pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 4, pp. 232~237 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.4.232

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

이산화염소수와 전해수를 이용한 식중독균의 살균효과

이혜린 · 김수진 · 방우석*
영남대학교 식품영양학과

Bactericidal Effects of Food-borne Bacteria using Chlorine Dioxide and Electrolyzed Water

Hye-Rin Lee, Su-Jin Kim, Woo-Suk Bang*
Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea

(Received July 27, 2022/Revised August 06, 2022/Accepted August 16, 2022)

ABSTRACT - The present study investigated the bactericidal effects of chlorine dioxide (CD) and electrolyzed water (EW) on pathogenic bacteria, such as Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Salmonella Typhimurium, and Escherichia coli O157:H7, by treatment them with CD and EW, respectively, for 0, 2, 4, 6, 8, and 10 min. Additionally, the sensitivities of Gram-positive (*B. cereus and S. aureus)* and Gram-negative (*S.* Typhimurium and *E. coli* O157:H7) to CD and EW were compared, respectively. In CD, the D-values for *B. cereus, S. aureus, S.* Typhimurium, and *E. coli* O157:H7 were 1.85±0.64, 2.06±0.85, 2.26±0.89, and 2.59±0.40 min, respectively. In EW, the D-values for *B. cereus, S. aureus, S.* Typhimurium, and *E. coli* O157:H7 were 2.13±0.32, 1.64±0.64, 1.71±0.32, and 1.86±0.36 min, respectively. All strains decreased consistently for 10 min in both CD and EW. However, the D-values of each bacterial species did not differ significantly between CD and EW (P>0.05). When comparing the bactericidal effect of CD and EW, no difference in D-value was observed, even though the pH and available chlorine concentration of CD were significantly lower than those of EW. These data could be used for the application of CD and EW in the food industry, considering characteristics such as the selection of optimal disinfectants, determination of optimal concentrations, and sensitivity to disinfection targets.

Key words: Chlorine dioxide, Electrolyzed water, Bactericidal, Food poisoning bacteria

식품의약품안전처(Ministry of Food and Drug Safety)[1]의 통계자료에 따르면 연도별 식중독 발생 건수는 2010년 271건 이후 2013년 까지 꾸준히 감소하는 추세를 보였으나, 2014년 이후 349건으로 증가한 후 2017년에는 336건으로 연간 300건 이상을 유지하고 있다. 더불어 최근 1인 가구 증가와 샐러드바의 이용 증가 등으로 이내 소포장 간편 농식품을 찾는 소비자들이 증가하고 있으며, 색이나 모양, 조직감 등 식품의 관능적 특성을 유지한 건강식품에 대한 소비자들의 요구도도 증가하고 있다[2,3].

*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.

이러한 요구를 충족하기 위하여 식품 산업체에서는 식품의 품질 변화에 영향을 주는 가열 살균 대신 생물학적 위해 요소를 억제하면서도 식품의 품질 변화를 최소화 할 수 있는 비가열 살균에 관심을 보이고 있다. 비가열 살균 방법으로는 방사선 처리, 마이크로파, 강력광펄스 등이 있으나 식품가공공정에서는 비용이 적게 들고 편의성이 더 높은 화학적 살균법이 주로 이용되고 있다[4,5].

이산화염소수는 이산화염소 가스가 물에 용해되어 있는 형태의 살균소독제로, 펄프와 종이 공정에서 널리 쓰이며 음용수의 살균, 탈색 등에도 성공적으로 적용되었다. 그 외에도 이산화염소의 살균제로서의 능력은 식품 가공 및 식품 취급 기기 멸균과 같은 분야에서도 관심을 받고 있다[6]. 이산화염소는 일반적으로 낮은 pH에서도 유리 염소와 거의 같거나 더 강력한 살균제로 평가되고 있으며, 기존 염소계 소독제들과는 달리 발암물질로 간주되는 트리할로메탄을 생성하지 않는다[7].

그러나 유기물과 반응하여 염소산염(chlorite ion)인 ClO_2^-

과 ClO_3^-을 부산물로서 생성하기 때문에 미국의 FDA (Food and Drug Administration)에서는 사용 농도를 규제하고 있으며 과일과 채소의 세척에 사용할 경우 잔류농도 3 ppm 이하의 이산화염소수를 이용하는 것을 허가하고 있다. 한국에서는 식품의약품안전처[8]에서 과일류, 채소류 등의 살균에 한하여 사용하고 최종식품의 완성 전에 제거하여야 한다는 기준 하에 사용을 허가한다고 식품공전에 제시하고 있다. 이산화염소수를 과일과 채소에 처리하였을 때 관능적 품질에 미치는 영향에 대한 정보는 아직까지 알려지지 않아서, 일반적으로 관능 속성에 영향을 미치지 않는다고 사료된다[9].

전해수(electrolyzed water)란 "수도수나 수도수에 식염 또는 염산 등의 전해조제를 가하고 전기분해하여 생성된 유용한 기능을 갖는 수용액"[10]을 말한다. 전해수는 뛰어난 살균, 제균 효과로 식품산업 현장에서 식중독 원인균의 제거, 식품소재의 살균 등 식품의 안정성 확보에 유효한 수단으로 인정받고 있다[11]. 또한 전해수는 안전성을 인정받아 식품첨가물로 승인된 살균소독제의 하나로 식품위생관리, 농작물 병해 살균 및 기구소독 등에 사용되고 있다[12]. 선행 연구들에서 전해수는 뛰어난 살균력을 가지고 있으며 병원균, 곰팡이, 그람 양성균과 음성균의 포자 및 효모에도 효과가 있음이 나타났다[13,14]. 일반적으로 그람 음성균이 그람 양성균에 비해 전해수에 더 큰 민감성을 보인다고 알려져 있다[15].

전해수와 이산화염소수의 주요 살균인자인 HOCl[16,17]은 다른 염소들에 비해 더 세포벽에 잘 침투할 수 있고 반응속도가 빨라 용해된 염소 소독제 중 가장 효과적이며[6], HOCl의 미생물 세포의 사멸은 탄수화물 대사에 중요한 특정 효소의 설프히드릴기(sulfhydryl group)를 염소산화 시키는 것을 통해 포도당 산화를 억제함으로서 살균효과가 나타나는 것으로 알려져 있다[18]. 본 연구에서는 동일한 성분(HOCl)을 살균의 주요 인자로 가지는 이산화염소수와 전해수의 이화학적 특성과 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium 그리고 *Escherichia coli* O157:H7과 같은 주요 식중독균의 살균효과를 확인하고자 하였다.

Materials and Methods

사용 균주

실험에 사용된 균주는 그람 양성균(Gram positive bacteria)과 그람 음성균(Gram negative bacteria) 각 2종으로, 모두 국립한국교통대학교 식품공학과(Jeungpyeong, Korea)에서 분양받은 것을 사용하였다(Table 1). 각 균주는 -70°C의 초저온 냉동고(MDF-U53V, Sanyo, Osaka, Japan)에서 stock culture하여 보관한 것을 해동하여 사용하였다. 각 균주는 화염 멸균한 백금이로 멸균된 tryptic soy broth (TSB, Bacto™, Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)에 접종한 다음 37°C incubator (WIF-105, Wisecube ®, Seoul, Korea)에서 20-24시간 배양하였으며, 실험에 사용하기 전 동일한 방법으로 3회 이상의 계대 배양을 실시하여 활성화된 정지기의 균을 실험에 사용하였다.

사용 배지

실험에 사용한 액체 배지는 tryptic soy broth (TSB), 고체배지는 tryptic soy agar (TSA, Difco™)를 사용하였다. 희석은 peptone (Difco™)을 사용하여 0.1% 농도가 되도록 제조한 후 사용하였다.

이산화염소수의 이화학적 특성 측정

본 실험에서 이산화염소수는 Disinfectant (LifeClean International AB, Uddevalla, Sweden)를 사용하였다. 이산화염소수의 이화학적 특성은 pH와 유효염소농도(available chlorine concentration)를 측정하였다. pH는 이산화염소수 10 mL를 시험관에 담아 pH meter (420A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며, 유효염소농도는 Handheld Colorimeter Chlorine Ultra High Range (HI-771, HANNA Instruments, Inc., Woonsocket, RI, USA)를 이용하여 측정하였다.

이산화염소수 살균력 평가

시험균주는 TSB에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 계대 배양한 정지기 균을 사용하였다. 정지기의 균은 10^7 CFU/mL가 되도록 멸균된 0.1% peptone water에 희석하였으며, 희석액 1 mL를 취해 이산화염소수 5.4 mL, 0.1% peptone water 93.6 mL와 함께 멸균된 광구병에 넣고 잘 흔들어 주었다. 0분, 2분, 4분, 6분, 8분 및 10분에 각각 1 mL를 취하여 9 mL의 0.1% peptone water에 10진 희석한 후 TSA로 pour plate 하였다. Plate는 배양기에서 48시간 동안

Table 1. List of bacterial strains used in this study

	Strain	ATCC[1)] number
Gram positive bacteria	*Bacillus cereus*	ATCC 13061
	Staphylococcus aureus	ATCC 19095
Gram negative bacteria	*Escherichia coli* O157:H7	ATCC 35150
	Salmonella Typhimurium	ATCC 14028

[1)]American Type Culture Collection, Manassas, VA, USA.

37°C에서 배양한 후 25-250개 사이의 집락을 계수하였다.

전해수 생성

본 실험에서 사용한 전해수는 Waterlox ECO (eKlean 10, Key Tech electro Chemical Co., Seoul, Korea)를 이용하여 생성하였다. 수도수 300 mL에 natural refined salt and citric acid (Key Tech electro Chemical Co., Seoul, Korea) 0.5 g을 넣고 전해수 생성기로 7분간 전기분해하여 전해수를 생성하였다. AC adapter는 12 V, 5 A를 사용하였으며 전해수는 생성 후 즉시 실험에 사용되었다.

전해수의 이화학적 특성 측정

전해수의 이화학적 특성은 pH와 유효염소농도(available chlorine concentration)를 측정하였다. pH는 전해수 10 mL를 시험관에 담아 pH meter (420A, Orion Research Inc.)를 이용하여 측정하였으며, 유효염소농도는 Handheld Colorimeter Chlorine Ultra High Range (HI-771, HANNA Instruments, Inc.)를 이용하여 측정하였다.

전해수 살균력 평가

전해수 살균력 실험을 위하여 수돗물 300 mL에 natural refined salt and citric acid 0.5 g을 첨가하고 7분간 전기분해 하여 전해수를 생성하였다. 시험 균주는 TSB에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 계대 배양한 정지기 균을 사용하였다. 정지기의 균은 10^7 CFU/mL가 되도록 멸균된 0.1% peptone water에 희석하였다. 균 희색액 1 mL와 전해수 76.1 mL, peptone water 22.9 mL를 함께 멸균된 광구병에 넣고 잘 흔들어 주었다. 0분, 2분, 4분, 6분, 8분 및 10분에 각각 1 mL를 취하여 9 mL의 0.1% peptone water에 10진 희석한 후 TSA로 pour plate 하였다. Plate는 배양기에서 48시간 동안 37°C에서 배양한 후 25-250개 사이의 집락을 계수하였다.

통계처리

살균력 실험은 3회 반복 수행하였다. D값 (일정한 온도에서 미생물이 1/10로 감소하는데 걸리는 시간)은 Excel 2016 (Microsoft, Bellevue, WA, USA)을 이용하여 계산한 후 IBM SPSS Statistics ver. 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 5% 유의수준(p=0.05)에서 독립표본 T-test를 실시하여 유의적인 차이를 확인하였다. 전해수와 이산화염소수의 pH와 유효염소농도 측정도 마찬가지로 3회 반복 수행하였다.

Results and Discussion

이산화염소수와 전해수의 이화학적 특성

이산화염소수와 전해수의 pH와 유효염소농도의 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 이산화염소수의 pH는 3.43±0.06, 유효염소농도는 10.8±0.00 mg/L로 나타났으며 전해수의 pH는 5.12±0.21, 유효염소농도는 68.51±0.19 mg/L 였다. 이산화염소수와 전해수의 pH를 비교한 결과 이산화염소수의 pH가 낮게 나타났으며, 유효염소농도도 이산화염소수의 유효염소농도가 전해수에 비해 낮았다.

이산화염소수의 살균 효과

그람 양성균 2종과 그람 음성균 2종을 10분간 이산화염소수에 처리한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 이산화염소수에 처리한 모든 균주에서 살균효과가 나타났다. 가장 높은 살균효과를 보인 것은 *E. coli* O157:H7로 4.84 log CFU/mL 감소하였고, *B. cereus*가 4.04 log CFU/mL 감소하여 가장 낮은 살균 효과를 보였다. 이는 각 균주가 이산화염소수에

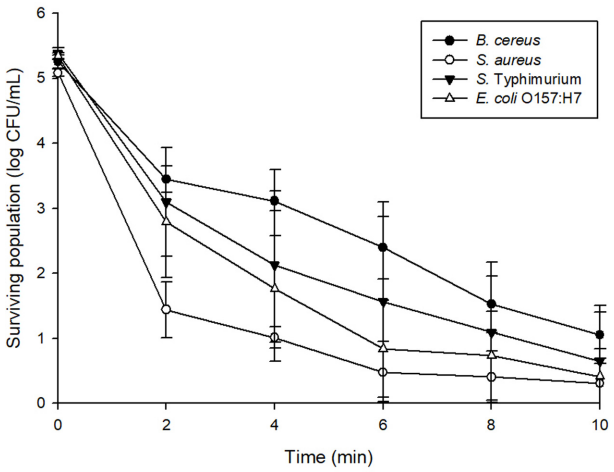

Fig. 1. Inactivation of *B. cereus* ATCC 13061, *S. aureus* ATCC 19095, *S.* Typhimurium ATCC 14028 and *E. coli* O157:H7 ATCC 35150 treated by chlorine dioxide.
The results indicate the mean and standard deviation of triplicate experiments.

Table 2. Physicochemical properties of chlorine dioxide and electrolyzed water

Treatment	pH	ACC[1)](mg/L)
Chlorine dioxide	3.43±0.06[2)a3)]	10.8±0.00[a]
Electrolyzed water	5.12±0.21[a]	68.51±0.19[a]

[1)]ACC : available chlorine concentration.
[2)]Values are mean±standard deviation.
[3)]Superscripts followed by numbers in each column signify statistical differences at $P<0.05$.

대해 서로 다른 민감성을 가지고 있으며, *E. coli* O157:H7이 다른 균주에 비해 이산화염소수에 더 민감하게 반응하는 것으로 보인다. 그러나 이산화염소수에 2분간 처리하였을 때는 *S. aureus*가 3.51 log CFU/mL 감소하여 가장 큰 감소폭을 보였으며, 이 결과는 이산화염소수가 *S. aureus*를 살균함에 있어 짧은 시간을 필요로 하는 것을 보여주었다.

각 균주의 D값은 Table 3에 나타내었다. 가장 낮은 D값은 1.85 min으로 *B. cereus*에서 나타났고 가장 큰 값은 2.59 min으로 *E. coli* O157:H7에서 나타났다. 그러나 각 균주간의 유의미한 차이는 없었다. 또한 그람 양성균과 그람 음성균의 살균력에 유의미한 차이가 나타나지 않아(P>0.05) 이산화염소수는 그람 양성균과 그람 음성균 모두에 살균효과를 가지는 것을 확인하였다. 이 결과는 이산화염소수 처리를 하였을 때 그람 양성균과 그람 음성균의 감소에 유의미한 차이가 있다는 결과가 나타난 Vandekinderen 등[19]의 연구와는 다른 결과를 나타내었는데, 이것은 가스상의 이산화염소를 사용한 Vandekinderen 등[19]과는 달리 본 실험에서는 액체상인 이산화염소수를 이용했기 때문으로 판단된다.

전해수의 살균 효과

4종의 균주를 10분간 전해수에 처리한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 시간이 지날수록 균의 수는 감소하였으며, 전해수 처리 10분 후 가장 큰 감소를 보인 것은 *S. aureus*로 5.68 log CFU/mL가 감소하였고 가장 작은 감소를 보인 것은 *S.* Typhimurium으로 4.34 log CFU/mL가 감소하였다. 이는 전해수에 대하여 각 균주가 서로 다른 민감성을 가지고 있으며, 다른 균주보다 *S. aureus*가 더 민감하게 반응하는 것으로 보인다. 각 균에서의 감소폭은 비교적 일정하게 나타났다.

각 균주의 D값은 Table 4에 나타내었다. *S. aureus*의 D값이 1.64 min으로 가장 낮았으며 *B. cereus*가 2.13 min으로 가장 높게 나타났다. 그러나 균주 간의 유의적인 D값의 차이는 나타나지 않았다. 그람 양성균과 그람 음성균의 D값에도 유의미한 차이가 나타나지 않아(P>0.05) 그람 양성균과 그람 음성균 모두에 유사한 살균효과를 가진다는 것을 확인하였다. 이는 전해수 처리를 하였을 때 그람 양성균과 음성균의 감소에 유의한 차이가 없었다고 한 Tango 등[20]의 연구 결과와 유사하였다. Kurahashi 등[21]의 연구 결과의 경우 *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7을 포함한 그람 양성균과 그람 음성균을 전해수 처리 하였을

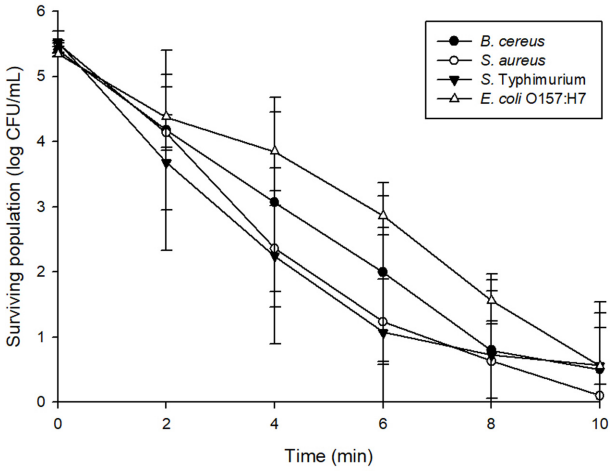

Fig. 2. Inactivation of *B. cereus* ATCC 13061, *S. aureus* ATCC 19095, *S.* Typhimurium ATCC 14028 and *E. coli* O157:H7 ATCC 35150 treated by electrolyzed water.
The results indicate the mean and standard deviation of triplicate experiments.

Table 3. D-values of pathogenic bacteria treated by chlorine dioxide

Gram	Strain	D-value (min)
Gram positive	*Bacillus cereus*	1.85±0.64[1)a2)]
	Staphylococcus aureus	2.06±0.85[a]
Gram negative	*Salmonella* Typhimurium	2.26±0.89[a]
	Escherichia coli O157:H7	2.59±0.40[a]

[1)]Values are mean±standard deviations.
[2)]Superscripts followed by numbers in each column signify statistical differences at P<0.05.

Table 4. D-values of pathogenic bacteria treated by electrolyzed water

Gram	Strain	D-value (min)
Gram positive	*Bacillus cereus*	2.13±0.32[1)a2)]
	Staphylococcus aureus	1.64±0.64[a]
Gram negative	*Salmonella* Typhimurium	1.71±0.32[a]
	Escherichia coli O157:H7	1.86±0.36[a]

[1)]Values are mean ± standard deviations.
[2)]Superscripts followed by numbers in each column signify statistical differences at P<0.05.

Table 5. D-values of pathogenic bacteria treated by chlorine dioxide and electrolyzed water

Strain	D-value (min)	
	Chlorine dioxide	Electrolyzed water
B. cereus	1.85±0.64[1)a2)A3)]	2.13±0.32[aA]
S. aureus	2.06±0.85[aA]	1.64±0.64[aA]
S. Typhimurium	2.26±0.89[aA]	1.71±0.32[aA]
E. coli O157:H7	2.59±0.40[aA]	1.86±0.36[aA]

[1)]Values are mean±standard deviations.
[2)]Superscripts followed by numbers in each column signify statistical differences at $P<0.05$.
[3)]Superscripts followed by numbers in each row signify statistical differences at $P<0.05$.

때 모든 균주에서 살균효과가 나타났다는 것은 동일하였으나, *B. cereus*를 포함한 3종에서 더 많은 시간을 필요로 했다는 차이가 있었다.

이산화염소수와 전해수의 살균력 비교

이산화염소수에서의 D값은 *B. cereus*가 1.85±0.64, *S. aureus*는 2.06±0.85, *S.* Typhimurium는 2.26±0.89 그리고 *E. coli* O157:H7은 2.59±0.40분으로 나타났고, 전해수의 경우 각각 2.13±0.32, 1.64±0.64, 1.71±0.32 그리고 1.86±0.36분으로 나타났다(Table 5). 이산화염소수와 전해수의 D값을 비교해본 결과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 두 용액의 D값은 유의한 차이가 없어(P>0.05) 살균력이 유사하지만 이산화염소의 유효염소농도는 10.8 mg/L인 것과 달리 전해수의 유효염소농도는 68.51 mg/L로 차이를 보였으며, pH도 이산화염소수가 3.43으로 전해수의 5.12보다 낮은 수치를 보였다. 선행연구에 의하면 pH 5-6의 범위에서 주요 살균 인자인 HOCl의 비율이 가장 높아 살균력도 강하다고 하였다[22,23]. 또한 전해수의 경우, 유효염소농도가 60 ppm일 때 병원균의 생장을 억제시키는데 가장 효과적이라는 연구 결과가 있다[24].

본 실험의 결과에서는 pH 5-6의 범위 내에 들어온 전해수와 범위 밖의 이산화염소수가 동일한 살균력을 보였으며, 동일한 살균력을 내기 위하여 전해수가 더 높은 유효염소농도를 필요로 하였다. 이러한 결과로 미루어 보아 전해수의 살균력보다 이산화염소수의 살균력이 높을 것으로 사료되나, 이산화염소수의 pH가 3.43으로 일반적으로 세균이 생장 가능한 범위인 pH 4.6-9.0[25]보다 낮아 살균효과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 본 연구에서는 10분간 처리하여 약 5 log CFU/mL의 균이 감소하는 가장 낮은 농도에서의 살균력을 비교하였으나 보다 정확히 이산화염소수와 전해수의 살균력을 비교하기 위해서는 동일한 pH와 유효염소 농도에서의 살균력 확인이 이루어져야 할 것이다.

이번 실험의 결과는 전해수가 더 높은 유효염소농도를 필요로 하나 이산화염소수와 동일한 살균력을 내는 것이 가능하다는 것을 보여주었다. 전해수는 원재료가 수도수와 식염으로 저렴하고[26], 유기물과 접촉하거나 수돗물 혹은 역삼투수로 희석되면 일반적인 물로 되돌아가는 특성[27]이 있다. 이러한 특성으로 인하여 전해수는 화학적 잔류물이 남지 않길 원하는 소비자들의 요구와 식품 산업에서 중요시하는 경제성을 충족할 수 있어 전해수를 식품 산업에 이용하는 것이 경제적 및 환경적으로 이산화염소수를 사용하는 것 보다 더 큰 이점이 있을 것으로 사료된다.

국문요약

본 연구에서는 병원균인 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium 그리고 *Escherichia coli* O157:H7을 이산화염소수와 전해수에 0분, 2분, 4분, 6분, 8분 및 10분간 반응시켜 이산화염소수와 전해수의 살균효과를 확인하고, 그람 양성균(*B. cereus, S. aureus*)과 그람 음성균(*S.* Typhimurium, *E. coli* O157:H7)의 민감성 비교를 실시하였다. *B. cereus, S. aureus, S.* Typhimurium 그리고 *E. coli* O157:H7의 이산화염소수에서의 D값은 1.85±0.64, 2.06±0.85, 2.26±0.89 그리고 2.59±0.40분으로 나타났고 전해수의 경우 각각 2.13±0.32, 1.64±0.64, 1.71±0.32 그리고 1.86±0.36분으로 나타났다. 각 용액에 처리한 10분간 모든 균주에서 꾸준한 감소 추세를 나타내었으며 각 용액에서 각 균주의 D값은 서로 유의적인 차이는 보이지 않았다 (P>0.05). 이산화염소수와 전해수의 살균력을 비교한 결과 D값은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, pH와 유효염소농도 모두 이산화염소가 전해수보다 낮은 값을 보였다. 살균·소독을 실시할 대상의 pH에 대한 민감성과 같은 특성을 고려하여 최적의 살균제를 선택하고, 최적의 농도를 결정하여 식품 산업에 적용하기 위한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hye Rin Lee https://orcid.org/0000-0002-5520-134X
Su Jin Kim https://orcid.org/0000-0002-7431-4905
Woo Suk Bang https://orcid.org/0000-0001-8276-1329

References

1. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Food & drug statistical yearbook. Ministry of Food and Drug Safety, Cheong-Ju, Korea, 286-287 (2018).
2. Choi, J.H., Commercialization strategies for export markets of fresh-cut baby leaf vegetables. *Food Sci. Ind*., **46**, 23-29 (2013).
3. Kim, J.G., Packaging technology of fresh-cut produce. *Food Sci. Ind*., **50**, 12-26 (2017).
4. Kim, I.J., Ha, J.H., Kim, Y.S., Kim, H.I., Choi, H.C., Jeon, D.H., Lee, Y.J., Kim, A.J., Bae, D.H., Kim, K.S., Lee, C., Ha, S.D., Evaluation for efficacies of commercial sanitizers and disinfectants against *Bacillus cereus* strains. *Food Sci. Biotechnol.*, **18**, 537-540 (2019).
5. Park, S.Y., Choi, S.Y., Jeong, S.H., Lee, N.Y., Oh, S.R., Park, K.S., Ha, S.D., Reduction technology against hazardous microorganisms in seafood. *Safe Food*, **7**, 37-46 (2012).
6. White, G.C., White's handbook of chlorination and alternative disinfectants. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, Chapter 14.
7. Symons, J.M., Stevens, A.A., Clark, R.M., Geldreich, E.E., Thomas love, O, jr., Demarco, J., Treatment techniques for controlling trihalomethanes in drinking water. Drinking Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency (1981).
8. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2019) Food code. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp Accessed on 16 Dec. 2019.
9. Han, J.E., Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation. *Bull. of Food Technol.*, **22**, 445-461 (2009).
10. Kang, K.S., Kim, T.I., Lee, H.I., Han, H.J., Park, S.G., Kim, H.J., Han, S.D., Park, K.Y., Rhee, Y.W., Investigation on the technology trend in electrolyzed sterilizing water by the patent analysis. *Appl. Chem. Eng.*, **21**, 188-194 (2010).
11. Kim, Y.J., Choi, K.D., Shin, I.S., Bactericidal activity of strongly acidic electrolyzed water on various vegetables and kitchen apparatus. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**, 776-781 (2010).
12. Choi, K.H., Seo, J.H., Lee, M.K., Studies on production of antibacterial wet-tissue saturated with hypochlorous acid water. *J. Korea* TAPPI, **49**, 5-11 (2017).
13. Vorobjeva, N.V., Vorobjeva, L.I., Khodjaev, E.Y., The bactericidal effects of electrolyzed oxidizing water on bacterial strains involved in hospital infections. *Artif. Organs*, **28**, 590-592 (2004).
14. Gunaydin, M., Esen, S., Karadag, A., Unal, N., Yanik, K., Odabasi, H., Birinci, A., *In vitro* antimicrobial activity of Medilox® super-oxidized water. *Ann. Clin. Microbiol. Anitimicrob.*, **13**, 1-6 (2014).
15. Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A., Modern food microbiology (7th ed.), Springer, New York, NY, USA. pp. 312-313 (2005).
16. Junli, H., Li, W., Nanqi, R., Fang, M., Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Water Res.*, **31**, 607-613 (1997).
17. Forghani, F., Park, J.H., Oh, D.H., Effect of water hardness on the production and microbicidal efficacy of slightly acidic electrolyzed water. *Food Microbiol*., **48**, 28-34 (2015).
18. Marriott, N.G., Schilling, M.W., Gravani, R.B., Principles of food sanitation fifth edition. Springer, New York, USA, pp. 170-174 (2006).
19. Vandekinderen, I., Devlieghere, F., Van Camp, J., Kerkaert, B., Cucu, T., Ragaert, P., De Bruyne, J., De Meulenaer, B., Effects of food composition on the inactivation of foodborne microorganisms by chlorine dioxide. *Int. J. Food Microbiol.*, **131**, 138-144 (2009).
20. Tango, C.N., Mansur, A.R., Oh, D.H., Fumaric acid and slightly acidic electrolyzed water inactivate gram positive and gram negative foodborne pathogens. *Microorganisms*, **3**, 34-46 (2015).
21. Kurahashi, M., Ito, T., Naka, A., Spatial disinfection potential of slightly acidic electrolyzed water. *PLos One*, **16**, e0253595 (2021).
22. Kang, K.S., Kim, T.I., Lee, H.I., Investigation on the technology trend in electrolyzed sterilizing water. *Functional Waters*, **1**, 1-7 (2010).
23. Kim, H.Y., Choi, J.K., Shin, I.S., Bactericidal effects of hypochlorous acid water against *Vibrio parahaemolyticus* contaminated on raw fish and shellfish. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **47**, 719-724 (2015).
24. Kim, H.J., Tango, C.N., Chelliah, R., Oh, D.H., Sanitization efficacy of slightly acidic electrolyzed water against pure cultures of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* spores, in comparison with different water hardness. *Sci Rep*., **9**, 4348 (2019).
25. Kim, J.G., Food hygiene. Shinkwang publisher, Seoul, Korea. pp. 58-169, (2006).
26. Choi, S.H., Understanding of endoscopic disinfectants. Korean *J. Gastrointest. Endos.*, **29**, 89-98 (2004).
27. Huang, Y.R., Hung, Y.C., Hsu, S.Y., Huang, Y.W., Hwang, D.F., Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control,* **19**, 329-345 (2008).