

전해 산화수의 채소류 표면 살균 효과

정승원 · 박기재 · 박경조* · 박병인* · 김영호
한국식품개발연구원, *(주)보인인터내셔널

Surface Sterilization Effect of Electrolyzed Acid-water on Vegetable

Sung-Won Jung, Kee-Jai Park, Kyung-Jo Park*, Byoung-In Park* and Young-Ho Kim
Korea Food Research Institute
*Boin International Co.

Abstract

The influence of electrolyzed acid-water (oxidation-reduction potential (ORP): above 1,150 mV, pH : 2.5) on the survival of some microorganisms was investigated. It was observed that the ORP of electrolyzed acid-water was kept at the level of above 1,000 mV for 15 days at room temperature. *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus* and *Saccharomyces cerevisiae* were not detected after 10 to 40 min in electrolyzed acid-water. However, *Bacillus cereus* showed higher tolerance to electrolyzed acid-water than other test microorganisms. After 60 min of inoculation, only 0.4% of initial population remained. The investigation of surface sterilization effect on some vegetables was carried out too. Total count of cabbage, Chinese cabbage and kale were reduced to below 3% of initial count, and no coliform was detected after 20 to 60 min of immersion in 5 volumes of electrolyzed acid-water. In the lettuce, total and coliform counts were reduced to 90% and 2% of initial population. This study shows that the electrolyzed acid-water has a potential for the sterilization of food products such as vegetables and fruits which cannot be thermally sterilized.

Key words: electrolyzed acid-water, surface sterilization, microorganism

서 론

채소류는 재배에서 수확시까지 미생물을 비롯한 각종 오염원에 의한 표면 오염이 문제가 되고 있으며, 특히 미생물 오염은 신선 채소류의 품질저하 뿐만 아니라 인체에 미치는 위해적인 측면이 크기 때문에 이들에 대한 효율적인 성장 억제 및 살균 방법이 필요하다.

신선한 채소 잎에는 대략 $10^4 \sim 10^6$ CFU/g의 총균수, 10^3 CFU/g의 품질열화 관련 미생물 및 $10^1 \sim 10^3$ CFU/g의 fluorescent pseudomonas, 부패균 등이 존재하는 것으로 보고되고 있는데⁽¹⁾, 채소류의 생물 특성상 기존의 가열살균과 같은 가혹조건에서의 살균처리가 어려울 뿐만 아니라 화학합성 살균제 이용은 인체유해성 등으로 사용범위에 많은 제한을 받기 때문에 새로운 살균 방법의 개발이 요구되고 있다. 이미 외국에서는 선도

에 영향을 미치지 않고 인체에 무해한 살균효과를 가지는 살균기술의 개발에 주력하고 있으며, 청과물 유통 등에 부분적으로 적용하여 품질의 고급화를 도모하고 있는 실정을 감안할 때, 우리의 현실에 적합한 신선 채소류의 표면살균기술의 개발은 매우 시급하다.

근래에 들어 전기분해 처리, 자기 처리, 전장 처리, 근적외선 처리 등과 각종 기능수를 이용한 수처리 방법에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 식품가공, 식물재배, 의약 등에 대한 전해 산화수의 광범위한 응용과 접근이 시도되고 있다^(2,3).

전해 산화수란 물에 소량의 NaCl을 첨가, 전기분해하여 얻어지는 산화환원 전위차 1,000 mV 이상의 강 산성수로서 살균력 및 세정효과가 뛰어난 기능수를 말한다. 전해 산화수의 명확한 살균기작은 아직 밝혀져 있지 않으나 산화환원 전위차(1,000 mV 이상), 용존 염소(10 ppm 이상) 및 활성 산소(0.05 ppm 이상) 등이 상대적으로 높거나 많기 때문인 것으로 생각되고 있으며^(4,7), 이러한 살균력에 근거하여 인체유해성

Corresponding author: Sung-Won Jung, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyunggi-do 463-420, Korea

논란의 소지가 많은 기존의 소독제 대체용으로 임상
에의 적용 가능성이 검토되고 있다.

전해 산화수는 강력한 살균력과 처리 대상 범위가
넓다는 점, 일반 화학약품과는 달리 유해한 잔유물이
거의 없다는 특징을 가지고 있다^(2,6). 이미 일본에서는
의료용, 식품제조용^(3,5) 등의 용도로 전해 산화수에 대
한 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 의료용에 관
한 일부 보고⁽⁶⁾가 있을 뿐, 식품관련 연구는 거의 없는
실정이다.

따라서 본 실험에서는 뛰어난 살균력을 가진 전해
산화수의 식품산업에의 이용 가능성을 검토하고자 배
추, 양배추, 케일 및 상치 등 신선 채소류를 대상으로
이미 알려진 위해미생물에 대한 실험실적 표면살균
효과를 살펴보았으며, 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

배추, 양배추, 케일 및 상치는 경기도 성남지역의 대
형 유통점에서 유통되고 있는 제품을 구입하여 사용
하였다.

전해 산화수 제조

실험에 사용한 전해 산화수는 염도 0.13%의 수도수
를 전해산화수 생성기(보인인터네셔널, Model : 아세
라 2000)로 전기분해하여 제조한 것으로 산화환원전
위 1100~1200 mV, pH 2.4~2.6 수준이었다.

산화환원전위 측정

산화환원전위력(oxidation-reduction potential)의 측
정은 ORP meter (Model : RM-12P, TOA Electronics,
Japan)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

사용균주 및 배지

전해 산화수의 미생물에 대한 영향을 알아보기 위해
공시 균주로 사용한 *E. coli* (ATCC 11775), *Salmonella*
typhi (KCTC 1925), *Staphylococcus aureus* (KCTC
1621), *Bacillus cereus* (ATCC 9634) 및 *Saccharomyces*
cerevisiae (IFO 0213)는 한국식품개발연구원에서 분양
받아 사용하였다. 한편, *E. coli* 선택 배지로는 Chromocult agar (Difco 사)를 사용하였고, *Salmonella typhi*
선택 배지는 MacConkey agar (Difco 사), *Staphylo-*
coccus aureus 선택 배지는 Baird-Parker agar (Difco 사), *Bacillus cereus*는 Nutrient medium (Difco 사)을, 그
리고 *Saccharomyces cerevisiae*는 Yeast & Mold agar

(Difco 사)를 사용하였다.

미생물 생육저해 효과

위해미생물인 *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus*
*aureus*와 *Bacillus cereus*, *Saccharomyces cerevisiae*의
전해 산화수에 의한 사멸 효과의 측정은 이들 공시 균
주를 37°C에서 24시간 배양한 후 전해 산화수 100 ml가
든 삼각플라스크에 배양액 1% (v/v)를 접종하여 37°C
incubator에서 배양하면서 배양 후 0분, 10분, 20분,
40분, 60분이 지나 각각 1 ml씩을 취하여 멸균생리식염
수로 단계회석한 다음 배지에 도말하였다. 도말한 배지
는 37°C에서 24시간 배양한 후 선택계수하여 배양시간
별 균수를 계수하였다. 대조구는 전해 산화수 대신 증
류수(371 mV, pH 6.72)를 사용한 것으로 하였다.

생채소류 표면살균효과는 사용한 시료의 생물중량
비 5배의 전해 산화수에서 0~60분간 침지하면서
homogenizer (日本精機製造社, Model : AM-1)로 분쇄
(500 rpm, 1분)하고 각각 1 ml를 취한 후 동일한 방법
으로 단계회석하고 배지에 도말, 배양하였다. 한편, 전
해 산화수 대신 수도수(541 mV, pH 6.23)를 사용하여
처리한 것을 대조구로 하였다.

결과 및 고찰

실온방치에 따른 전해 산화수의 산화환원전위 변화

실온에 방치된 전해 산화수의 산화환원전위 변화는

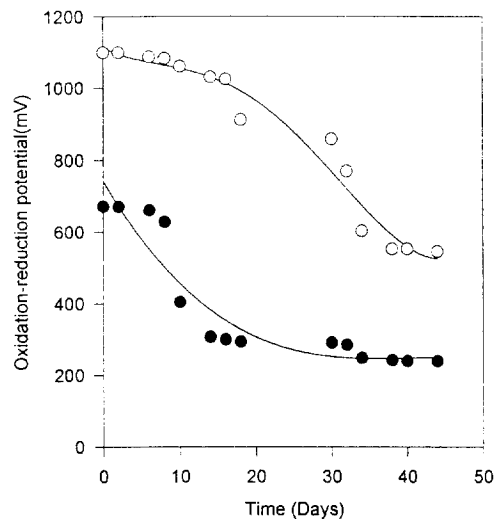


Fig. 1. Changes of oxidation-reduction potential in dis-
tilled water and electrolyzed acid-water at room tem-
perature ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed ac-
id-water

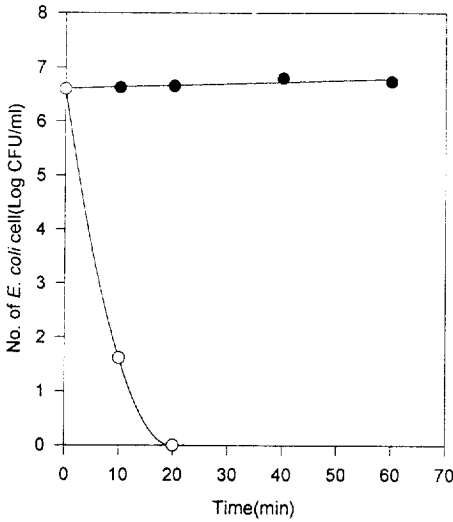


Fig. 2. Changes of number of *E. coli* cell in distilled water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed acid-water

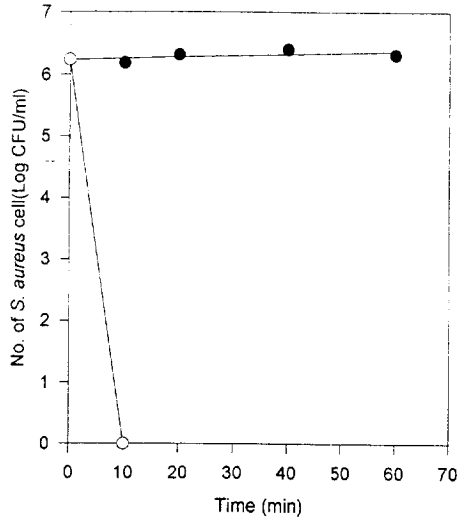


Fig. 3. Changes of number of *S. aureus* cell in distilled water and electrolyzed acid-water 25°C ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed acid-water

Fig. 1과 같다.

본 실험에서 사용한 전해 산화수는 제조 초기의 산화환원전위가 1,100 mV~1,200 mV 수준으로서, 증류수의 통상적인 산화환원전위인 600 mV 전후에 비하여 약 2배의 높은 전위차를 지니고 있었다. 이러한 전해 산화수를 실온에서 방치할 때 전위차 1,000 mV 이하를 나타낸 것은 16일 경과 후부터였으며, 증류수 제조 초기의 산화환원전위 수준인 600 mV에 도달한 것은 30일 방치 후였다. 전해 산화수의 살균력 중 일부가 상대적으로 높은 산화환원전위차에 기인한다는 점을 고려할 때⁽¹¹⁾ 실온에서 16일 방치하여도 산화환원전위차가 1,000 mV 전후의 수준을 유지하고 있어 전해 산화수의 산업적 이용 가능성을 암시해 주고 있다.

전해 산화수의 미생물 사멸효과

채소류 및 과일류에서 검출되는 총균수는 $10^4 \sim 10^7$ CFU/g이며, 이중 대장균군은 $10^2 \sim 10^4$ CFU/g, 효모는 10^2 CFU/g 그리고 *Bacillus* spp.는 $10^2 \sim 10^5$ CFU/g이 검출된다고 알려져 있다⁽¹⁾.

본 실험에서는 분변오염의 대표적인 위해미생물인 *Escherichia coli*와 부패균인 *Bacillus cereus*, *Saccharomyces cerevisiae* 및 식중독균인 *Salmonella typhi*, 그리고 인축 특히 작업자에 의해 오염 빈도가 높은 식중독균인 *Staphylococcus aureus*를 대상으로 전해 산화수의 사멸효과를 검토하였으며, 그 결과를 Fig. 2~6에 나타냈다.

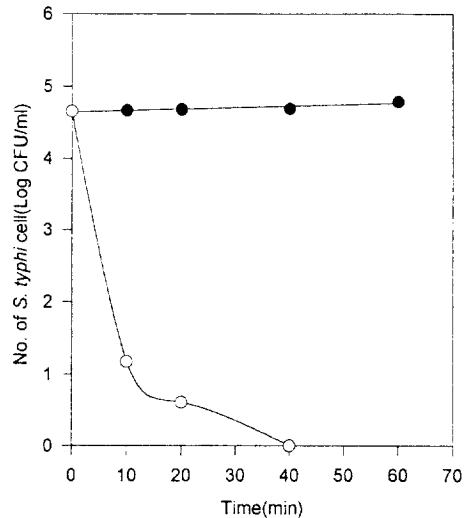


Fig. 4. Changes in number of *S. typhi* cell in distilled water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed acid-water

Fig. 2에서와 같이 *E. coli*의 경우 초기 4.0×10^6 CFU/ml를 나타냈는데, 전해 산화수를 20분간 처리할 경우 모두 사멸하였으나 증류수를 처리하였을 경우에는 시간이 경과함에 따라 큰 변화를 보이지않아 처리 시간 60분 후에는 약 5.5×10^6 CFU/ml의 수준을 보였다. 한편 초기 2.0×10^6 CFU/ml 수준을 보인 *S. aureus*는 전해 산화수 처리 10분 경과 후 모두 사멸하여

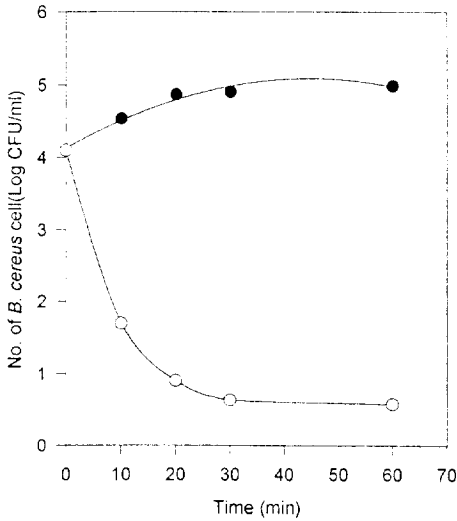


Fig. 5. Changes in number of *B. cereus* cell in distilled water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed acid-water

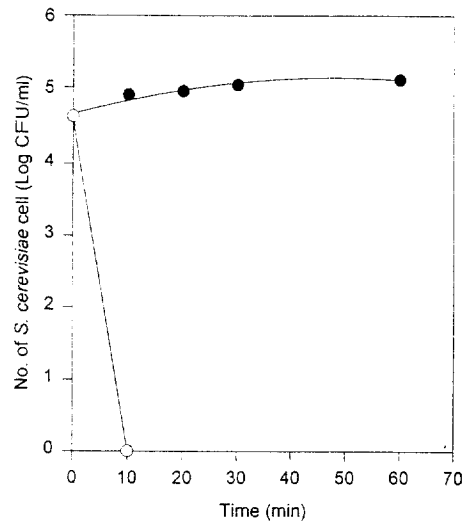


Fig. 6. Changes in number of *S. cerevisiae* cell in distilled water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Distilled water; ○—○, Electrolyzed acid-water

*E. coli*보다 살균 효과가 큰 것으로 나타났으며(Fig. 3), *S. typhi*는 완전히 사멸하기까지 약 40분이 소요되어 전해 산화수에 대한 저항력이 *E. coli*나 *S. aureus*에 비해 높은 것으로 나타났다(Fig. 4). 그러나 *B. cereus*는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 전해 산화수 처리에 의한 완전 사멸 효과는 보이지 않았으며, 60분 처리 후까지도 일부 생존하는 것으로 나타났다. 세균이 아닌 효모 *Saccharomyces cerevisiae*를 대상으로 실험한 결과에서도 전해 산화수의 살균력은 매우 큰 것으로 확인되었다(Fig. 6). 즉, *S. cerevisiae*는 초기 4.0×10^4 CFU/ml의 수준을 보였는데, 전해 산화수 처리 10분 후에 완전히 사멸한 것으로 나타난 반면 대조구인 증류수를 처리하였을 경우에는 60분 후 1.2×10^5 CFU/ml로 다소의 증가를 나타냈다.

이상의 결과에서와 같이 전해 산화수를 처리하여 시험관 내에서의 단일 미생물 살균 효과를 살펴본 결과, 미생물의 종류에 따라 약간의 차이를 보였으나 전반적으로 매우 높은 사멸 효과를 확인할 수 있었으며, 이러한 결과는 위해미생물의 오염이 우려되는 생체류 식품 및 반가공 식품의 미생물 살균에서의 전해 산화수 이용가능성을 제시하고 있다.

한편, 본 실험은 시험관 내에서 단일 미생물에 대한 전해 산화수의 살균 효과를 실험한 것이므로 실제의 신선 식품 및 반가공 식품에 적용할 경우 살균 효과의 차이가 있을 것으로 예상되었으며, 전해 산화수의 식품에서의 살균 효과를 알아보기 위한 일환으로 신선

채소류 표면에 존재하는 미생물의 살균 효과를 살펴 보고자 하였다.

전해 산화수의 채소류 표면 살균 효과

채소류는 재배시에 토양에 직접 접촉하게 되는 관계로 일반적으로 미생물 오염도가 상당히 높고, 특히 토양 유래의 위해미생물 오염 가능성을 배제할 수 없다. 저장, 유통중 이들 미생물에 의한 채소류의 품질저하는 보존성에 커다란 영향을 주고 있음은 물론 상치, 케일, 양배추 등과 같은 채소류를 신선한 상태 그대로 식용하려는 우리의 식문화를 비추어볼 때 오염 미생물에 의한 위해성 문제가 대두될 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 신선 채소류의 생물 특성을 그대로 유지하면서 인체에 무해한 살균제를 사용하여 채소류에 오염되어 있는 위해미생물을 최대한 제거할 수 있는 방안이 모색되어야 할 것으로 생각되었으며, 현재 임상적으로 소독제 대체용으로 연구가 진행되고 있는 전해 산화수를 식품 살균제로서의 이용을 시도하고자 우선적으로 채소류 중에서 배추, 양배추, 상치 케일을 대상으로 전해 산화수의 세정 및 세균 효과를 검토하였다.

배추를 세정(10 cm × 10 cm)하여 중량비 5배수의 전해 산화수에 침지시켜 경시적인 미생물군의 변화를 검토한 결과 Fig. 7과 같이 수도수를 세척수로 사용한 경우 총균수는 초기 1.9×10^4 CFU/g에서 침지 60분 후 2.7×10^4 CFU/g로 거의 변화가 없었던 반면, 전해 산

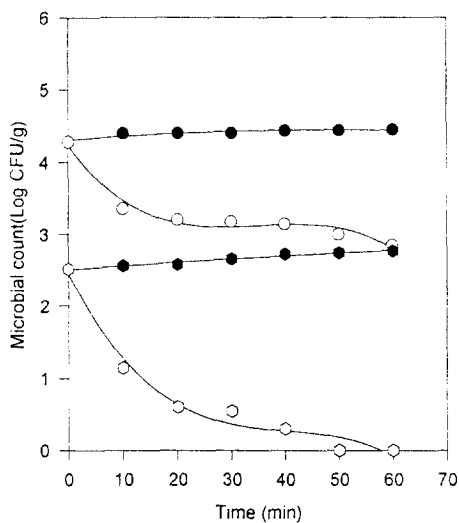


Fig. 7. Changes of total and coliform count in Chinese cabbage immersed in tap water and electrolyzed acid-water 25°C ●—●, Total count in tap water; ○—○, Total count in electrolyzed acid-water; ○—○, Coliform count in tap water; ●—●, Coliform count in electrolyzed acid-water

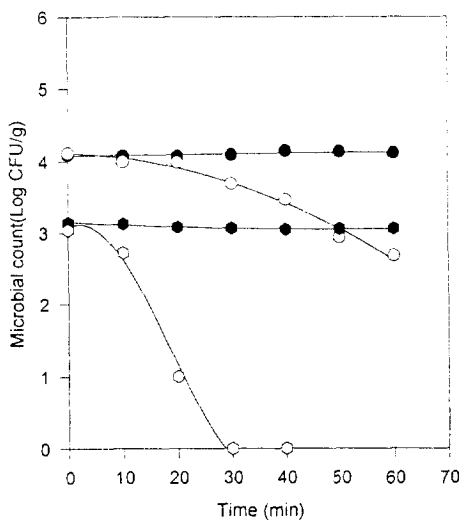


Fig. 9. Changes of total and coliform count in kale immersed in tap water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Total count in tap water; ○—○, Total count in electrolyzed acid-water; ○—○, Coliform count in tap water; ●—●, Coliform count in electrolyzed acid-water

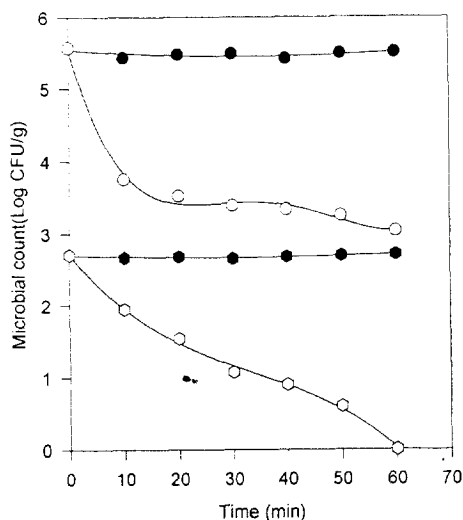


Fig. 8. Changes of total and coliform count in cabbage immersed in tap water and electrolyzed acid-water at 25°C ●—●, Total count in tap water; ○—○, Total count in electrolyzed acid-water; ○—○, Coliform count in tap water; ●—●, Coliform count in electrolyzed acid-water

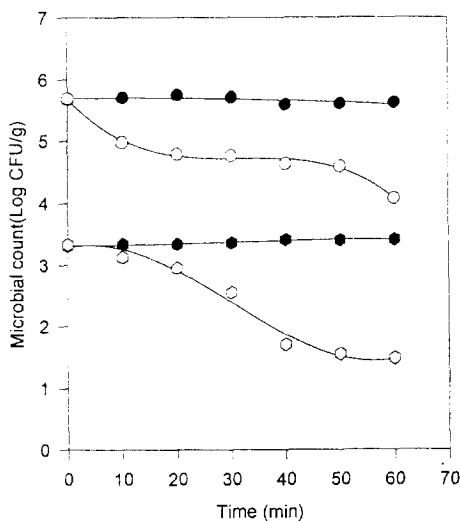


Fig. 10. Changes of total and coliform count in lettuce immersed in tap water and electrolyzed acid-water at 20°C ●—●, Total count in tap water; ○—○, Total count in electrolyzed acid-water; ○—○, Coliform count in tap water; ●—●, Coliform count in electrolyzed acid-water

화수를 세척수로 사용한 경우에는 초기 총균수 1.9×10^4 CFU/g에서 침지 60분 후 7.0×10^2 CFU/g으로 감소하여 초기 총균수의 96% 이상이 감소하였다. 대장균군수에 있어서는 수도수를 사용한 경우 초기 3.3×10^2 CFU/g에서 침지 60분 후 5.9×10^2 CFU/g로 다소

의 증가하는 양상을 나타내었으나 전해 산화수를 사용한 경우에는 초기 3.3×10^2 CFU/g에서 침지 50분 후에는 대장균군이 검출되지 않았다.

양배추는 Fig. 8에서 보는 바와 같이 수도수를 처리하였을 경우에는 총균수 및 대장균군수는 처리시간

60분까지 변화가 거의 없었으나, 전해 산화수에 침지하였을 경우에는 초기 총균수 3.8×10^5 CFU/g에서 60분 경과 후 1.1×10^3 CFU/g로 99% 이상 감소되었으며, 대장균군은 검출되지 않았다.

케일은 Fig. 9에서와 같이 총균수 및 대장균군은 초기에 각각 1.2×10^4 CFU/g, 1.4×10^3 CFU/g으로 나타났다. 수도수에 케일을 60분 침지시킨 후의 총균수와 대장균군은 각각 1.3×10^4 CFU/g, 1.2×10^3 CFU/g으로서 거의 변화를 보이지 않았으나, 전해 산화수에 60분 침지시켰을 경우에는 총균수는 4.6×10^2 CFU/g으로 초기치의 97% 이상이 감소하였던 반면에 대장균군은 30분 후부터는 검출되지 않아 대장균군이 완전히 사멸된 것으로 나타났다.

한편, 상치는 Fig. 10에서와 같이 수도수에 처리하였을 경우에는 배추, 양배추, 케일과 마찬가지로 침지 시간에 관계없이 총균수 및 대장균군의 변화가 나타나지 않았으나, 전해 산화수를 처리하였을 경우에는 약간의 차이를 보였다. 즉, 상치의 총균수는 초기 3.7×10^6 CFU/g의 수준으로서 전해 산화수에 60분 침지한 후에는 4.6×10^4 CFU/g을 나타내어 90% 정도 감소되었지만 대장균군은 초기 2.1×10^3 CFU/g에서 전해 산화수 침지 60분 경과시 3.0×10^1 CFU/g을 나타내어 이 시간 동안에 대장균군이 완전히 사멸한 배추, 양배추, 케일과는 다른 양상을 보였다.

이상의 결과는 전해 산화수는 식품의 종류 및 미생물 종류에 따라 살균 효과에 약간의 차이가 있음을 보였으나, 식품가공에서의 제균 매체로 그 이용 가능성이 높음을 시사하고 있다.

한편, 시험관 내에서의 실험 결과와는 달리 채소류에서는 살균 효과가 다소 감소되었는데, 이는 전해 산화수에 다량 함유된 활성 염소, 활성 산소 등이 생체 유기물과의 접촉으로 분해되어 그 농도가 감소되었기 때문인 것으로 생각되었으며 이와 더불어 본 실험에서는 해당 채소 중량비의 5배 침지수만을 사용하여 정지한 상태에서 미생물수의 경과시간별 변화를 보았기 때문에 향후 침지수 비율, 기계적 교반 또는 냉수냉각 등의 방법을 고려한다면 보다 효율적인 세정, 제균 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었다.

요 약

전해 산화수의 식품가공 분야에의 이용가능성을 확인하고자 미생물에 대한 실험적 살균 효과와 배추, 양배추, 케일 및 상치를 대상으로 표면살균 효과를 검토하였다.

전해 산화수는 제조 초기에 산화환원전위 1,100 mV~1,200 mV를 나타냈으며, 실온에 16일 방치할 경우 1,000 mV, 30일 방치할 경우 600 mV 수준으로 감소되었다.

시험관 내에서 전해 산화수 처리 시간에 따른 미생물 살균 효과는, *E. coli*는 20분, *S. aureus*와 *S. cerevisiae*는 10분, 그리고 *S. typhi*는 40분 처리하면 완전히 사멸하는 것으로 나타났으나 *B. cereus*는 전해 산화수 처리 60분 후에도 일부 생존하고 있어 미생물 종류에 따라 살균 효과가 다른 것으로 나타났다.

배추, 양배추, 케일 및 상치와 같은 채소의 종류에 따른 전해 산화수의 표면살균 효과를 검토하고자 이들 채소류를 수도수 및 전해 산화수에 각각 60분까지 침지하여 침지 시간에 따른 잔존 미생물수를 측정하였다. 수도수를 대조구로하여 60분까지 침지하였을 경우 배추, 양배추, 케일 및 상치는 모두 초기의 총균수와 대장균군수를 유지하고 있었으나 전해 산화수를 처리하면 채소의 종류에 따라 약간 다르지만 전반적으로 살균 효과가 뚜렷하게 나타났다. 즉 전해 산화수를 처리하였을 경우, 배추는 침지 60분 후 초기 총균수의 96% 이상이 감소되었으며 대장균군은 침지 50분 후부터는 검출되지 않았다. 양배추는 침지 60분 후 초기 총균수의 99% 이상이 감소되었고, 대장균군은 검출되지 않았다. 케일은 침지 60분 후 초기 총균수의 97% 이상이 감소되었고, 대장균군은 침지 30분 후에는 검출되지 않았다. 한편 상치는 침지 60분 후 초기 총균수의 90% 이상이 감소되었고, 대장균군은 98% 수준이 감소되었지만 배추, 양배추, 케일의 경우와는 달리 완전 사멸하지 않는 것으로 나타났다.

이상의 결과는 식품의 종류 및 미생물 종류에 따라 전해 산화수의 살균 효과에 약간의 차이가 있음을 보임과 동시에 식품가공에서의 제균 매체로 그 이용 가능성이 높음을 시사하고 있다.

문 헌

1. Goodenough, P. W. and Atkin, P. K.: *Quality in Stored and Processed Vegetables and Fruit*. Academic Press, London, p.287 (1981)
2. 酒井重男: 機能水の開發と應用の現況. 食品工業, 4(30), 35 (1995)
3. 内藤茂三: 食品加工によるオゾン殺菌の効果と使用. 食品と科學, 5, 101 (1995)
4. 米安 實: 食品加工における電解處理水應用. 食品加工技術, 14(4), 332 (1994)
5. Komeyasu, M. and Miura, Y.: Effects of electrolytic reduction on suitability of soybean for making Tofu. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 28(1), 41 (1981)

6. 박형우 : 기능수의 연구동향. 식품기술, **9**(1), 151 (1996)
 7. Gammom, D. and Stinson, W. S.: Instant chlorine for sanitizing-up to 100% bacteria kill at low cost. *Food Processing*, **34**(2), 24 (1973)
 8. 김의중, 오홍범, 석종성 : 병원균에 대한 초산화수(전해 산성수)의 살균효과. 최신의학, **38**(1), 21 (1995)
 9. Oblinger, O. J. and Kraft, A. A.: Oxidation-reduction potential and growth of Salmonella and *Pseudomonas fluorescens*. *J. Food Sci.*, **38**, 1008 (1979)
 10. Smooth, L. A. and Pierson, M. D.: Effect of oxidation-reduction potential on the growth and chemical inhibition of *Clostridium botulinum* 10755A spores., *J. Food Sci.*, **44**, 700 (1979)
 11. Silliker, J. H., Elliott, E. P., Baired-Parker, A. C., Bryan, F. L., Christian, J. H. B., Clark, D. S., Olson, J. C. Jr. and Roberts, T. A.: *Microbial Ecology of Foods*-Vol. I. Academic Press, London. p.112 (1980)
-

(1996년 6월 3일 접수)