

산성전리수의 생물학적 특성

김윤경 · 민병술 · 민중기 · 이종권¹ · 이윤배¹ · 류근걸¹ · 이미영*

순천향대학교 생명과학부, ¹순천향대학교 신소재화학공학부

Biological Characteristics of Anodic Electrolyzed Water

Yoon Kyoung Kim, Byoung Sul Min, Joong Kee Min, Jong Kwon Lee¹,
Yoon Bae Lee¹, Kun Kul Ryoo¹ and Mi Young Lee*

*Division of Life Sciences & ¹Division of Material and Chemical Engineering,
Soonchunhyang University, Asan PO Box 97, Chungnam, 336-600, Korea*

Abstract - Biological characteristics of anodic electrolyzed water were investigated in this study. Linear DNAs which were incubated at 4°C and 25°C for 10 mins in the anodic electrolyzed water were degraded about 40% and 50%, respectively. But the DNA was amplified pretty well without any degradation through polymerase chain reaction in the presence of anodic electrolyzed water. Protein degradation hardly occurred in the distilled water during entire incubation time of 7 days, while protein began to be degraded from 4 days in the anodic electrolyzed water. Rice seeds could germinate in the distilled water and anodic electrolyzed water with the same germination ratio, however, the anodic electrolyzed water inhibited the growth of roots and total length of rice seedlings in the soil. Anodic electrolyzed water did not affect the growth curve and cell number of marine alga significantly. The anodic electrolyzed water inhibited the browning of potato by inactivating 50% of polyphenol oxidase activity.

Key words : anodic electrolyzed water, biological characteristics, DNA, protein, cell growth

서 론

산업현장의 세정과 공정단계에서 불가피하게 사용되는 다량의 산과 알칼리 및 계면활성제는 수질오염의 원인물질이 되고 있다. 또한 질소와 인을 포함한 유출수는 호수와 하천의 부영양화를 가속시킬 수 있으며, 처리된 유출

수내의 질소농도가 높을 경우 질소부하를 높여서 용존산소를 거의 다 소모하게 되고(양상현 1990; 김동민 등 2001), 수중생물에 독성을 유발할 뿐만 아니라 염소소독의 효율에 영향을 주게 된다. 이로 인해 환경오염뿐만 아니라 공공 보건상의 위해를 야기한다. 따라서 기존의 화학물질을 사용하는 공정기술 대신 환경친화적이면서도 경제적인 청정기술의 개발이 절실히 요구되고 있다(박원훈 1998).

최근 전리수(electrolyzed water)가 환경친화적인 신개

*Corresponding author: Mi-Young Lee,
Tel. & Fax.+82-041-530-1355, E-mail. miyoung@sch.ac.kr

님의 물로 새롭게 소개되고 있다. 물에 직류전압을 가하면 이온의 이동에 의해 pH를 변화시킬 수 있는 전리수를 만들 수 있다. 양극에서 생성되는 물은 H⁺ 이온의 증가로 pH가 감소되며, 산화·환원전위 (oxidation-reduction potential, ORP)가 증가되어 강한 산화성 상태가 되고, 음극에서는 OH⁻ 이온의 증가로 pH가 상승하여 환원성 상태가 된다. 전리수의 ORP는 다른 수용액보다 매우 강한 pH 의존성을 나타내고 있다(Ryoo *et al.* 2002). 일반적으로 pH 2인 전리수의 ORP는 +1200 mV의 높은 산화전위를 나타내고 있는 반면 산성수용액의 경우 +600 mV 정도의 ORP를 나타낸다. pH 11의 전리수의 ORP는 -850 mV의 환원전위를 가지고 있으나, 알칼리성 수용액의 경우 +20 mV를 나타내고 있다. 전리수를 산업공정에서 사용할 경우, 기존의 알칼리나 산을 사용하는 것보다 오염물을 배출하지 않으며 사용 후 일정시간이 지나면 자연수로 환원될 뿐만 아니라 제조원가도 저렴하여 환경 친화적인 측면에서 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 매우 유리하게 된다.

최근 산성전리수의 강력한 항균력이 보고되고 있으며(Takahashi *et al.* 1999; Miyamoto *et al.* 1999; Nakao *et al.* 2000; Fabrizio and Cutter 2003), 산성전리수를 사용하여 식중독 유발균 뿐만 아니라 농작물의 병원균을 제어할 수 있다고 보고되었다(Fujiwara *et al.* 1998; Bari *et al.* 2003; Kim *et al.* 2003). 이러한 결과를 바탕으로 하여 산성전리수의 공중위생 향상을 위한 소독제로의 가능성 또한 제안되었다(Doi *et al.* 1998; Sharma and Demirci 2003). 실용적인 측면에서 산성전리수는 치과용 의료장비의 소독에 매우 효과적으로 사용될 수 있었는데(Williams *et al.* 1996; Barbeau *et al.* 1996; Araki *et al.* 2000), 산성전리수는 아주 짧은 시간내에 살균력을 나타낼 뿐만 아니라(Shimizu and Furusawa 1993; Abe 1999), 사람의 구강세포에도 전혀 해가 없다고 보고되었다(Mori *et al.* 1997). 뿐만 아니라 산성전리수는 식물 호르몬인 에틸렌을 포함하여 각종 유기물을 분해할 수 있다고 보고되기도 했다(Kazuo and Keilo 2003). 산성전리수가 가지고 있는 강력한 항균력의 기전에 대해서는 아직 자세히 연구되어 있지 않으나 전리수의 높은 산화·환원전위가 항균력의 원인 중의 하나일 것으로 추측되고 있다. 뿐만 아니라 산성전리수는 순간적으로 미생물을 사멸시키게 되므로 내성균을 생성하지 않는 특성을 가지고 있다(Miyamoto *et al.* 1999; Takahashi *et al.* 1999; Nakao *et al.* 2000; Fabrizio and Cutter 2003). 이에 비하여 환원 전리수는 세포성장을 촉진시킬 뿐만 아니라 활성산소를 제거할 수 있는 항산화력을 가지고 있다고 보고되었다(Shirahata *et al.* 1997).

전리수에 대한 생물학적 연구는 최근 주로 항균력을 중심으로 시작되어 왔기 때문에, 아직 산성전리수가 생물체에 어떠한 영향을 미치는지 기초적인 수준에서의 연구조차도 되어있지 않은 실정이다. 그러나 전리수의 특성상 ORP조절을 통하여 표면장력을 조절하게 되면 장치표면과의 부착력을 다양하게 조절할 수 있게 되므로(강병두 2001; Ryoo *et al.* 2002), 전리수를 생명공학 기술분야의 세정액으로 사용할 수 있게 된다. DNA, RNA 및 단백질 등의 생체물질을 막으로 이동시키거나 흡착시킬 경우 전리수를 사용하여 막과의 부착력을 조절할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 산성전리수가 생물체에 미치는 일반적인 특성을 살펴보고, 또한 산성전리수가 DNA와 단백질의 분해에 미치는 영향을 살펴보고, 산성전리수가 세포에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다.

재료 및 방법

1. 산성전리수의 제조

전리수제조를 위하여 마이크로뱅크사(Electrolyzed water second generation)의 Redox-water 생성기를 사용하였고, 전리수 제조장치에 사용된 물은 증류와 역삼투압(Reverse Osmosis, RO)을 거쳐 제조되는 최종 3차수의 초순수(Deionized water, DIW)였다. 본 실험에서는 pH가 2.5~2.7, ORP는 1,100~1,200 mV가 유지되게 제조한 산성 전리수를 사용하였다.

2. 산성전리수가 DNA 분해에 미치는 영향

*E. coli*의 plasmid DNA를 알칼리 분해법으로 추출하였다. 추출한 plasmid DNA를 제한효소 Apa 1으로 37°C에서 1시간 동안 반응시켜 절단하였다. DNA 절단 반응에 사용된 제한효소 Apa 1을 phenol/chloroform 추출법으로 제거한 후 agarose 전기영동으로 절단된 DNA가 단일의 직선형 DNA인지를 확인하였다. 이 직선형 DNA를 멸균한 3차 증류수와 전리수에 녹여 4°C와 25°C에서 각각 반응시켰다. 반응종료 후 agarose 전기영동을 실행하여 증류수에서와 전리수에서의 DNA의 분해 정도를 서로 비교하였다.

3. 산성전리수가 DNA 증폭반응 (polymerase chain reaction, PCR)에 미치는 영향

Histone deacetylase DNA를 PCR 반응에 의하여 증폭할 때 기존의 반응액에 사용되던 고순도의 멸균 증류수

대신 전리수를 첨가하여 증폭된 DNA의 양과 패턴을 비교하였다. PCR의 증폭조건은 incubation 94°C 3분, 30 사이클의 증폭반응(denaturation 94°C 1분, annealing 55°C 1분, elongation 72°C 1분), final extension 72°C 5분으로 하였다. 이때 사용된 DNA primer로는 antisense primer가 5'-CTCGAGGGGTTCCAGTCTCTATGTTTCAGA-3'였고, sense primer가 5'-CCATATGGTTGCACCAAGTAACATGGAGA-3'였다. DNA의 크기를 측정하기 위한 마커로는 100 bp DNA (2,000, 1,600, 1,000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100 bp) ladder와 1 Kb DNA (10.2, 8.029, 5.991, 5.007, 4.025, 2.961, 2, 1.610/1.6, 1/0.982, 0.5 Kb) ladder를 사용하였다.

4. 산성전리수가 단백질 분해에 미치는 영향

산성전리수가 단백질 분해에 대한 영향을 알아보기 위하여 bovine serum albumin (BSA)을 전리수에 녹인 후 4°C와 25°C에서 10분, 4일, 7일 동안 반응시킨 후 단백질의 분해여부를 살펴보았다. 전리수에 녹인 단백질을 SDS-polyacrylamide 전기영동법(Laemmli 1970)에 의하여 전개시킨 후 동일한 조건에서 증류수에 녹인 단백질의 분해결과와 비교하였다.

5. 산성전리수가 벼 종자의 발아와 유묘 생장에 미치는 영향

산성전리수가 벼씨(*Oryza sativa* cv. Dong-jin)의 발아에 대한 영향을 알아보기 위해서 동진 벼씨 100개씩을 각각 증류수와 산성전리수에서 40시간 동안 32°C의 압 조건에서 발아시킨 후 배측의 길이가 2mm 이상 되는 종자만을 취하여 발아율을 계산하였다. 발아 후 증류수로 만든 Hoagland's 배양액과 산성전리수로 만든 Hoagland's 배양액에서 7일 동안 유묘의 초기생장을 비교하였다. 뿐만 아니라 발아된 벼씨를 배양토에서 증류수로 8일간 일차적응시킨 후 13일 동안 각각 증류수와 산성전리수를 배양토에 가하여 산성전리수가 배양토에서 벼 유묘의 길이생장에 미치는 영향을 살펴보았다.

6. 산성전리수가 미세조류의 성장에 미치는 영향

미세조류의 성장배지로는 *f/2*배지를 사용하였다(Guillard and Ryther 1962). 평균한 증류수, 평균한 산성전리수 및 평균하지 않은 산성전리수를 각각 사용하여 0.5 M NaCl을 만든 후 일반적인 *f/2*배지에서 사용되는 바닷물대신 0.5 M NaCl을 첨가하여 *f/2*배지를 제조하였다. 세 종류의 *f/2* 배지에서 해양미세조류인 *N. oculata*를 25°C에서 14일 동안 배양한 후 세포수를 측정하였다. 세

포수는 세포계수기를 사용하여 3회에 걸쳐 세포수를 센 뒤 평균과 표준편차를 구하였다.

7. 산성전리수에 의한 감자의 갈변억제 및 polyphenol oxidase 활성억제

산성전리수가 감자의 갈변반응에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 감자를 각각 산성전리수와 수돗물로 세척한 후 껍질을 벗기고 2×2×2cm의 크기로 자른 후 수돗물과 전리수에 각각 20분 동안 방치하였다. 수돗물과 전리수에 방치되었던 감자를 건조시킨 후 4°C에 보관하면서 24, 48, 72시간 간격으로 각각의 polyphenol oxidase의 활성을 측정하였다. 감자로부터 추출된 단백질은 Bradford법(Bradford 1976)을 사용하여 정량하였고, polyphenol oxidase 활성은 Zenin과 Park의 방법(Zenin and Park 1978)을 변형하여 측정하였다. Polyphenol oxidase의 활성측정을 위하여 0.1 M sodium phosphate (pH 6.5) 완충용액을 37°C를 유지시키면서 사용하였고, 10 mM catechol을 기질로 사용했다. 1 ml 석영큐벳에 37°C에서 안정화된 0.1 M sodium phosphate (pH 6.5) 완충용액과 기질을 넣은 후 효소액을 가하였다. 효소활성은 420 nm에서 흡광도의 증가로 측정하였다. 효소활성 측정시 동일한 실험을 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구하였다.

결과 및 고찰

1. 산성전리수가 DNA 분해에 미치는 영향

산성전리수가 시험관내에서 DNA 분해에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 평균한 3차 증류수에 녹인 DNA는 10분 후 전혀 분해되지 않았다. 그러나 산성전리수에 녹인 DNA는 10분 후 4°C에서는 약 40%의 DNA가 분해되었고, 25°C에서는 약 50%의 DNA가 분해되었다. 직선형 DNA를 각각 증류수와 산성전리수에서 1주일동안 반응시켰을 때, 산성전리수에서는 DNA가 완전히 분해되었으나 증류수에서는 거의 분해가 되지 않았다. 이러한 결과는 산성전리수가 시험관내에서 DNA의 분해를 유발시킨다는 사실을 보여주고 있다. 그러나 환원성 ORP를 가지고 있는 알칼리 전리수의 경우 오히려 항산화제로 작용하여 DNA 분해를 억제한다고 보고된 바 있다(Shirahata *et al.* 1997).

2. 산성전리수가 DNA 증폭반응에 미치는 영향

각각 평균된 증류수와 산성전리수를 사용하여 DNA 증

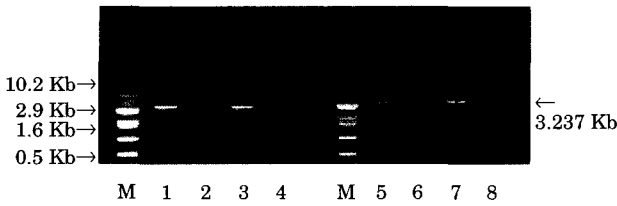


Fig. 1. Effects of anodic electrolyzed water (AEW) on the DNA degradation. Lane M: 1 Kb DNA ladder; lane 1 and 3: DNA in distilled water for 10 min at 25°C and 4°C, respectively; lane 2 and 4: DNA in AEW for 10 min at 25°C and 4°C, respectively, lane 5 and 7: DNA in distilled water for 7 days at 25°C and 4°C, respectively, lane 6 and 8: DNA in AEW for 7 days at 25°C and 4°C, respectively.

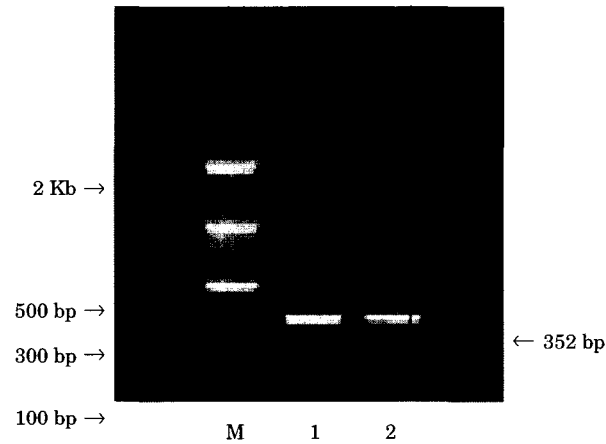


Fig. 2. Effects of anodic electrolyzed water on the DNA polymerase chain reaction. Lane M: 100 bp DNA ladder; lane 1: amplified DNA in distilled water; lane 2: amplified DNA in anodic electrolyzed water.

폭 반응액을 제조한 후 histone deacetylase 유전자를 증폭시켜 보았다. 그 결과 고압멸균된 증류수와 산성전리수를 사용한 두 종류 반응 모두에서 352 bp의 원하는 유전자가 정상적으로 증폭되었다 (Fig. 2). 이러한 결과는 일반적으로 유전자 증폭반응에 사용하는 고순도의 고압멸균 증류수 대신 산성전리수를 사용해도 DNA가 효율적으로 증폭될 수 있음을 보여준다. 산성전리수는 PCR 반응같은 고온반응에서는 DNA 분해를 일으키지 않았을 뿐만 아니라 DNA 증폭반응도 억제하지 않았다. 전리수는 제조과정에서 전기분해 조건을 변화시켜서 산화환원전위 및 전리수의 성질을 다양하게 변화시킬 수 있다 (Ryoo *et al.* 2002). 따라서 친수성 혹은 친기성 등의 표면상태를 조절할 수 있게 되므로 미세한 구조 및 반응물의 처리를

용이하게 할 수 있다 (강병두 2001). 특히 장치 반응 표면에 세포들이 불필요하게 부착되는 것을 최소화 할 수 있어 산성전리수를 의료생명공학 기술분야의 세정제로 개발하려는 시도가 진행 중이다 (김윤경 등 2003; 김봉석 등 2003). 따라서 이미 항균력을 가지고 있다고 밝혀진 산성 전리수가 (이미영 등 2003) DNA 증폭반응을 정상적으로 수행할 수 있다는 본 결과는 산성전리수를 생명공학 기술분야의 세정제로 개발할 수 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

3. 산성전리수가 식물 종자 발아와 세포 성장에 미치는 영향

각각 100개씩의 벼 종자에 대하여 증류수와 산성전리수를 처리하여 발아율을 조사한 결과 증류수에서는 99%, 산성전리수에서는 98%의 벼 종자가 발아되어 유의적인 차이를 발견할 수 없었다 (Fig. 3A). 발아율 뿐만 아니라 외형상의 특이한 차이점도 관찰할 수 없었다. 발아된 벼

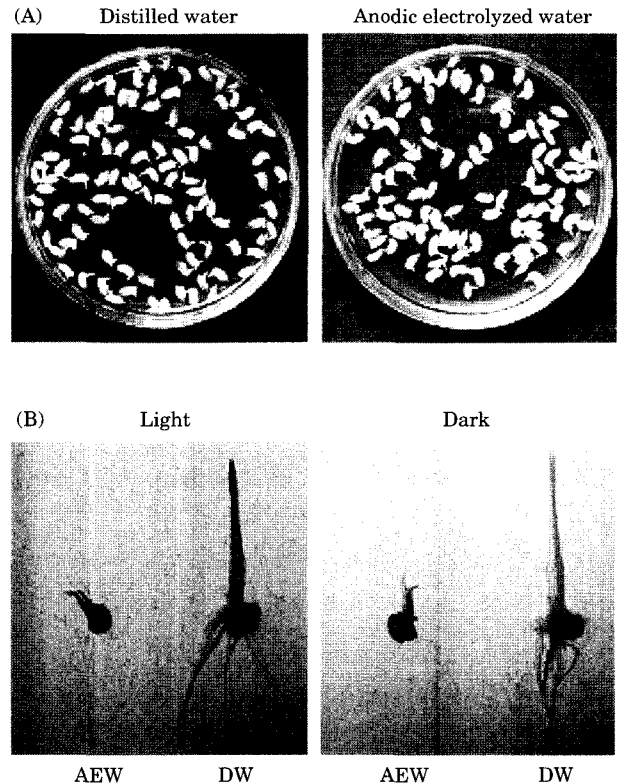


Fig. 3. Effects of anodic electrolyzed water on the germination and growth of rice seedlings. (A) Germinated seeds in distilled water and anodic electrolyzed water (B) Comparison of the rice seedlings grown for 7 days in distilled water and anodic electrolyzed water.

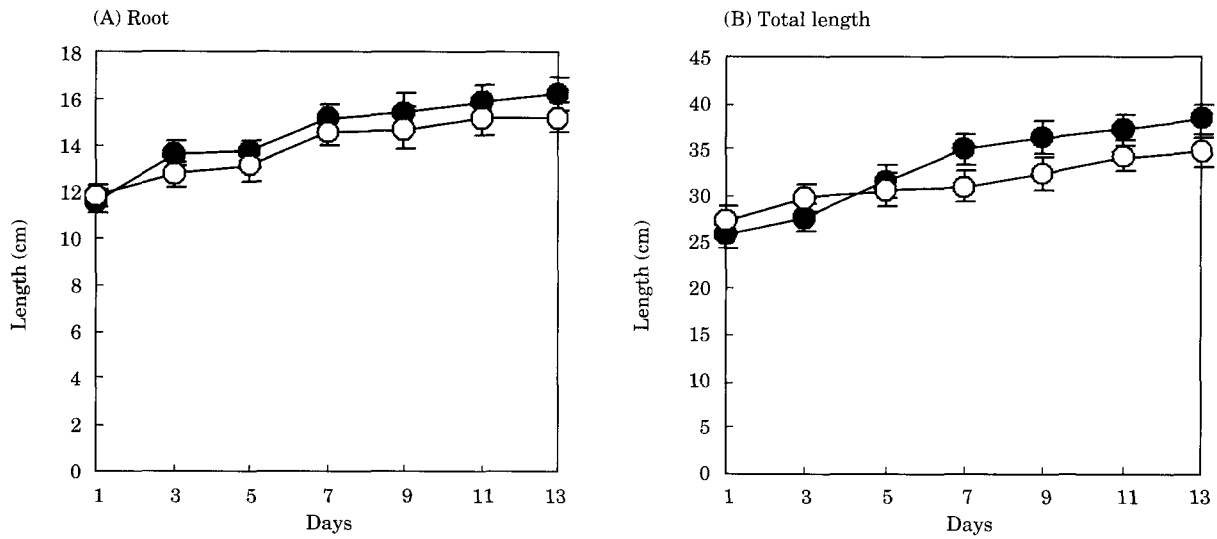


Fig. 4. Effects of anodic electrolyzed water on the growth of root (A) and total length (B) of rice seedlings in the soil for 13days. —●—: distilled water; —○—: anodic electrolyzed water

씨를 증류수로 제조한 Hoagland's 배양액과 산성전리수로 제조한 Hoagland's 배양액에서 명조조건과 암조조건으로 나누어 7일간 성장시켜 본 결과, 증류수로 제조한 Hoagland's 배양액에서는 벼 유묘가 정상적으로 성장하였으나, 전리수로 제조한 Hoagland's 배양액에서는 벼 유묘가 거의 자라지 못했을 뿐만 아니라 유묘 잎의 말단이 휘어지는 현상을 나타냈다 (Fig. 3B). Fig. 4에서는 발아 후 증류수로 일차성장시킨 후 각각 증류수와 산성전리수를 사용하여 배양토에서 13일 동안 키운 벼 유묘의 뿌리와 총길이를 측정하였다. 그 결과 산성전리수로 성장시킨 벼 유묘의 뿌리는 증류수로 키운 벼 유묘의 뿌리보다 총 배양기간 동안 약 5% 짧았다. 뿐만 아니라 총길이도 증류수에서 성장시킨 길이보다 약 9% 짧았다. 이러한 결과는 산성전리수가 벼 유묘의 길이생장을 억제함을 보여준다.

4. 산성전리수가 단백질 분해에 미치는 영향

산성전리수가 단백질분해에 미치는 영향을 알아보기 위하여 단백질을 일정시간 동안 산성전리수와 반응시킨 후 분석한 결과 (Fig. 5), 산성전리수에 용해된 bovine serum albumin은 4일이 지나면서부터 단백질의 분해가 일어나기 시작하였고, 제 7일에서는 그 분해 정도가 확연하게 나타났다. 소단위체의 분자량이 약 66 kDa인 bovine serum albumin이 분해되기 시작하면서 약 58 kDa의 단백질 조각이 잘려져서 생성되고 있음을 알 수 있다 (Fig. 5). 이에 비해 증류수에 녹여져 있던 bovine serum albumin은 전 반응시간동안 거의 분해가 되지 않았다. 이러한 결과는 전리수가 *in vitro*에서 단백질의 변

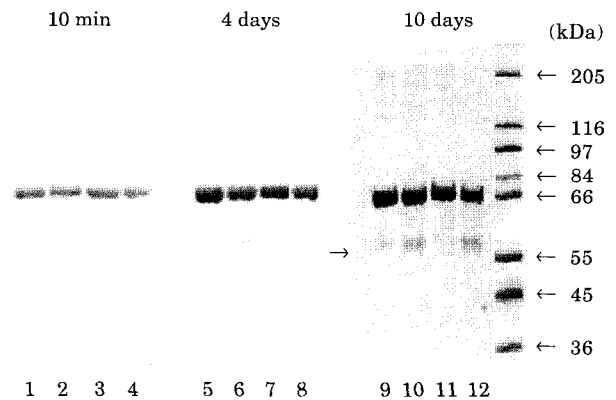


Fig. 5. Time course of bovine serum albumin degradation. Lane 1, 5, 9: at 4°C in distilled water; lane 2, 6, 10: at 4°C in anodic electrolyzed water; lane 3, 7, 11: at 25°C in distilled water; lane 4, 8, 12: at 25°C in anodic electrolyzed water; markers: myosin (205 kDa), β-galactosidase (116 kDa), phosphorylase b (97 kDa), fructose-6-phosphate kinase (84 kDa), albumin (66 kDa), glutamic dehydrogenase (55 kDa), ovalbumin (45 kDa), glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (36 kDa)

성 또는 분해를 유발할 수 있음을 보여준다. 장시간 동안의 전리수에의 노출은 동물 조직세포이나 단백질 등의 생체물질을 변성시킬 수 있을 것으로 생각된다.

5. 산성전리수가 미세조류의 성장에 미치는 영향

산성전리수가 해양 미세조류 (*Nannochloropsis ocula-*

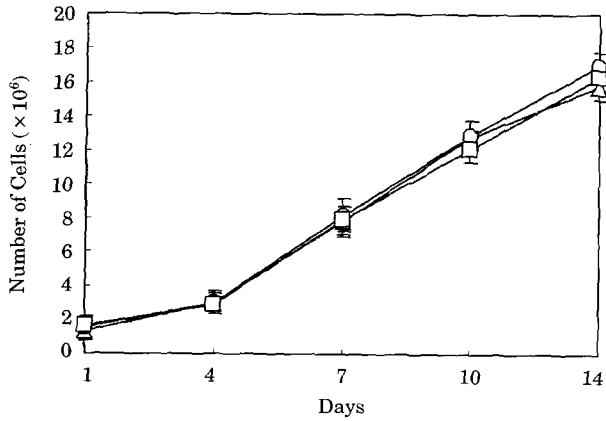


Fig. 6. Effects of anodic electrolyzed water on the growth of microalga.

- △- : autoclaved distilled water;
- : autoclaved electrolyzed water;
- : unautoclaved electrolyzed water

ta)의 성장에 미치는 영향을 살펴보았다(Fig. 6). 고압균한 증류수군과 고압멸균한 산성전리수군 및 산성전리수군 모두에서 세포성장곡선의 형태와 세포수의 차이를 거의 발견할 수 없었다. 뿐만 아니라 고압멸균 과정을 거치지 않고 그대로 사용한 산성전리수군에서도 세균의 감염이 전혀 일어나지 않았다. 이러한 결과는 산성전리수의 강력한 살균력에 기인하는 것으로 생각된다. 앞으로 산성전리수를 사용한다면 별도의 멸균과정없이 미세조류 배양용 배지를 제조할 수 있을 것으로 보인다.

6. 산성전리수에 의한 감자의 갈변억제와 polyphenol oxidase 활성억제

산성전리수가 감자의 갈변에 미치는 영향을 조사한 결과, 전리수로 세척한 감자에서는 거의 갈변이 일어나지 않았으나 수돗물로 세척한 감자에서는 빠르고 심각한 갈변현상을 관찰할 수 있었다(Fig. 7A). 식품의 갈변반응에는 효소적 갈변반응과 비효소적 갈변반응이 있다. 효소적 갈변반응은 페놀성물질을 함유한 식품들이 polyphenol oxidase에 의해 산화되어 quinone을 형성하고 이들이 비효소적으로 중합하여 갈색물질인 melanoidine을 생성하는 반응이다. 이에 비해 비효소적 갈변반응은 Maillard reaction, 즉 aminocarbonyl 반응과 caramelization, 탄닌의 비효소적 갈변, 아스코르빈산의 산화에 의한 갈변 등이 있다 (Kwon and Kim 1996). Fig. 7B에서는 효소적 갈변현상의 원인효소인 polyphenol oxidase의 활성을 측정하였다. 그 결과 산성전리수로 세척한 감자의 polyphenol oxidase의 비활성이 수돗물로 세척한 감자의 효소활성보

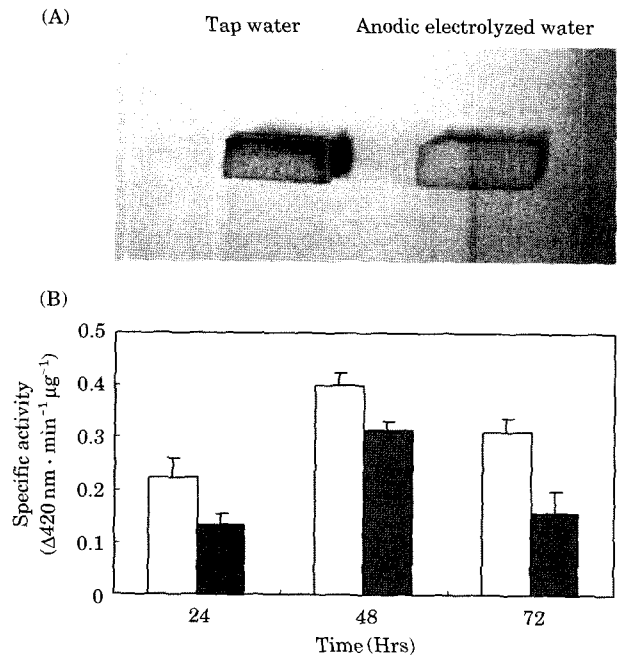


Fig. 7. Effects of anodic electrolyzed water on the enzymatic browning of potato. (A) Inhibitory effect of anodic electrolyzed water on the browning of potato (B) Specific activities of polyphenol oxidase in potato incubated with anodic electrolyzed water and tap water. □ : tap water; ■ : anodic electrolyzed water

다 전 반응시간에 걸쳐서 현저히 낮았다. 특히 72시간 동안 방치한 감자의 경우 산성전리수로 세척한 감자의 비활성이 수돗물로 세척한 감자의 비활성보다 약 50% 낮았다. 산성전리수가 감자내의 polyphenol oxidase의 활성을 억제함으로써 갈변을 억제한 것으로 추측할 수 있다. 이러한 결과는 산성전리수를 효과적인 갈변억제제로 사용할 수 있을 가능성을 보여주기도 한다.

적 요

본 연구에서는 산성전리수의 일반적인 생물학적 특성을 간략히 살펴보았다. 직선형 DNA를 산성전리수에서 4°C와 25°C에서 약 10분간 반응시킨 결과 각각 40%와 50%의 DNA가 분해되었다. 그러나 산성전리수를 사용한 고온에서의 DNA 증폭반응 실험에서 DNA 분해없이 정상적으로 DNA 증폭반응이 일어났다. 산성전리수가 단백질의 안정도에 미치는 영향을 살펴본 결과 증류수에서는 총 7일동안의 반응시간동안 단백질의 분해가 거의 일어나지 않았으나, 산성전리수에서는 제4일에서부터 단백질

의 분해가 본격적으로 일어나기 시작하였다. 산성전리수에서 범씨를 받아시켜 본 결과 증류수에서의 동일한 발아율을 나타냈으며, 산성전리수는 배양토에서 벼 유묘의 뿌리의 길이와 총 길이를 억제시켰다. 산성전리수는 해양미세조류의 성장곡선과 세포수에는 거의 영향을 미치지 않았다. 또한 산성전리수는 polyphenol oxidase의 비활성을 약 50% 억제시킴으로써 감자의 갈변을 억제하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업(류근걸: N10302000029-03J0000-01710) 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 강병두. 2001. 환경친화적 전리수를 이용한 반도체 세정 연구. 순천향대학교 석사학위논문. pp 21-23.
- 김동민. 2001. 폐수처리공학. pp 173-174, pp 183-192.
- 김봉석, 김우혁, 이미영, 이윤배, 이종권, 류근걸. 2003. FT-IR을 이용한 TFT-LCD 제작 공정에서의 PR잔류농도 분석. 추계 한국청정기술학회 학술발표회 논문집. pp 234-237.
- 김윤경, 민병술, 이윤배, 이종권, 류근걸, 이미영. 2003. 산성전리수가 DNA와 세포성장애 미치는 영향. 추계 한국청정기술학회 학술발표회 논문집. pp 64-67.
- 이미영, 박혜린, 김인걸, 주한승, 이종권, 이윤배, 류근걸. 2003. 산성전리수에 의한 미생물제어. 추계 한국청정기술학회 학술발표회 논문집. pp 220-222.
- 박원훈. 1998. 청정기술의 현황과 전망. 한국과학기술연구원.
- 양상현. 1990. 상하수도 공학. pp 267-269.
- Abe S. 1999. Available chlorine concentration, pH and oxidation-reduction potential of high oxidation potential water and bactericidal effects. Jpn. J. Conserv. Dent. 42:964-974.
- Araki K, K Usui, Y Maikuma and N Kurosaki. 2000. Bacterial contamination of dental unit water line. Jpn. J. Conserv. Dent. 43:16-22.
- Barbeau J, R Tanguay, E Faucher, C Avezard, L Trudel, L Cote and AP Prevost. 1996. Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. Appl. Environ. Microbiol. 62:3954-3959.
- Bari ML, E Nazuka, Y Sabina, S Todoriki and K Isshiki. 2003. Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, radish, and mung bean seeds. J. Food Prot. 66:767-74.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-254.
- Doi T, R Kato and M Tomita. 1998. Use of sterilized electrolyzed water in food sanitation systems. Foods and Food Ingredients J. (in Japanese) 177:27-34.
- Fabrizio KA and CN Cutter. 2003. Stability of electrolyzed oxidizing water and its efficacy against cell suspensions of *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. J. Food. Prot. 66:1279-1284.
- Fujiwara K, M Iimoto and M Fujiwara. 1998. Fundamental studies on crop disease control by spraying electrolyzed strongly acidic water. Environ. Control in Biol. (in Japanese) 36:137-143.
- Guillard RRL and JH Ryther. 1962. Studies of marine planktonic diatome. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve). Can. J. Microbiol. 8: 229-239.
- Kazuo H and Y Keiko. 2003. Decomposition of ethylene, a flower-senescence hormone, with electrolyzed anode water. Biosci. Biotechnol. Biochem. 67:790-796.
- Kim C, YC Hung, RE Brackett and CS Lin. 2003. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. J. Food Prot. 66:208-214.
- Kwon DY and WY Kim. 1996. Purification of the glycosylated polyphenol oxidase from potato tuber. J. Biochem. Mol. Biol. 29:163-168.
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature 227:680-685.
- Miyamoto M, K Inoue and Y Gu. 1999. Effectiveness of acidic oxidative potential water in preventing bacterial infection in islet transplantation. Cell Transplantation 8:405-411.
- Mori Y, S Komatsu and Y Hata. 1997. Toxicity of electrolyzed strong acid aqueous solution-subacute toxicity test and effect on oral tissue in rats. Odontology 84: 619-626.
- Nakao M, K Yokota, K Oguma and K Takai. 2000. Bacteriocidal effect of electrolyzed node water on *Helicobacter pylori*. Kansensyogaku Zasshi (in Japanese) 74:120-127.
- Ryoo KK, B Kang and S Sumida. 2002. Electrolyzed water as an alternative for environmentally-benign semiconductor cleaning. Materi. Res. Soc. 17:1298-1304.
- Sharma RR and A Demirci. 2003. Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water. Int. J. Food Microbiol. 15: 231-237.
- Shimizu Y and T Furusawa. 1993. Killing action of virus, bacteria and fungus by oxidative potential water induced by electrolysis. J. Dent. Med. 37:1055-1060.
- Shirahata S, S Kabayama, M Nakano, T Miura, K Kusumoto,

- M Gotoh, H Hayashi, S Otsubo, S Morisawa and Y Katakura. 1997. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage. *Biochem. Bioph. Res. Co.* 234:269-274.
- Takahashi K, M Arita, K Takai and Y Kanemasa. 1999. Study on the bacteriocidal effect of a slightly alkaline electrolyzed solution. *Kankyo Kal en (in Japanese)* 14: 136-140.
- Williams JF, N Andrews and JI Santiago. 1996. Microbial contamination of dental unit waterlines: current preventive measures and emerging option. *Compendium* 17:691-709.
- Zenin CT and YK Park. 1978. Isoenzymes of polyphenol oxidase from high L-Dopa containing velvet bean. *J. Food Sci.* 43:646.

Manuscript Received: January 28, 2004

Revision Accepted: May 20, 2004

Responsible Editorial Member: Kap Joo Park
(Konkuk Univ.)