

오존수와 오존수를 이용한 세척방법이 식중독 세균 제어에 미치는 영향

박정미 · 신한승*

동국대학교 식품생명공학과 및 Lotus 기능성식품소재연구소

Influence of Ozonated Water and Washing Method Using Ozonated Water for Controlling Food-borne Disease Bacteria

Jeongmi Park and Han-Seung Shin*

Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Lotus Functional Food Ingredient, Dongguk University-Seoul, Korea

Abstract

The efficacy of the ozonated water (0.1, 0.2, 0.4, 0.6, and 1.0 ppm) in reducing the risk of food-borne disease was investigated in this study. After inoculation of *Listeria monocytogenes* (ATCC 19112), *Salmonella enterica* subsp. *enterica* biovar Typhimurium (ATCC 12598), *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 43890) to lettuce, spinach, and beef, inhibition effect with different washing concentrations, time, and methods with ozonated and tap water were evaluated. As a result, there were 2.16 to 3.85 log CFU/mL reduction in different foods and 7 log CFU/mL reduction on cutting boards after watering with ozonated water. Higher than 0.2 ppm of ozonated water treatment reduced the growth of food-borne disease bacteria with increasing washing time and ozone concentration. These results suggested that the ozonated water treatment effectively improved the microbiological quality and food safety.

Key words: Ozonated water, food-borne disease bacteria, microbial growth, food safety

서 론

식중독(food-borne disease)이란 식품의 섭취로 인하여 인체에 유해한 미생물 또는 유독 물질에 의하여 발생하였거나 발생한 것으로 판단되는 감염성 또는 독소형 질환으로 식생활 다양화에 따른 식품생산의 대량제조 및 신속화와 세계화에 따른 식품의 국제교류의 증가, 지구 온난화에 따른 기후변화, 사회적 구조에 따른 단체급식의 증가 등으로 식중독의 원인은 더욱 다양화되고 발생 또한 증가하는 추세이다(Sivapalasingam et al., 2004). 식생활의 패턴이 변화함에 따라 신선한 생채소류 및 과일 등 생식으로 섭취되는 식품이 건강식품으로서 수요가 점점 늘어 나고 있다. 생채소류 및 과일류는 비가열 조리과정의 식품으로서 중간의 열처리 과정이 없기 때문에 식품 자체의 초기 오염수준이 높고 또한 제조과정 중의 칼, 도마, 싱크대, 조리자의 손 등에 대한 교차오염에 있어서도 미생물의 오염에 쉽게 노출되기 때문에 다른 식품군보다 병원성 미생물 안전성에 문제가 되어

식중독을 일으킬 수 있는 요소가 더욱 크다(Whiting, 1995). 대부분 식품은 가열 살균법을 이용하지만 생채소류나 과일은 열에 민감하여 가열처리과정 없이 섭취되어 주로 저온 저장이나 냉동을 통해 유통시키거나 미생물의 생육을 억제시키는 물리, 화학적 살균법을 이용하고 있다. 현재 식품의 비열처리 살균 기술은 물리적 방법으로 고전압 펄스 전기장(high voltage pulsed electric fields, PEF), 초고압(high hydrostatic pressure), 진동 자기장(oscillating magnetic fields, OMF), 감마선 조사(gamma radiation), 초음파(ultrasonic) 등이 있으나 제한적인 사용과 초기 설치비용이 많이 든다는 단점을 가지고 있다(Suzuki, 1996; Venkitanarayan et al., 1999). 화학적 살균법으로 가장 많이 쓰이는 염소계 살균제는 이미(off-taste), 이취(off-flavor)가 발생하고 trihalomethane(THM)과 같은 발암성 물질을 형성한다고 알려져 있어 다양한 식품에 안전하게 적용할 수 있는 미생물억제 방법이 필요한 실정이다(Hong et al., 2007). 오존은 공기중의 산소가 번개나 태양광선 자외선과 반응하여 자연적으로 생성되거나 고전압 하에서 전기적인 힘으로도 생성이 가능한 물질로서 산소원자 세 개가 결합한 형태로 산소의 동소체이며 강력한 산화력을 가지고 있다(Bossi et al., 2005). 강력한 산화력은 미생물의 세포막을 공격, 파괴하여 세포투과율을 변화시켜 효소와 핵산을 불활성화시키고 미생물을 사멸시키는 기작을

Corresponding author: Han-Seung Shin, Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea
Tel: +82-2-2260-8590; Fax: +82-2-2290-1352
E-mail: spartan@dongguk.edu
Received September 15, 2010; revised October 24, 2010; accepted November 18, 2010

가진다(Zeynep et al., 2004). 또한 불안정한 상태의 고 에너지 분자로 상온의 수중에서 반감기가 짧아 자연적으로 산소로 분해되므로 잔존에 대한 우려가 없고 처리가 용이한 장점을 가지고 있으며 다른 살균소독 장치에 비해 설치가 간단하고 비용이 저렴하여 수요가 점점 증가하는 추세이다(Jaksch et al., 2004). 미국에서는 오존 사용규정이 1982년에 GRAS (Generally Recognized As Safe)로 지정되었고, 일본에서는 1998년 후생성의 제 56호 후생성 생활위생국장 통지 식품위생법에 근거하여 식품첨가물로 등재되어 농,수산 가공품, 야채 등의 살균과 기타 식품가공공장내의 살균 등에 사용되고 있으며 농도의 제한없이 사용이 가능하다(Kim et al., 2008). 우리나라의 경우는 2007년 11월 9일 식품의약품안전청고시 2007-74호 식품첨가물의 기준 및 규격 중 개정 중 식품첨가물로 고시되어 사용되고 있다(KFDA, 2002). 대부분 식품에 미생물학적 안정성에 위해를 일으키는 원인으로서는 원재료의 세척단계와 식품들을 가공 처리하는 과정에서 교차오염 등이 있다. 따라서 본 연구에서는 오존수의 세척방법과 처리시간이 미생물학적 위해를 일으킬 수 있는 부패균인 *Listeria monocytogenes*(ATCC 19112), *Salmonella enterica* subsp. *enterica* biovar. *Typhimurium* (ATCC 12598), *Escherichia coli* O157:H7(ATCC 43890)의 제어에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

사용균주 배양

본 연구에 사용된 균주인 *L. monocytogenes*(ATCC 19112), *S. aureus*(ATCC 12598), *S. Typhimurium*(ATCC 3311), *E. coli*

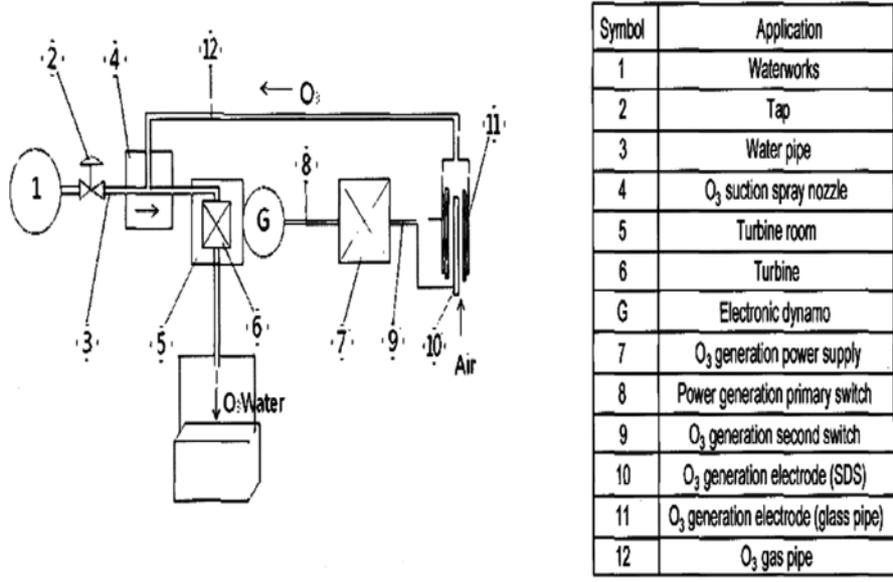
O157:H7(ATCC 43890)를 동결 건조된 laboratory stock culture 를 냉장온도에서 해동하여 사용하였다. 각 균주들을 Tryptic Soy Broth(Difco, NJ, USA), Nutrient Broth(Difco), LB Broth Miller(Difco) 등의 배지에 접종하여 37°C에서 증균하였고, 활성배양을 위하여 배양된 시험균을 멸균된 백금이를 이용하여 각각의 배지에 재 접종 한 후 37°C에서 총 3회 계대배양하였다.

시료 전처리

본 실험용 양상추, 시금치, 쇠고기는 서울에 위치한 대형 마트에서 당일 출하된 것을 구입하여 5°C에서 저장한 뒤 1일 이내에 사용하였다. 실험처리 군별로 시료의 중량의 약 10배의 수돗물로 침지, 주수 처리하여 애벌 세척 한 후 10 g씩 36개의 시료를 만들었다. 쇠고기는 -24°C에서 저장한 뒤 1일 이내에 흐르는 물에 해동하여 10 g씩 36개의 시료를 만들어 사용하였다. 도마는 가정이나 조리시설에서 생야채나 어육류 등 식품의 절단 작업 시 사용빈도가 높은 PP (polypropylene) 소재의 흰색 도마(Daiso, Seoul, Korea)를 구입하여 세척한 후에 dry oven에서 12시간 건조시킨 후 UV를 이용하여 2시간 동안 살균하였다.

오염균 접종

전처리 된 식품시료에 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 각 균주 10⁶ CFU/ml이 포함되어있는 현탁액을 각 전처리한 시료 10 g에 멸균 피펫을 이용하여 1 mL 접종시킨 뒤 잘 섞어준 후 균들이 시료 표면에 균등하게 부착될 수 있도록 1시간 동안 무균작업대에서 건조하였다. 도마의 접종은 전처리된 도마에 10⁶



| Symbol | Application |
|--------|--|
| 1 | Waterworks |
| 2 | Tap |
| 3 | Water pipe |
| 4 | O ₃ suction spray nozzle |
| 5 | Turbine room |
| 6 | Turbine |
| G | Electronic dynamo |
| 7 | O ₃ generation power supply |
| 8 | Power generation primary switch |
| 9 | O ₃ generation second switch |
| 10 | O ₃ generation electrode (SDS) |
| 11 | O ₃ generation electrode (glass pipe) |
| 12 | O ₃ gas pipe |

Fig. 1. Soking or watering system of ozonated water generator.

CFU/mL의 병원미생물이 포함되어 있는 현탁액을 도마표면 10×10 cm²의 면적에 분사 한 후 30분 동안 건조 시켰다. 접종 하지 않은 시료는 각 균주에 대한 음성 대조군으로 사용하였다. 식품이나 도마 등 다른 시료에 균주를 접종하여 살균력을 알아 보는 방법과는 달리 살균제인 오존수(0.2 ppm)와 수돗물에 직접 균주를 접종하여 살균제 자체의 살균력을 알아볼 수 있는 방법은 AOAC 960.09 (Association of Official Analytical Chemists, 2000)의 방법으로 하여 실험하였다. 접종은 10⁶ CFU/mL의 병원미생물이 포함되어 있는 현탁액을 각각 농도별 오존수와 수돗물 99 mL에 1 mL 씩 접종하였다. 음성 대조군은 바로 0.1 펄톤수 99 mL에 접종하였다.

오존수 생성장치

실험에 사용된 오존수 생성장치는 고압, 고주파 무성방전에 의해 저농도(0.2 ppm) 오존수를 생성하는 장치(Blue tap, Boryung, Ltd, Seoul, Korea)이다(Fig. 1).

실험 시 오존수의 농도를 오존모니터(Ebara Jitsugyo Co., LTD. PL-320, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

세척방법 및 오존수 처리

세척은 세척용액별로 수돗물, 오존수를 사용하였다. 오존수는 각 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ppm 농도별로 달리하여 세척하였다. 세척방법은 침지와 주수의 방법을 이용하여 세척하였으며 침지는 시료의 10배인 100 mL 세척용액에 담근 후 제거하였다. 세척시간은 모든 시료에 세척용액을 5분간 일정하게 처리한 후 drip drying하여 세척용액인 오존수, 수돗물은 시료에서 제거하였다.

미생물 균 수 측정

세척된 식품 시료 10 g과 음성대조군 시료 10 g을 90 mL의 멸균인산완충용액이 담긴 stomacher bag에 넣은 후 각 시료를 stomacher (Bagmixer 400, Interscience, Philadelphia, PA, USA)를 이용하여 8 stroke/sec로 90초간 균질화하였다. 균질화된 시료에서 액체 시료를 분리하여 멸균된 시험관에 모아서 측정하였다. 멸균인산완충용액으로 각 시료를 10의 배수로 희석하고, 멸균 피펫을 이용하여 10배씩 연속 희석

시켰다. 도마는 0.1% peptone water 10 mL 담긴 멸균된 swab (Environmental swab; 3M, China Ltd., Shanghai, China)을 이용하여 오염된 도마표면 10×10 cm²의 면적을 도말하여 균수를 측정하였다. 혼합액을 멸균된 피펫을 이용하여 0.1 peptone water로 10배씩 연속 희석하였다. 균주를 시료에 접종하는 것과 달리 살균제에 직접 접종하여 살균제 살균력을 알아 볼 수 있는 AOAC 방법으로 한 실험은 각 10⁶ CFU/mL의 병원미생물이 포함되어 있는 현탁액(1 mL)에 세척수(99 mL)를 넣은 후 균이 잘 섞이게 한 뒤 정확하게 5분 후에 멸균된 피펫을 이용하여 멸균인산완충용액으로 10배씩 연속 희석하였다. 희석된 혼합액을 각각 별 선택배지인 Tryptic Soy Agar, Nutrient Agar, LB Agar를 이용하여 접종한 후 37°C 에서 24시간 배양한 후 계수하였다.

결과처리

모든 실험은 3 반복 하여 평균값과 표준편차로 결과값을 나타내었다.

결과 및 고찰

오존수 및 수돗물 처리시 병원성 미생물의 변화

각 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ppm의 오존수와 염소 농도 0.38 ppm 수돗물에 병원성 미생물을 접종하여 농도별 오존수와 수돗물의 미생물 제어 효과의 결과를 Table 1에 나타내었다. 0.1 ppm 농도의 오존수에서 각 균별로 1.04, 1.35, 1.21, 1.26 log CFU/mL의 비교적 낮은 미생물 감소효과를 나타내었다. 0.2 ppm 농도의 오존수에서부터는 각 균 별로 모두 2 log CFU/mL 이상의 높은 미생물감소 효과를 나타내었다. 또한 수돗물 처리시 *L. monocytogenes*는 0.38 log CFU/g, *S. aureus*는 0.76 log CFU/mL, *S. Typhimurium*는 0.33 log CFU/mL, *E. coli* O157:H7 0.31 log CFU/mL 오존수 처리시 보다 낮은 미생물 감소효과를 나타내어 미생물 제어에 효과적이지 않은 것을 확인할 수 있었다. 본 실험 결과를 통해서 오존수가 수돗물보다 높은 미생물 감소 효과를 나타내었으며 농도가 증가할수록 미생물 감소 효과가 증가하여 농도의존적인 것을 확인할 수 있었다. 또한

Table 1. Reduction rate of microorganism in ozonated water and tap water

| Strain | Reduction rate (log CFU/mL) | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Ozonated water (ppm) | | | | | Tap water |
| | (0.1) | (0.2) | (0.4) | (0.6) | (1.0) | |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 1.24±0.12 | 2.63±0.39 | 3.05±0.15 | 3.43±0.23 | 4.85±0.29 | 0.38±0.02 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 1.35±0.14 | 2.30±0.28 | 2.56±0.14 | 3.18±0.21 | 4.14±0.32 | 0.76±0.04 |
| <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.21±0.10 | 2.03±0.10 | 2.72±0.18 | 3.18±0.26 | 4.45±0.31 | 0.33±0.02 |
| <i>E.coli</i> O157:H7 | 1.26±0.11 | 2.69±0.11 | 3.15±0.21 | 3.58±0.23 | 4.62±0.30 | 0.31±0.01 |

Values are mean±SD of triplicate determinations.

0.2 ppm의 저농도 오존수 처리시에도 미생물 제어 효과를 나타내어 오존수가 식품의 안전성을 향상시키는데 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

식품 및 도마에서의 오존수 처리 효과

식품위생에 있어서 오존수가 더욱 다양하게 사용될 수 있도록 식품과 도마 실험을 통해서 오존수가 식품에서 일어날 수 있는 미생물학적 위해에 어떠한 영향을 끼치는지 더욱 정확하게 규명하고자 하였다. *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 부패균 포함되어 있는 양상추, 시금치, 쇠고기를 각 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ppm의 오존수와 수돗물을 이용하여 침지와 주수의 방법으로 처리한 후 미생물 감소 효과 결과를 Table 2, 3에 나타내었다. 본 실험 결과 침지와 주수 방법 모두에서 수

돗물보다 오존수 세척시에 높은 미생물 감소 효과를 확인하였다. Oh et al.(2005)의 보고에 따르면 본 실험과 유사한 실험방법으로 쌈채소를 0.3 ppm 오존수를 시료중량의 10배로 하여 세척 시에 약 1.2-1.4 log CFU/mL 살균효과를 나타냈으며 수돗물 세척 시에 살균효과가 나타나지 않았다고 한 결과와 유사하고 Bang et al.(2007)이 양배추를 오존수와 수돗물로 처리하여 실험한 결과 오존수로 처리한 양배추에서 수돗물로 처리한 양배추보다 호기성 균이 2 log CFU/mL 이상 더 낮게 측정되어 본 실험의 결과와 일치하였다. 또한 Singh et al.(2002)은 오존수를 사용하여 주수와 침지의 방법으로 양상치를 세척하였을 때 미생물 감소 효과가 있다고 보고하여 본 실험 결과와 같으며, Park et al.(2005)은 버섯을 오존수와 수돗물을 사용하여 주수의 방법으로 세척한 실험결과 수돗물보다 오존수로 세척한 버섯에

Table 2. Reduction rate of microorganism with watering using ozonated water and tap water

| Food | Strain | Reduction rate (log CFU/mL) | | | | | |
|---------|-------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| | | Watering using ozone water (ppm) | | | | | Watering using tap water |
| | | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | |
| Lettuce | <i>Listeria monocytogenes</i> | 1.14±0.12 | 2.16±0.19 | 2.21±0.15 | 2.24±0.13 | 2.37±0.14 | 1.16±0.04 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 1.21±0.09 | 2.17±0.02 | 2.19±0.12 | 2.23±0.15 | 2.32±0.15 | 1.14±0.04 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.83±0.11 | 3.85±0.18 | 3.91±0.13 | 3.94±0.15 | 4.02±0.17 | 0.96±0.05 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1.42±0.13 | 2.64±0.05 | 2.70±0.10 | 2.74±0.12 | 2.84±0.12 | 0.80±0.02 |
| Spinach | <i>Listeria monocytogenes</i> | 1.47±0.10 | 2.25±0.03 | 2.27±0.12 | 2.30±0.13 | 2.34±0.16 | 0.55±0.05 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 1.54±0.08 | 2.34±0.02 | 2.36±0.10 | 2.40±0.10 | 2.43±0.13 | 0.40±0.03 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.17±0.12 | 2.32±0.12 | 2.38±0.14 | 2.41±0.13 | 2.52±0.14 | 0.25±0.04 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1.31±0.10 | 2.61±0.09 | 2.66±0.10 | 2.68±0.11 | 2.71±0.17 | 0.30±0.02 |
| Beef | <i>Listeria monocytogenes</i> | 1.13±0.08 | 2.70±0.02 | 2.81±0.12 | 2.87±0.11 | 2.90±0.16 | 0.86±0.03 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 1.16±0.12 | 2.48±0.02 | 2.52±0.13 | 2.57±0.13 | 2.61±0.18 | 0.98±0.02 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.82±0.10 | 2.36±0.06 | 2.39±0.14 | 2.39±0.12 | 2.42±0.14 | 0.77±0.05 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 2.43±0.11 | 3.18±0.13 | 3.27±0.10 | 3.32±0.14 | 3.40±0.16 | 0.91±0.02 |

Values are mean±SD of triplicate determinations.

Table 3. Reduction rate of microorganism with soaking using ozonated water and tap water

| Food | Strain | Reduction rate (log CFU/mL) | | | | | |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| | | Soaking using ozone water (ppm) | | | | | Soaking using tap water |
| | | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | |
| Lettuce | <i>Listeria monocytogenes</i> | 0.64±0.06 | 1.33±0.04 | 1.57±0.12 | 1.64±0.14 | 1.86±0.14 | 0.16±0.03 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 0.73±0.05 | 1.08±0.11 | 1.15±0.10 | 1.21±0.13 | 1.47±0.15 | 0.33±0.04 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.34±0.09 | 2.64±0.05 | 2.71±0.12 | 2.83±0.12 | 2.91±0.14 | 0.11±0.02 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1.26±0.11 | 2.50±0.09 | 2.58±0.13 | 2.67±0.13 | 2.74±0.15 | 0.49±0.02 |
| Spinach | <i>Listeria monocytogenes</i> | 1.16±0.12 | 2.00±0.10 | 2.11±0.10 | 2.15±0.15 | 2.18±0.16 | 0.10±0.52 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 1.05±0.07 | 1.76±0.08 | 1.80±0.10 | 1.83±0.10 | 1.86±0.14 | 0.37±0.03 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 1.02±0.08 | 1.69±0.01 | 1.73±0.11 | 1.76±0.13 | 1.82±0.16 | 0.23±0.03 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1.12±0.10 | 1.73±0.03 | 1.81±0.13 | 1.85±0.14 | 1.90±0.17 | 0.12±0.03 |
| Beef | <i>Listeria monocytogenes</i> | 0.76±0.05 | 1.44±0.05 | 1.51±0.11 | 1.53±0.13 | 1.62±0.15 | 0.84±0.06 |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | 0.83±0.06 | 1.81±0.17 | 1.89±0.12 | 1.92±0.12 | 2.04±0.16 | 0.19±0.01 |
| | <i>Salmonella</i> Typhimurium | 0.88±0.07 | 1.45±0.05 | 1.54±0.14 | 1.61±0.15 | 1.71±0.14 | 0.52±0.03 |
| | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1.32±0.11 | 2.92±0.13 | 3.12±0.14 | 3.26±0.20 | 3.41±0.21 | 0.77±0.03 |

Values are mean±SD of triplicate determinations.

Table 4. Reduction rate of microorganism with watering and soaking method of ozonated water from polypropylene board

| Strain | Reduction rate (log CFU/cm ²) | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Watering using ozone water (ppm) | | | | | Soaking using ozone water (ppm) | | | | |
| | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | 3.24±0.10 | 7.37±0.08 | 7.37±0.21 | 7.40±0.20 | 7.41±0.18 | 2.87±0.10 | 7.06±0.06 | 7.13±0.13 | 7.16±0.21 | 7.19±0.24 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 3.04±0.11 | 7.08±0.08 | 7.10±0.24 | 7.10±0.24 | 7.14±0.21 | 2.69±0.09 | 6.13±0.06 | 6.24±0.15 | 6.27±0.23 | 6.30±0.21 |
| <i>Salmonella</i> Typhimurium | 3.17±0.13 | 7.04±0.06 | 7.11±0.24 | 7.13±0.17 | 7.16±0.13 | 1.73±0.13 | 3.65±0.06 | 4.01±0.17 | 4.21±0.14 | 4.36±0.17 |
| <i>E. coli</i> O157:H7 | 3.02±0.15 | 6.55±0.18 | 6.57±0.25 | 6.57±0.15 | 6.60±0.25 | 1.38±0.12 | 2.46±0.23 | 3.61±0.19 | 3.76±0.13 | 3.84±0.16 |

Values are mean±SD of triplicate determinations.

서 미생물 감소 효과가 더욱 커 본 실험의 결과와 같았다. 이 밖에 Hwang et al.(2005)은 오존수를 이용하여 세척한 참외에서 오존수 처리구를 제외한 모든 참외에서 심한 부패 및 손상이 발견되어 오존수 세척이 미생물 감소 효과가 있는 것으로 나타났으며 Youm et al.(2004)은 양상치를 오존수를 사용하여 침지의 방법으로 세척한 결과 미생물의 성장이 더 느리게 진행되어 본 실험의 결과와 유사하였다. 주수의 방법으로 0.2 ppm 농도부터 양상치, 시금치, 쇠고기 모든 시료에서 각 균 별로 모두 2 log CFU/mL 이상의 미생물 감소 효과를 나타내었다. 침지의 방법으로 세척시에 0.2 ppm의 농도에서 양상치는 각 균 별로 1.33, 1.08, 2.64, 2.50 log CFU/mL, 시금치는 각 균 별로 2.00, 1.76, 1.69, 1.73 log CFU/mL 쇠고기는 각 균 별로 1.44, 1.81, 1.45, 2.92 log CFU/mL의 미생물 제어 효과를 나타내어 주수의 방법보다는 비교적 낮은 제어효과를 나타내었다. 세척 방법에 따른 미생물 제어 효과는 오존의 농도의 상관 없이 모든 시료에서 주수의 방법으로 처리한 것이 더욱 높은 미생물 제어 효과를 나타내었다. 위 같은 결과는 세척방법에 따른 물리적 요인과 주수로 세척 시 새로운 오존 라디칼 분자의 지속적인 접촉이 침지보다 주수의 방법이 더욱 기회가 많아 이 같은 결과에 영향을 미쳤을 것이라고 판단된다. 또한 오존의 농도가 증가할수록 생물 제어 효과 또한 증가하여 오존수의 미생물 제어가 농도 의존적임을 확인할 수 있었으며 이는 Lee (2008)가 배추를 오존수 세척하였을 때 오존처리 농도가 높을수록 살균효과가 증가하여 농도 의존적이라고 보고한 결과와 같았다. 수돗물을 이용하여 침지와 주수의 방법으로 처리한 결과에서는 침지와 주수 방법 모두 1 log CFU/mL이하의 미생물 감소 효과를 나타내어 세척방법에 따른 큰 차이를 보이지 않았으며 미생물 감소에 큰 효과가 없는 것으로 나타났다. Park et al. (2008)은 과일류를 일반 수돗물을 이용하여 5분간 세척 시 약 0.98 log CFU/mL 미생물 감소 효과가 있다 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 이러한 실험 결과와 본 실험의 결과를 종합 하여 세척 방법에서 침지보다 주수의 방법이 더욱 효과적인 것을 확인하였고 각 농도별 오존수의 미생물 감소 효과는 0.2 ppm의 농도부터 효과적으로 나타났으며 수돗물에서는 세척방법에 상관없이 미생물제어 효과가

크게 나타나지 않았다. 이 같은 실험 결과는 오존수의 강력한 산화력이 미생물을 사멸시켜 이 같은 결과에 영향을 끼쳤다고 판단되며 0.2 ppm의 저 농도의 오존수에서 뛰어난 미생물 감소 효과를 나타내어 식품에서 일어날 수 있는 미생물학적 위해를 안전하게 예방할 수 있다고 판단된다. 이러한 결과는 교차오염으로 인하여 식중독을 야기시켜 식품의 미생물학적 위해를 일으킬 수 있는 도마를 이용하여 실험한 결과에서도 확인할 수 있었다. *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 부패균 10⁶ CFU/cm²이 포함되어 있는 polypropylene 소재의 도마를 각 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ppm의 오존수와 수돗물을 이용하여 침지와 주수의 방법으로 세척한 후 미생물 제어 효과의 결과를 Table 4에 나타내었다. 오존수(0.1 ppm)으로 침지 방법을 이용하여 세척시 *L. monocytogenes*는 2.87 log CFU/cm², *S. aureus*는 2.69 log CFU/cm², *S. Typhimurium*는 1.73 log CFU/cm², *E. coli* O157:H7는 1.38 log CFU/cm² 미생물 감소효과를 나타내었고, 주수의 방법으로 세척시 *L. monocytogenes*는 3.24 log CFU/cm², *S. aureus*는 3.04 log CFU/cm², *S. Typhimurium*는 3.17 log CFU/cm², *E. coli* O157:H7는 3.02 log CFU/cm² 미생물 감소효과를 나타내어 세척방법에 따른 결과는 침지보다 주수의 방법이 미생물 억제 효과가 더욱 큰 것을 확인할 수 있었다. 이는 Kown et al.(2006)이 치커리를 오존수로 3분간 표면살균처리 하였을 때 약 4.39 log CFU/mL 감소를 나타낸 결과와 Park et al.(2009)이 HDPE 도마를 침수와 주수의 방법으로 오존수로 세척하였을 때 주수의 방법이 더욱 큰 살균효과를 보이고 오존수의 농도가 증가할수록 살균효과 또한 증가 하였다는 보고와 유사한 결과이다. 도마는 식품시료보다 비교적 낮은 농도인 0.1 ppm에서부터 높은 살균효과를 나타내었는데 그 원인으로 도마는 다른 식품시료에 비해 표면이 매끄럽고, 균질화하는 과정이 어렵기 때문에 같은 양의 병원성 미생물을 접촉하여도 부착의 차이가 위와 같은 결과를 나타내었다고 사료된다. Stauffer(1971)은 싱크대, 칼, 도마, 손 등을 통한 교차오염이 식중독을 발생 시킬 수 있다고 하였으며 Bae & Chun(2003)의 연구에서 전반적으로 일상생활의 도마의 위생상태가 좋지 않은 것으로 보고되어 도마의 세척 및 소독의 관리가 철저하게 이루어져야 한다

고 사료되며 그 방법으로 오존수를 이용하여 주수처리 하는 것이 안전하고 효과적인 방법이라고 판단된다. 본 연구에 사용된 오존수(0.2 ppm) 발생기는 무동력 자가 발전방식으로 전압공급장치, 발전발생 장치를 하나로 통합한 소형 발생기로 가정에서 설치 및 사용이 용이하며 실험 결과 본 기계가 생성하는 오존 농도 0.2 ppm에서의 미생물 제어의 효과가 크게 나타나 직접 식품과 식품의 처리과정에서 일어날 수 있는 미생물학적 위해를 간편하고 안전하게 예방할 수 있다고 판단된다.

요 약

본 연구는 식중독을 일으키는 병원성 미생물들은 식품시료와 교차오염 원인의 지표가 될 수 있는 도마에 접촉한 후 오존수와 일반 수돗물을 이용하여 세척한 후 미생물의 변화와 세척방법에 따른 미생물의 변화를 각각 비교 관찰하였다. 실험결과 일반 수돗물보다 오존수가 살균효과가 더 높았고, 같은 세척수로 세척 시에도 접촉 방법, 실험 시료 및 시료의 표면, 균질화에 따라 살균효과가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 세척방법으로는 침수보다 주수에서 살균효과가 더 컸으며 오존수의 농도는 0.2 ppm에서 유의적인 살균효과를 나타내었으며 오존수 농도가 0.4, 0.6, 1.0 ppm으로 증가함에 따라 농도 의존적으로 살균효과 또한 증가하였다. 위의 결과들을 통해 0.2 ppm 이상의 오존수가 부패 미생물 제어에 미치는 영향이 크고 식품의 제조 가공 시 여러 안전성 면에 있어서 오존수를 이용한 세척이 효과적이라고 생각된다.

참고문헌

- AOAC. Official method of Analysis of AOAC Intl. 16th ed. Method 960.09. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (2000).
- Hong HC, Liang Y, Han BP, Mazumder A, Wong MH. 2007. Modeling of trihalomethane (THM) formation via chlorination of the water from Dongjiang River (source water for Hong Kong's drinking water). *Sci. Total Environ.* 385: 48-57.
- Hwang TY, Park YJ, Moon KD. 2005. Effects of ozone water washing on the quality of melon. *Korean J. Food Preserv.* 12: 252-256.
- Ishizaki K, Shinriki N, Matsuyama H. 1986. Inactivation of *bacillus* spores by gaseous ozone. *J. Appl. Bacteriol.* 60: 67-72.
- Jaksch D, Margesin R, Mikoviny T, Skalny JD, Hartungen E, Schinner F, Mason NJ, Mark TD. 2004. The effect of ozone treatment on the microbial contamination of pork meat measured by detecting the emissions using PTR-MS and by enumeration of microorganisms. *Int. J. Mass Spectrom.* 239: 209-214.
- Kim YS, Park IS, Kim AK, Jeon KM, Seo YM, Choi SH, Lee YJ, Choi HY, Jeong DH, Kim HI, Ha SD. 2008. Application, utilization and management of ozone water in food manufacturing. *J. Food Hyg. Safety* 23: 98-107.
- Kown JY, Kim BS, Kim GH. 2006. Effect of washing methods surface sterilization on quality of fresh-cut chicory (*Clechorium intybus* L.var. *foliosum*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 28-34.
- Lee BW, Cheon SH. 1996. Change in the microorganism of pepper (*Piper nigrum* L.) treated with ozonated water. *Korean J. Post-harvest. Sci. Agri. Products* 3: 145-148.
- Lee KH. 2008. Effect of ozone treatment for sanitation of chinese cabbage and salted Chinese cabbage. *J. Korean Soc. Food Sci Nutr.* 37: 90-96.
- Oh SY, Choi ST, Kim JK, Lim CI. 2005. Removal effects of washing treatments on pesticide reduces and microorganisms in leafy vegetable. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23: 250-255.
- Park IS, Kim YS, Baek SB, Kim AY, Choi SH, Lee YJ, Jeon DH, Kim HI, Ha SD. 2009. Effect of ozone water to reduce pathogenic microorganism on chopping Board. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 225-229.
- Park JS, Nam ES, Park SI. 2008. Anti-microbial effects of washing and chlorine treatment on fresh fruits. *Korean J. Food and Nutr.* 21: 176-183.
- Sindhuja S, Samir KK, Anthony L, Pometto III, Leeuwen VJ. 2008. Ozone as a selective disinfectant for nonaseptic fungal cultivation on corn-processing wastewater. *Bioresource Technol.* 99: 8265-8272.
- Sivapalasingam S, Friedman CR, Cohen L, Tauxe RV. 2004. Fresh produce: a growing cause of foodborne illness in the United States. *J. Food Prot.* 67: 2342-2353.
- Suzuki T. 1996. Sterilization by electrolyzed water. *Bio Ind.* 13: 15-27.
- Venkitanarayan KS, Ezeike GO, Hung YC, Doyle MP. 1999. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. *J. Food Prot.* 62: 857-860.
- Whiting RC. 1995. Microbial modeling, in food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35: 467-494.
- Zeynep B, Guzel S, Annel K, Seydim AC. 2004. Use of ozone in the food industry. *Lebensm-Wiss Technol.* 37: 453-460.