavenging effect against reactive oxygen species", *Cytotechnology*, 40, 139-149, 2003.
- [21] M. Oda, K. Kusumoto, K. Teruya, T. Hara, T. Maki, Y. Kabayama, Y. Katakura, K. Otsubo, S. Morisawa, H. Hayashi, Y. Ishii, S. Shirahata, N. Takasu, T. Asawa, I. Komiya, Y. Nagasawa and T. Yamada, "Electrolyzed and natural reduced water exhibit insulin-like activity on glucose uptake into muscle cells and adipocyte. In: *Animal Cell Technology: Products from Cells, Cells as Products*, (ed. by A. Bernard *et al.*), pp.425-427, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [22] S. Toyokuni, K. Okamoto and H. Hiai, "Persistent oxidative stress in cancer", *FEBS Lett.*, 358, 1-3, 1995.
- [23] S. Shirahata, T. Nishimura, S. Kabayama, D. Aki, K. Teruya, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Ishii, Z. Gadek and Y. Katakura, "Anti-oxidative water improves diabetes. In: *Animal Cell Technology: from target to market* (ed. by E. Lindner-Olsson *et al.*), pp.574-577, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 2001.

박 혜 린(Hye-Rin Park)

[정회원]



- 2004년 2월 : 순천향대학교 생명과학부 (이학사)

김 윤 경(Yoon-Kyoung Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 순천향대학교 유전공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 순천향대학교 생명공학 전공 (공학석사)
- 2005년 2월 : 순천향대학교 생명공학 전공 (이학박사)
- 2005년 3월~현재 : 순천향대학교 생명과학부 박사 후 과정

<관심분야>

프로테움, 단백질 정제, 전리수

류 근 컬(Kun-Kul Ryou)

[정회원]



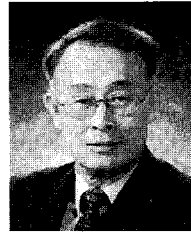
- 1976년 2월 : 서울대학교 금속공학과 (공학사)
- 1978년 2월 : 한국과학원 재료공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 오레곤 과학기술대학원 재료공학과(공학박사)
- 1998년 3월~현재 : 순천향대학교 신소재공학과 부교수

<관심분야>

디스플레이, 반도체, MEMS, 전리수 응용

이 윤 배(Yoon-Bae Lee)

[정회원]



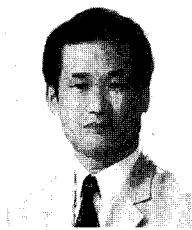
- 1971년 2월 : 서울대학교 화학과 (이학사)
- 1973년 2월 : 서울대학교 대학원 화학과 (이학석사)
- 1984년 9월 : Temple University 화학과(Ph.D.)
- 1990년 3월~현재 : 순천향대학교 나노화학공학과 교수

<관심분야>

유기합성, 고분자합성, 청정공학, 고분자 재활용.

이 종 권(Jong-Kwon Lee)

[정회원]



- 1977년 2월 : 서울대학교 금속공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : 한국과학원 재료공학과 (공학석사)
- 1986년 3월 : 오하이오주립대학교 재료공학과(공학박사)
- 1992년 3월~현재 : 순천향대학교 재료공학과 교수

<관심분야>

표면공학, 부식 및 방지

이 미 영(Mi-Young Lee)

[정회원]



- 1985년 2월 : 연세대학교 생화학과 (이학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 생화학과 (이학석사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 생화학과 (이학박사)
- 1992년 3월~현재 : 순천향대학교 생명과학부 교수

<관심분야>

단백질공학, 다이옥신유전체학, 기능성효소