pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 1, pp. 31~36 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.1.31

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

Research note

차아염소산나트륨이 비가열 엽경채류 중 병원성 대장균 사멸에 미치는 영향

김수진 · 방우석*
영남대학교 식품영양학과

Efficacy of Sodium Hypochlorite against *E. coli* on Various Leafy Green and Stem Vegetables

Su-jin Kim, Woo-Suk Bang*
Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk, Korea

(Received November 5, 2022/Revised December 23, 2022/Accepted January 2, 2023)

ABSTRACT - This study was conducted to evaluate the efficacy of sodium hypochlorite in eliminating *Escherichia coli* strains from leafy green and stem vegetables, which are frequently sold at community service centers. A cocktail of non-pathogenic *E. coli* and enterohaemorrhagic *E. coli* (*E. coli* O157:H7) was used to artificially contaminate the vegetables (initial numbers of bacteria 7-8 log CFU/g). The contaminated vegetables were soaked in sodium hypochlorite for 5 min and then washed three times with running water. After the treatment, number of viable bacterial cells on the vegetables was estimated. Sodium hypochlorite treatment reduced the *E. coli* population by 1-2 log CFU/g on leafy green and stem vegetables, a significant reduction from the initial number. Further, sodium hypochlorite showed better antimicrobial efficacy for leaves with a larger surface area, less roughness, and softness. There was no significant difference in the antimicrobial effect between 100 and 200 mg/kg of sodium hypochlorite. Therefore, it is not necessary to increase sodium hypochlorite concentration than the level suggested in the school meal hygiene management guidelines. However, sodium hypochlorite treatment is not sufficient to achieve a safe level of microorganisms on leafy green and stem vegetables since they generally have a high abundance of microorganisms on their surface. Thus, an alternative cooking method for fresh leafy green and stem vegetables in summer should be developed to ensure they are safe for consumption.

Key words: Sodium hypochlorite, Antimicrobial efficacy, Leafy green, Stem vegetables, *E. coli*

최근 국민소득과 생활수준 향상으로 인해, 건강과 관련된 웰빙(well-being) 음식에 대한 관심이 증가하면서 건강지향성과 편이성이 높은 신선한 채소와 과일의 소비가 꾸준히 증가하고 있다[1,2]. 학교급식과 같은 집단급식소에서는 조리의 편리성, 시간 단축, 인력 절감 효과를 위해 신선편이채소의 사용이 증가하고 있는 실정이다. 신선편이채소는 표면 중량 비율이 높아 토양, 물, 야생동물, 새 또는 곤충과 같은 다양한 환경에서 미생물이 식품 재배 및 가공과정에서 오염이 가능하다. 신선편이채소는 주로 열처리 공정이 없이 유통되고 소비자도 구매 후 열처리 과정 없이 바로 섭취하는 경우가 대부분이어서 식품안전에 위협이 될 수 있다[3-5]. 2004년부터 2010년 사이에 미국에서 식품에 기인하는 식중독 사고가 1,799건 발생하였으며, 이 중 가열하지 않은 신선편이농산물에 의한 식중독 사고가 163건(9.2%)이었으나, 2011년부터 2017년 사이의 식중독 사건 1,797건 중 신선편이농산물에 의한 식중독 사건이 228건(12.8%)으로 증가하였으며 이 중 85건은 여러 주에 걸쳐 발생한 집단식중독이었다. 이에 따라 55명이 사망하였으며 4,748명의 환자가 발생하였다. 주요 원인균들로 병원성대장균(pathogenic *Escherichia coli*), *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. 등으로 규명되었고 과일과 엽경채류 및 줄기채소에 의해 발생하였다[6].

국내에서는 신선편이채소가 직접적인 원인이 되어 식중독이 발생한 사례가 많이 보고되지 않았다. 그러나 가열 과정 없이 바로 섭취하는 농산물의 섭취가 증가하면서 신선편이채소를 매개로 하는 식중독 발생이 증가하고 있어 이로 인

*Correspondence to: Woo-Suk Bang, Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk 38541, Korea
Tel: +82-53-810-2877, Fax: +82-53-810-4768
E-mail: wsbang@ynu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 안전성 문제가 제기되고 있는 실정이다[7]. 이러한 생채소로부터 검출되는 *E. coli*, *Sal.* spp., *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* 등의 식중독균들로 국내 엽경채류도 식중독으로부터 안전하지 않은 실정이다[8]. 집단급식에서 주로 사용되는 엽경채류인 상추에서 1-2.3 log CFU/g 수준으로 병원성 대장균이 검출되었고 부추에서는 7.7%, 배추에서는 5.9%, 검출되었고 *S. aureus*의 경우 신선편이채소 중 상추에서 7.1%, 배추에서 17.6% 검출되었다[9].

부추, 배추 그리고 상추와 같은 엽경채류를 생식으로 섭취 시 식중독균을 저감화하거나 사멸시키는 과정을 거치지 않고 집단급식소에서는 주로 비가열 조리법을 이용한 무침류 등을 제공하고 있어 미생물학적 안전관리의 필요성이 제기되고 있다[9]. 특히 식중독균이 과일과 채소 등의 신선편이농산물에 오염이 될 때, 세척 과정 중에 물이 닿기 어려운 틈새에 오염이 되어 표면에 생물막(biofilm)을 형성하여 세척 및 살균처리에 대한 저항성을 나타낸다[10].

이로 인한 식중독의 위험을 감소하기 위해서는 생산단계부터 유통단계에 이르기까지 발생할 수 있는 위해요소를 파악한 후 오염을 예방해야 한다. 초기 오염의 수를 최소화하기 위해서는 식품의 원료가 되는 농산물을 위생적이고 안전하게 공급할 수 있도록 생산에서부터 수확 후 포장단계까지 농산물에 오염될 가능성이 있는 미생물·농약·중금속 등의 위해요소를 사전에 관리하여 안전성을 확보하는 제도인 GAP (Good Agricultural Practices) 도입을 권장하고 있다[7,11,12]. 비가열 처리 후 섭취하는 신선편이채소의 식중독균을 저감화하기 위해서 사용 가능한 살균·소독제는 식품첨가물의 기준 및 규격에 품목별 사용 기준이 정해져 있으며 최종 식품의 완성 전에 제거하도록 규정하고 있는데 식품첨가물공전에서 과산화수소(H_2O_2), 차아염소산나트륨(NaClO), 차아염소산칼슘($Ca(ClO)_2$), 차아염소산수(HOCl), 이산화염소수(ClO_2), 오존수(O_3), 과산화초산(CH_3COOOH) 7품목에 대해 식품용 살균제로 허용하고 있다[13]. 이 중에서 차아염소산 나트륨이 가장 많이 쓰는 식품용 살균·소독제로 쉽게 구할 수 있으며 가격이 저렴하고 다루기 쉬운 장점을 가지고 있다.

미국에서도 과일과 채소에 존재하는 식품과 관련한 미생물 오염을 제거하기 위해 50-200 mg/kg 차아염소산나트륨의 농도로 사용을 FDA (Food and Drug Administration)로부터 승인받았다[14]. 우리나라의 학교급식위생관리지침서(5th, 2021)에 따르면, 가열하지 않고 바로 섭취하는 채소 및 과일류는 세척 후 염소계 살균·소독제 및 식품첨가물에 표기된 제품 중 동등한 살균효과를 지닌 소독제로 유효염소농도 100-130 mg/kg에서 5분간 침지하여 소독하라고 가이드를 제시하고 있다[15]. 살균·소독제 사용 효과는 종류, 농도, 처리시간, 대상 농산물의 종류, 비율 등에 의해 따라 다르다는 보고가 있다[8].

따라서 본 연구에서는 주로 가열하지 않고 제공 빈도가 높아 식중독 발생 위험이 높은 엽경채류에 대해서 현재 집단급식에서 사용하는 염소계 살균제를 위생관리지침서에서 제시한 유효염소농도인 100 mg/kg과 2배 농도인 200 mg/kg을 이용하여 엽경채류의 식중독균의 저감화를 비교하여 효과적인 살균·소독제 사용의 기초 자료로 활용하고자 한다.

Materials and Methods

실험 재료

본 실험에서 사용한 엽경채류 16종(양배추, 상추, 미나리, 부추, 양상추, 치커리, 깻잎, 쑥갓, 열무, 아욱, 비름, 시금치, 브로콜리, 대파, 청경채, 근대)은 실험 당일 경상북도 경산시 대형마트(Gyeongsan, Korea)에서 유통 중인 채소(국내산)를 구입하였다. 구입한 각각의 채소는 상하거나 먹을 수 없는 비 가식 부분을 간단히 다듬은 후 25 g씩 나누어 흐르는 물에 2회 애벌 세척하였다. 이후 멸균된 clean bench에서 3시간 동안 완전히 건조한 후 실험에 사용하였다.

시험 균주 및 접종방법

채소 중 대장균의 생육을 확인하기 위하여 비병원성인 *Escherichia coli* (K-12, KCTC 1116)와 장출혈성대장균인 *E. coli* O157:H7 (ATCC 35150)을 사용하였다. 각각의 대장균은 멸균된 9 mL tryptic soy broth (TSB, Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 3번 배양한 후 정지기의 균을 사용하였다. 각 균주의 배양액 5 mL를 멸균수 2,000 mL에 혼합하여 *E. coli* (K-12와 ATCC 35150) cocktail 현탁액의 초기 균수를 7-8 log CFU/mL로 설정하였다. 건조한 각각의 채소를 균이 고르게 점착되도록 *E. coli* cocktail 현탁액에 10분간 침지하여 균을 접종한 다음 clean bench에서 3시간 건조하였다.

살균소독제 처리 및 세척

시중에서 판매하는 차아염소산나트륨(Yuhan Co., Seoul, Korea)을 구매하여 100 mg/kg과 200 mg/kg으로 제조하였으며, 살균력을 최대화하기 위해 실험 실행 바로 직전에 제조하여 사용하였다. *E. coli* cocktail 현탁액을 접종한 후 건조한 각각의 채소를 100 mg/kg 차아염소산수 2 L에 5분 동안 침지하여 살균·소독 처리하였다. 그리고 200 mg/kg 농도에서의 처리군도 100 mg/kg과 동일한 방법으로 살균·소독한 후 멸균수로 3회 반복 세척하였다.

미생물 분석

균 수 측정을 위해 각 채소 25 g을 대조군과 처리군으

로 표시하여 멸균백(Labplas Inc., Sainte-Julie, Quebec, Canada)에 넣고 225 mL의 멸균 희석액(0.1% peptone water, Difco Laboratories)을 가한 뒤 stomacher (BagMixer® 400W, Interscience, Saint Nom, France)로 2분 동안 균질화하였다. 균질화된 시료는 9 mL의 멸균된 0.1% peptone water (Difco Laboratories)를 이용하여 10배씩 연속 희석하고 균의 정량적 분석을 위해서 앞에서 준비한 시료 1 mL를 tryptic soy agar (TSA, Difco Laboratories)로 각각 평판 주입하여 37°C에서 24-48시간 배양하였다. 배양 후 배지 위에 형성된 15-300개 사이의 평판 배양된 plate를 선택하여 집락(colony)을 계수하여 colony forming unit (CFU/g)으로 나타냈다.

통계 분석

모든 실험은 3회 반복 시행하였으며, 결과는 평균값과 표준편차로 나타냈다. 데이터의 통계 프로그램은 SPSS version 27.0 software (IBM Corp., Armonk, NY, USA)에서 일원분산분석(one-way ANOVA) 중 Duncan's multiple range test를 사용하여 $P<0.05$에서 유의성을 조사하였다.

Results and Discussion

엽경채류의 표면 특성에 따른 살균효과

애벌 세척한 각각의 채소 25 g을 *E. coli* cocktail 현탁액에 10분간 침지한 후 건조하여 초기 균수를 7-8 log CFU/g 하여 100 mg/kg 차아염소산나트륨(NaClO)에 5분간 처리 후의 결과는 Fig. 1과 같다. 집단급식소에서 비가열 조리법으로 제공되는 엽경채류(양배추, 상추, 미나리, 부추, 양상추, 치커리, 깻잎, 쑥갓, 열무) 9종과 가열하여 제공되는 가열 후 처리 및 가열조리 엽경채류(아욱, 비름, 시금치, 브로콜리, 대파, 청경채, 근대) 7종에 100 mg/kg의 차아염소산나트륨으로 처리를 하였을 때, 각각 5.05, 5.50, 5.53, 5.34, 6.30, 5.66, 5.65, 6.18, 5.89, 6.85, 6.76, 4.73, 4.89, 4.90, 5.81, 5.07 log CFU/g의 값을 나타냈다. 비가열 조리 엽경채류 9종의 100 mg/kg 차아염소산나트륨 처리군은 대조군에 비해 각각 1.15, 2.16, 1.34, 0.82, 1.39, 1.88, 1.79, 0.99, 1.34 log CFU/g 저감화 효과를 나타냈다 ($P<0.05$, Fig. 1). 브로콜리의 경우 0.76 log CFU/g으로 가장 낮은 저감화 효과를 보이는데 이는 브로콜리 표면의 거칠기 수준이 다른 채소에 비해 월등히 높기 때문에 미생물이 부착하고 유지하는 데 도움이 되고 살균·소독 처리에 대해 보호되어 저감화 효과가 가장 낮게 나타난 것으로 사료된다[16,17]. 또한 비교적 부드러운 잎을 가진 엽경채류의 살균·소독 효과가 단단한 잎을 가진 엽경채류에 비해 높게 나타났는데, 가열하지 않고 제공되는 엽경채류 중 깻잎, 상추, 치커리와 가열 후 처리 및 가열조리법으로 제공되는 엽경채류 중 대파와 근대에서 살균·소독의 효과가 높게 나타났다. 이는 실험에 사용된 다른 채소류들에 비해 표면이 매끄러운 형태로 이루어져 있어 세균이 부착·유지하는 데 다른 채소들에 비해서 쉽지 않기 때문이라 판단된다. 표면적이 넓고 거칠기 정도가 낮으며 잎이 연할수록 살균·소독 효과가 높게 나타났다. 본 연구와 유사하게 미생물 오염 시 거칠거나 다공성이거나 손상된 채소 잎 표면에 우선적으로 부착된다는 연구 결과가 있으며, 채소 잎의 거칠기가 높을수록 미생물이 부착할 수 있는 표면적이 증가하고 기공에 침투 및 내재화되어 살균·소독제가 미생물에 접근할 수 없게 된다. 그래서 작은 수의 미생물이 존재하더라도 비활성화할 수 없어 미생물에 대한 사멸 효과가 떨어질 수 있다는 연구 결과를 발표하였다[16-19]. 또한, 미생물이 군집을 이루고 영양분을 농축한 생물막을 형성하면 살균·소독제에 대하여 보호막의 역할을 하여 살균 효과가 감소한다는 연구결과도 있다[20]. Norwood 등[20]의 연구에서도 CDFF (constant-depth film fermenter)를 이용하여 *L. monocytogenes, Pseudomonas fragi* 및 *Staphylococcus xylosus* 균주의 생물막을 배양하여 유효염소 200, 500, 1,000 mg/kg에서 차아염소산나트륨 처리를 하였을 때, 모든 균주의 생물막에서 200 mg/kg에서 1 log CFU/g 이내, 1,000 mg/kg에서 2 log CFU/g 감소를 보였는데, 이는 잎에 부착된 미생물이 생물막을 형성하게 되면 높은 농도의 차아염소산나트륨 처리를 하여도 살균·소독 효과가 크지

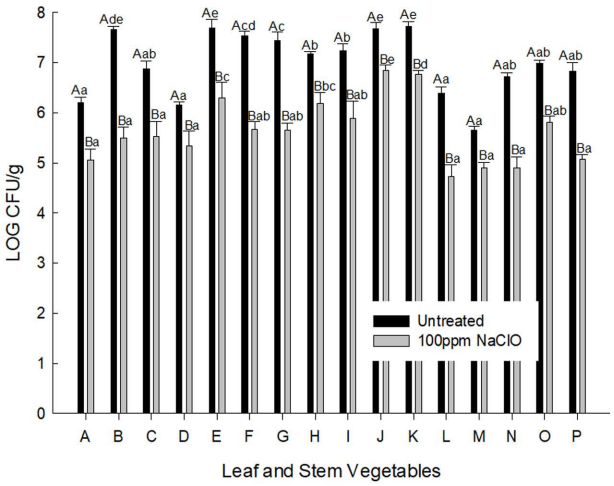

Fig. 1. Population of *E. coli* cocktail on leafy green and stem vegetables (A: cabbage, B: lettuce, C: water parsley, D: chives, E: iceberg lettuce, F: chicory, G: perilla leaf, H: crown daisy, I: young radish, J: curled mallow, K: amaranth, L: spinach, M: broccoli, N: spring onion, O: bok choy, P: swiss chard) treated with sodium hypochlorite 100 mg/kg for 5 min.
Values represent the means of triplicate measurements. Bars denote the standard deviation; different capital letters indicate significant difference depending on the treatment of sodium hypochlorite; different small letters indicate significant difference depending on the type of leafy green and stem vegetables.

않을 수 있다는 것을 나타낸다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때, 살균·소독제의 효과가 신선편이채소의 종류에 따라 다소 차이를 보이는 것으로 나타나며 이는 채소의 표면구조, 미생물의 부착 능력 등의 영향이라고 할 수 있다.

차아염소산나트륨의 농도에 따른 살균효과

각 엽경채류의 비처리군과 차아염소산나트륨 200 mg/kg 처리군을 비교하였을 때 1.52, 2.25, 1.53, 1.61, 1.71, 2.23, 2.56, 1.41, 2.22, 0.99, 1.51 log CFU/g 저감화 되었다. 유효염소 100 mg/kg과 200 mg/kg 처리군을 비교하였을 때, 200 mg/kg에서 1 log CFU/g 이내로 더 감소하였으나 100 mg/kg과 유의적인 차이가 나타나지 않았다 (P>0.05, Fig. 2). Yun 등[8]의 연구에서는 부추에 차아염소산나트륨을 100, 150, 200 mg/kg으로 처리하였을 때 대조군에 비해 일반세균수가 1.8 log CFU/g 그리고 양배추에 200 mg/kg 처리 시 2.0 log CFU/g 감소했다고 보고하였다[21,22]. 식중독균의 경우에도 배추에 차아염소산나트륨 100 mg/kg을 처리하였을 때 *E. coli*는 3 log CFU/g 이상, *Sal.* Typhimurium은 1.8 log CFU/g, *Bacillus cereus*는 3.2 log CFU/g, *S. aureus*의 경우 2.3 log CFU/g 감소하는 결과를 보였다[23]. 양상추에 동일한 농도로 처리 시 *E. coli* O157:H7은 0.6 log CFU/g 감소하였고 *Sal.* Typhimurium은 1.45 log CFU/g, *S. aureus*는 0.9 log CFU/g 감소한다고 보고했다[24]. 또한, 부추에 차아염소산나트륨을 100 mg/kg과 200 mg/kg으로 처리하였을 때 *E. coli*의 경우 2.4, 2.8 log CFU/g, *Sal.* spp.는 2.0, 2.1 log CFU/g 감소하였으며 *B. cereus*는 2.1, 2.4 log CFU/g, *S. aureus*는 1.9, 1.9 log CFU/g 감소효과를 나타냈다고 보고하였다[8]. 이러한 선행 연구의 결과는 본 연구와 유사하게 여러 연구 결과에서 차아염소산나트륨 100 mg/kg이 높은 살균력을 보이며, 100 mg/kg과 200 mg/kg 간의 식중독균 저감화 효과가 유의적인 차이를 보이지 않아 살균·소독의 효과 증가를 위해서 집단급식소에서 사용되는 차아염소산나트륨 100 mg/kg 이상 농도 증가는 불필요하다고 판단된다.

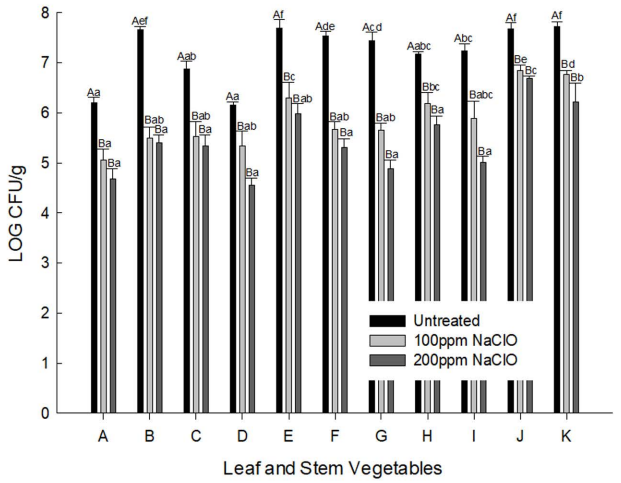

Fig. 2. Population of *E. coli* cocktail in leaf and stem vegetables (A: cabbage, B: lettuce, C: water parsley, D: chives, E: iceberg lettuce, F: chicory, G: perilla leaf, H: crown daisy, I: young radish, J: curled mallow, K: amaranth) treated with sodium hypochlorite 100 mg/kg or 200 mg/kg for 5 min.
Values represent the means of triplicate measurements. Bars denote the standard deviation; different capital letters indicate significant difference depending on the treatment of sodium hypochlorite; different small letters indicate significant difference depending on the type of leafy green and stem vegetables.

이러한 신선편이채소의 초기 미생물 오염실태를 확인한 결과, 일반세균의 경우 미나리에서 7 log CFU/g 이상, 상추, 깻잎, 배추, 부추에서 6 log CFU/g 이상의 균이 검출되었으며 대장균군의 경우 미나리, 상추, 부추에서 2 log CFU/g 이상의 균이 검출되었다. 대장균의 경우 미나리, 양배추에서 확인되었으며 상추에서는 1.06 log CFU/g, *L. monocytogenes*는 배추, 양상추 등에서, *B. cereus*는 상추, 깻잎, 미나리에서 발견되었으며, *Salmonella*는 부추에서 오염되어 있는 것이 확인되었다[10,25]. 현재 대부분의 표면 살균·소독방법은 비용이 저렴하고 수행하기 쉬우며 미생물 제어 효과도 좋은 염소계(chlorine species) 소독법을 가장 많이 사용하고 있으나 엽경채류의 경우 하절기 미생물 수준이 높아 차아염소산수 침지만으로는 안전한 수준으로 저감화하기 어려우며, 잔존하는 미생물의 증식에 의한 식중독 사고의 위험에도 노출되어 있다. 또한, 염소계 살균·소독제는 몇 가지 문제점을 가지고 있는데, 물에 존재하는 유기 화합물과 염소가 반응하여 환경적으로 유해한 부산물을 생성할 수 있고 항균 활성에도 영향을 미칠 수 있으며 염소에 장기간 노출되면 피부와 호흡기에 자극을 유발할 수 있다는 우려가 보고가 있다[17,19]. 이로 인해 염소계 살균·소독제를 대체할 수 있는 퍼옥시아세트산(peracetic acid)[17], 중성수(NEW)[19], 마이크로버블[26], X선[27], 박테리오파지[28], 과산화초산[29] 등의 사용으로 새로운 살균·소독 방법이 활발히 연구되고 있으나, 집단급식소 내부에 이러한 시설, 장비 등의 구축이 어려워 바로 적용하기 어렵다는 것 문제점이라 사료된다.

본 연구는 집단급식소에서 제공되는 빈도수가 높은 비가열 및 가열조리 엽경채류에 일반적으로 사용되는 차아염소산나트륨수 처리에 대하여 미생물적 안전성을 평가하고자 수행되었다. 연구 결과 다빈도 제공 엽경채류에 비교적 높은 수준으로 총균수 및 대장균군이 존재하며, 몇몇 채소류의 경우 병원성 균에 오염되어 있는 것으로 나타났다. 또한 하절기에는 엽경채류의 미생물 수준이 높아 일반적으로 학교급식 등에서 사용되는 차아염소산수 사용만으로는 안전한 수준으로 저감화하기 어려우며, 잔존하는 미생물의 증식에 의한 식중독 사고의 위험에도 노출되어 있다고 판단된다. 그러므로 이러한 미생물적 안전성을

높이기 위해서는 하절기 집단급식소 식단에서의 비가열 엽경채류 사용 빈도를 줄이고 대체 식단을 개발하는 것이 식중독 예방에 효과적일 것이라 사료된다.

국문요약

본 연구는 집단급식소에서 제공되는 빈도수가 높은 비가열 및 가열조리 엽경채류에 사용되는 차아염소산나트륨 수에 대하여 미생물적 안전성을 평가하고자 수행되었다. 비병원성 대장균과 장출혈성 대장균의 칵테일(*E. coli* O157:H7)을 엽경채류(초기 균수 7-8 log CFU/g)에 인위적으로 오염시킨 후 차아염소산나트륨을 5분간 침지 후 흐르는 물에 3번 씻어서 생균수를 측정하였다. 실험 결과 초기 오염물질에 비해 살균효과가 1-2 log CFU/g 저감화하여 대조군에 대해 유의적인 차이가 있었다(P<0.05). 잎채소의 특성에 따라 약간의 차이가 있었는데 표면적이 클수록, 털 거칠고 잎이 부드러울수록 살균효과가 높았다. 200 mg/kg으로 처리하였을 때 100 mg/kg에 비해 0.1-0.3 log CFU/g만큼 효과가 더 감소하였으나 농도 증가에 따른 유의적 차이는 없었다(P>0.05). 그러므로 학교급식위생관리지침에서 제시한 기준 이상으로 차아염소산나트륨 농도를 높이는 것은 불필요하다고 판단된다. 그러나 잎채소는 일반적으로 미생물의 초기 오염도가 높기 때문에 차아염소산나트륨 처리만으로는 안전한 수준의 저감을 달성하기 어려워 생물학적 위험이 잔존한다. 따라서 여름철에 가열하지 않은 잎채소의 대체 조리방법을 개발하는 것이 안전성에 보다 효과적인 것으로 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Su Jin Kim https://orcid.org/0000-0002-7431-4905
Woo Suk Bang https://orcid.org/0000-0001-8276-1329

References

1. Kim, Y.H., Jun, S.Y., Ryu, K., Lee, Y.K., Microbiological quality and safety during delivery of food ingredients supplied to elementary schools: vegetables and processed food. *Korean J. Food Preserv.*, **17**, 586-594 (2010).
2. Teixeira, P., Fernandes, B., Silva, A.M., Dias, N., Azeredo, J., Evaluation by flow cytometry of *Escherichia coli* viability in lettuce after disinfection. *Antibiotics*, **9**, 14 (2020).
3. Hong, C.K., Seo, Y.H., Choi, C.M., Hwang, I.S., Kim, M.S., Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 24-29 (2012).
4. Pezzuto, A., Belluco, S., Losasso, C., Patuzzi, I., Bordin, P., Piovesana, A., Comin, D., Mioni, R., Ricci, A., Effectiveness of washing procedures in reducing *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on a raw leafy green vegetable (*Eruca vesicaria*). *Front. Microbiol.*, **7**, 1663 (2016).
5. Choi, S.Y., Chu, H.J., Rajalingam, N., Chae, H.B., Yoon, J.H., Hwang, I., Kim, S.R., Growth of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on radish microgreens washed with sodium hypochlorite during storage. *Korean J. Food Preserv.*, **27**, 850-858 (2020).
6. Carstens, C.K., Salazar, J.K., Darkoh, C., Multistate outbreaks of foodborne illness in the United States associated with fresh produce from 2010 to 2017. *Front. Microbiol.*, **10**, 2667 (2019).
7. Kim, S.R., Ryu, K.Y., Lee, M.H., Jung, C.S., Yoon, Y., Shim, W.B., Kim, J.H., Kim, B.S., Yoo, S.Y., Kim, D.H., Yun, J.C., Chung, D.H., Evaluation of the bactericidal activity of electrolyzed water against *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus aureus* on perilla leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 467-471 (2012).
8. Yun, B., Lee, H.S., An, H.M., Kim, W.I., Kim, H.Y., Han, S., Kim, H.J., Ryu, J.G., Kim, S.R., Effect of chlorine dioxide and sodium hypochlorite treatment on the reduction of foodborne pathogen in Korean *chive*. *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 154-162 (2017).
9. Min, J.H., Nam, G.W., Yoon, K.S., Effect of sanitization on risk reduction of *Staphylococcus aureus* and pathogenic *Escherichia coli* on leaf and stem vegetables. *Korean J. Food Cook. Sci.*, **33**, 708-712 (2017).
10. Bae, Y.M., Hong, Y.J., Kang, D.H., Heu, S., Lee, S.Y., Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 161-168 (2011).
11. Park, S.G., Choi, Y.D., Lee, C.W., Jeong, M.J., Kim, J.S., Chung, D.H., Shim, W.B., Investigation of microbiological hazard from Korean leeks and cultivation area to establish the GAP model. *J. Food Hyg. Saf.*, **30**, 28-34 (2015).
12. Prado-Silva, L., Cadavez, V., Gonzales-Barron, U., Rezende, A.C., Sant'Ana, A.S., Meta-analysis of the effects of sanitizing treatments on *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes* inactivation in fresh produce. *Appl. Environ. Microbiol.*, **81**, 8008-8021 (2015).
13. MFDA, 2020. Additives Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.
14. U.S. Food Drug Administration, FDA News, FDA finalizes report on 2006 spinach outbreak. Retrieved from http://www.fda.gov/bbs/topics/NEWS/2007/NEW01593.html
15. Ministry of Education., School food service hygienic management guideline. (5th). Retrieved from https://www.gne.go.kr/upload_data/board_data/BBS_0000053/161637419893082.pdf
16. Fransisca, L., Feng, H., Effect of surface roughness on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 87-23 by new organic acid-surfactant combinations on alfalfa, broccoli, and radish seeds. *J. Food Prot.*, **75**, 261-269 (2012).
17. Lee, H.H., Hong, S.I., Kim, D., Microbial reduction efficacy

of various disinfection treatments on fresh-cut cabbage. *Food Sci. Nutr.*, **2**, 585-590 (2014).
18. Wang, H., Feng, H., Liang, W., Luo, Y., Malyarchuk, V., Effect of surface roughness on retention and removal of *Escherichia coli* O157:H7 on surfaces of selected fruits. *J. Food Sci.*, **74**, E8-E15 (2009).
19. Abadias, M., Usall, J., Oliveira, M., Alegre, I., Viñas, I., Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *Int. J. Food Microbiol.*, **123**, 151-158 (2008).
20. Norwood, D.E., Gilmour, A., The growth and resistance to sodium hypochlorite of *Listeria monocytogenes* in a steady-state multispecies biofilm. *J. Appl. Microbiol.*, **88**, 512-520 (2000).
21. Cha, H.S., Kim, S., Kim, B.S., Kim, S.H., Park, S.J., Cho, H.S., Choi, H.Y., Effect of inhibition on browning and microbial growth of minimally processed lettuce. *Korean J. Food Preser.*, **11**, 331-335 (2004).
22. Jin, Y., Kim, T.W., Ding, T., Oh, D.H., Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in head lettuce. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **41**, 578-586 (2009).
23. Park, S.S., Sung, J.M., Jeong, J.W., Park, K.J., Lim, J.H., Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on Chinese cabbage, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 240-246 (2012).
24. Lee, H.H., Hong, S.I., Kim, D., Microbial reduction efficacy of various disinfection treatments on fresh-cut cabbage. *Food Sci. Nutr.*, **2**, 585-590 (2014).
25. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S., Ha, S.D., Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Food Hyg. Saf.*, **20**, 43-47 (2005).
26. Lee, W.J., Lee, C.H., Yoo, J.Y., Kim, K.Y., Jan, K.I., Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetable. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 912-917 (2011).
27. Mahmoud, B.S., The effects of X-ray radiation on *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* and *Shigella flexneri* inoculated on whole roma tomatoes. *Food Microbiol.*, **27**, 1057-1063 (2010).
28. Kocharunchitt, C., Ross, T., McNeil, D.L., Use of bacteriophages as biocontrol agents to control *Salmonella* associated with seed sprouts. *Int. J. Food Microbiol.*, **128**, 453-459 (2009).
29. Alvaro, J.E., Moreno, S., Dianez, F., Santos, M., Carrasco, G., Urrestarazu, M., Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. *J. Food Eng.*, **95**, 11-15 (2009).