



이산화염소수를 이용한 건고추의 미생물 저감화 효과

Antimicrobial Effects of Chlorine Dioxide Against Microorganisms on Dried Red Chili Peppers

김은경 · 김희경*

원광대학교 농식품융합대학 식품영양학과

Kim, Eungyeong · Kim, Hoikyung*

Department of Food and Nutrition, Wonkwang University

Abstract

We determined antimicrobial efficacy of commercial chlorine dioxide(ClO₂) sanitizers and HCl-based ClO₂ solution against total aerobic mesophiles on dried chili peppers. Three types of commercial sanitizers (Cloee F Plus, Ildong Cleaner, and Inopus ODX 7) were tested to inactivate microorganisms on whole or cut dried chili pepper at 200 ppm for 10 min. Regardless of types of chili peppers, sanitizer Inopus had the greatest antimicrobial effectiveness against microorganisms. All sanitizers tested did not show any residual effect after 30 min of hot air drying. Hydrochloric acid-based chlorine dioxide solution was also prepared and tested for its antimicrobial activity followed by hot air drying. Chili peppers were also repeatedly treated with HCl-based ClO₂ solution at 100 ppm or 200 ppm for 2 min. The ClO₂ solution followed by hot air drying significantly reduced the microbial populations on whole chili peppers, whereas there was no significant difference in antimicrobial activities of the treatment as affected by its concentration. In addition, the same concentration of chlorine dioxide inactivated more rapidly microorganisms on chili peppers on which calyx has been removed, compared to those with calyx.

Keywords: dried chili pepper, chlorine dioxide, antimicrobial, microorganisms

I. 서론

가지과에 속하는 고추(*Capsicum annuum* L.)는 남아메리카 지역이 원산지이며, 우리나라의 식생활에서 이용되는 대표적인 향신료이다(Lim *et al.*, 2012). 고추는 수확 후 건고추 형태로 저장 및 유통되며, 주로 고춧가루로 가공되어 소비되고 있다(Kim, 1997). 고추의 경우 다른 과채류에 비해 재배기간이 길며, 4-8월 사이에 재배되기 때문에 온도가 높고 장마 기간으로

인하여 병충해나, 미생물에 오염될 가능성이 높다(Woo *et al.*, 2012). 또한 고추는 건조, 가공, 저장, 유통 과정을 거치며 곰팡이 및 세균과 같은 미생물의 오염 가능성이 높다(Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2015).

우리나라의 식생활에서는 고춧가루가 빈번하게 사용되며, 가열하지 않는 무침 류나 가열 조리 후 첨가하여 이용할 경우, 고춧가루 섭취를 통한 식중독이 발생할 수 있다. 실제로 *Salmonella* spp. (Jeong *et al.*, 2010;

* Corresponding author : Kim, Hoikyung

Tel : +82-63-850-6894; Fax : +82-63-850-7301

E-mail address : hoikyung@wku.ac.kr

본 과제는 전라북도 R&D 지원사업의 지원 (과제번호 : 20161019-c1-002)에 의해 수행되었습니다.

© 2018, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

Sardiñas *et al.*, 2011), *Bacillus cereus* (Jeong *et al.*, 2010), *Aspergillus* spp. (Zweifel & Stephan, 2012), *Escherichia coli* (Lee *et al.*, 1997; Song *et al.*, 2012) 등이 고추나 고춧가루에서 검출된 바가 있었다. 고춧가루는 미생물학적 위해 가능성이 있음에도 불구하고 우리나라의 식품공전 상의 고춧가루에 대한 미생물 규격은 하워드 곰팡이 계수장치에 의한 곰팡이 양성 비율 20% 이하, 대장균($n=5, c=2, m=0, M=10$) 기준만 존재하고 있는 실정이다(MFDS, 2017).

과거 건고추 및 고춧가루의 미생물 제어를 위하여 ethylene dibromide, ethylene oxide, propylene oxide 등의 훈증 살균이 이용되었으나 잠재적 독성 문제로 인하여 국내·외에서 사용이 금지되고 있는 추세이다(Jung *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2015). 또한 미생물 저감화를 위해 UV 조사, 이산화염소수 처리, 오존수, 유기산 처리, 적외선 처리, 방사선 조사, 전자빔 조사 등과 같은 다양한 방법이 적용되었다(Jung *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2015). 하지만 감마선 조사의 경우 식품 고유의 색과 냄새 성분을 변화시키며, 적외선 처리의 경우 살균 효과가 충분하지 않을 수 있고, 방사선 조사의 경우 별도의 특정 시설이 필요하며 유해성 논란이 있어 식품의 미생물을 저감화시키기 위한 방법으로 적용하기에 어려움이 있다(Jung *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2004). 또한 전자빔 조사의 경우 필요 조사선량에 맞춰 별도의 기기 제작이 필요하며 낮은 조사선량에서는 충분한 살균 효과를 얻을 수 없고(Lee *et al.*, 2015), 유기산(Kang *et al.*, 2016)이나 오존수(Kim *et al.*, 2007)를 이용한 경우에는 충분한 살균효과를 얻기에 한계가 있었다.

이산화염소(ClO_2)는 염소와 유사한 살균작용을 가지지만 염소보다 산화력이 2.5배 이상 강하고, 별도의 장비 없이 쉽게 제조가 가능하며 필요한 농도에 맞춰 희석하여 실험에 적용할 수 있는 이점이 있으며, 가열처리를 할 수 없는 신선 채소 등의 미생물 제어에 효과적이다(Benarde *et al.*, 1965; Kim *et al.*, 2009). 이산화염소수를 적용하여 피망에 접종된 *Listeria monocytogenes*(Han *et al.*, 2001), 사과에 접종된 내열성호산성균의 포자(Lee *et al.*, 2006), 당근의 호기성중온균(Gómez-López *et al.*, 2007), 줄기상추의 일반세균(Chen *et al.*, 2010), 청경채 종자에 접종된 *E. coli* O157:H7, *S. enteritica*(Choi *et al.*, 2016) 등의 미생물을 제어한 연구 결과가 있다.

본 연구에서는 고춧가루 제조용 건고추를 시판 이산화염소계 살균소독제와 염산을 이용하여 제조한 이산화염소수로 세척 후 일반세균(aerobic mesophiles) 저감 효과를 각각 확인하고자 하였다. 또한 시판 이산화염소계 살균소독제보다 미생물 감소 효과가 높았던 염산을 이용하여 제조한 이산화염소수의 경우 농도에 따른 건고추의 미생물 개체수 감소 효과와 고추의 꽃받침 제거 여부에 따른 살균효과를 규명하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 건고추 시료 준비

고추(*Capsicum annum* L.) 시료는 전북 정읍의 대풍년영농조합법인에서 2017년 4월-6월에 건고추 및 절단된 건고추를 제공받아 시료로 사용하였다. 본 실험에서 사용된 시료는 업체에서 에어 세척 공정을 거쳐 선별된 통 건고추와 에어 세척 후 절단 공정을 거친 절단 건고추를 제공 받았다. 절단 건고추 시료의 크기를 측정된 결과 대략 1-1.5cm × 1-1.5 cm로 측정되었다.

2. 살균소독제 준비

이산화염소수는 시판용 3 가지와 염산을 이용하여 제조한 용액을 사용하였다. 시판 이산화염소계 살균소독제는 Cloee F Plus(A; N-Plants Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea), Ildong Cleaner 8%(B; ID Chem solution Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea) 및 Inopus ODX 7(C; INOPUS Co., Ltd., Seoul, Korea) 제품을 구입하였다.

제조용 이산화염소수는 sodium chlorite(Alfa Aesar, Ward Hill, MA, USA) 18 g 에 멸균증류수 300 ml 를 넣고, 1N-Hydrochloric acid standard solution (Dejung chemicals & metals Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea) 7 ml를 첨가하여 1 시간 동안 교반하여 준비하였다.

각 시판 살균소독제 및 HCl-기반 이산화염소수의 이산화염소 농도는 chlorine colorimeter(DR820, Hach Company, CO, USA)로 이산화염소(ClO_2)의 농도를 측정하여 100 ppm 또는 200 ppm으로 희석하여 준비하였다.

3. 고추 시료의 살균소독제 처리

통건고추 및 절단 건고추 시료를 멸균된 250 ml bottle에 10 g 씩 취하여 준비하고, 100 또는 200 ppm 으로 희석한 살균소독제를 각각 200 ml 씩 넣고 shaker를 이용하여 300 rpm으로 2 분 또는 10 분 동안 교반하며 세척하였다. 세척이 끝난 고추 시료는 멸균된 체에 올려놓고, 50°C에서 30 분 또는 1 시간 동안 건조하였다.

살균소독제를 2회 처리하는 경우는 위의 방법대로 2 분 동안 1회 처리 후 30 초 간 탈수하고, 같은 방법으로 한번 더 세척과 탈수를 거친 후 멸균된 체에 놓고 50°C에서 1 시간 동안 건조시켰다.

4. 일반세균수 분석

일반세균(aerobic mesophiles) 분석은 살균소독제 처리 직후와 처리 후 건조된 건고추 시료(10 g)를 sampling bag(1930F; 3M Science, Seoul, Korea)에 넣고 100 ml의 D/E neutralizing broth(BBL/Difco, Sparks, MD, USA)와 혼합하여 260 rpm 으로 1 분간 stomach 하였다. 각 시료 혼합액은 0.1% peptone water에 연속으로 십진 희석하여 Tryptic soy agar (BBL/Difco, Sparks, MD, USA) 에 도말 하고, 37°C에서 48 시간 동안 배양 후 계수하였다.

5. 통계 분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였고, 결과는 SAS (Statistical Analysis System, Ver. 9.4)의 general linear model을 이용하여 통계 분석하였다. 살균소독제를 처리한 건고추의 미생물 감소 효과는 Fisher's least significant difference(LSD) test를 이용하여 유의적인 차이를 확인하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시판 이산화염소계 살균소독제를 이용한 건고추의 미생물 저감화 효과

건고추 시료(절단 건고추, 통건고추)는 시판 이산화염소계 살균소독제 3종을 200 ppm으로 희석하여 10 분간 처리하고, 50°C에서 30 분 동안 열풍 건조한 뒤 일반세균수의 변화를 확인하였다 <Table 1>.

절단 건고추의 경우 일반세균수는 5.33 log cfu/g에서 이산화염소계 살균소독제를 처리한 직후 3.97-4.32 log cfu/g으로 감소하였으나, 대조구(멸균 증류수 처리)와 비교하여 살균소독제의 종류에 관계없이 모두 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 대조구의 경우 멸균 증류수로 처리한 직후 5.33 log cfu/g이었지만 30 분

<Table 1> Populations of aerobic mesophiles on dried red chili peppers treated with commercial chlorine dioxide sanitizers (200 ppm as ClO₂) for 10 min and hot air-dried for 30 min at 50°C

Sample	Sanitizers	Populations (log cfu/g) After	
		Treatment with sanitizer	Treatment with sanitizer followed by hot air drying
Cut	Water	a ¹ 5.33± 0.16 A ²	a 5.36 ± 1.13 A
	A	a 4.32 ± 1.56 A	a 4.47 ± 1.00 A
	B	a 4.29 ± 0.57 A	b 2.42 ± 0.56 B
	C	a 3.97 ± 0.31 A	ab 3.85 ± 1.26 A
Whole	Water	a 5.14 ± 1.20 A	a 3.97 ± 0.65 A
	A	ab 3.01 ± 0.57 A	a 3.20 ± 1.75 A
	B	b 1.94 ± 0.35 A	a 0.97 ± 0.95 A
	C	b 1.71 ± 1.95 A	a 3.40 ± 2.47 A

A: Cloee F Plus, B: Ildong Cleaner 8%, C: Inopus ODX 7

¹ Within the same type of sample, values in the same column that are preceded by the same lowercase letters are not significantly different (α = 0.05).

² Within the same row, values that are followed by the same capital letters are not significantly different (α = 0.05).

동안 열풍 건조한 후에도 5.36 log cfu/g을 나타내어 세척 직후와 비교하여 열풍 건조에 따른 일반세균수 감소는 나타나지 않았다. 살균소독제 A, B, C 처리 후 열풍 건조한 절단 건고추는 각각 4.47 log cfu/g, 2.42 log cfu/g, 3.85 log cfu/g으로 나타났다. 세가지 시판 살균소독제 중에서 살균소독제 B만 세척직후와 비교하여 열풍건조 후 추가적인 일반세균수의 감소가 나타났다. 살균소독제 B로 세척한 경우에는 세척 직후 4.29 log cfu/g에서 세척 후 열풍건조한 절단 건고추의 일반세균수가 1.87 log cfu/g 만큼 유의적으로 감소하였다.

통건고추의 경우 대조구(멸균 증류수)에서는 세척 직후 일반세균수가 5.14 log cfu/g으로 나타났다. Byun *et al.*(1996)의 연구에서 감마선 처리 전 통건고추의 총 호기성 미생물 수가 1.2×10^5 cfu/g으로 본 연구의 세척 직후와 비슷한 값으로 보고되었다. 살균소독제 A, B, C를 처리한 직후는 각각 3.01 log cfu/g, 1.94 log cfu/g, 1.71 log cfu/g으로 살균소독제 종류와 관계없이 대조구와 비교하여 모두 일반세균수가 유의적으로 감소하였다. 통건고추의 일반세균수 변화는 대조구와 비교하여 살균소독제 B와 C로 처리한 경우 3.2 log cfu/g 이상 유의적으로 감소한 것으로 나타났다. 대조구의 경우 멸균 증류수 처리 후 30 분 동안 열풍 건조한 통건고추의 일반세균수는 3.97 log cfu/g으로 멸균 증류수 처리 직후와 비교하여 유의적 차이는 없었으며, 살균소독제로 처리한 경우에도 열풍 건조 후 추가적인 감소는 발생하지 않았다.

멸균 증류수로 처리한 대조구와 비교하여 동일한 살

균소독제를 처리한 경우 절단 건고추보다는 통건고추에서 일반세균수 감소 효과가 더 높은 것으로 나타나는데, 이는 건고추의 절단으로 인한 표면적이 증가하여 이산화염소와의 반응 면적이 커졌기 때문인 것으로 보여진다.

2. HCl-기반 이산화염소수 세척을 통한 건고추의 일반세균수 감소 효과

건고추(절단 건고추, 통건고추) 시료를 조제한 이산화염소수(HCl 기반) 200 ppm으로 10 분간 세척 후 50°C에서 30 분 동안 열풍 건조하여 일반세균수 변화를 확인하였다<Table 2>.

이산화염소수 처리 직후 절단 건고추의 일반세균수는 4.74 log cfu/g으로 멸균 증류수로 처리 직후(5.38 log cfu/g)와 비교하여 약간 감소하였으나 유의적 차이는 나타나지 않았다. 대조구와 이산화염소수 처리구 모두 세척 직후에 비하여 열풍 건조 처리 후에 추가적인 일반세균수의 감소가 발생하지는 않았다. 하지만, 이산화염소수 처리 후 30 분 동안 열풍 건조한 절단 건고추의 일반세균수는 3.10 log cfu/g으로 대조구의 5.12 log cfu/g에 비하여 2.02 log cfu/g 만큼 유의적으로 적은 일반세균수가 검출되었다.

통건고추의 경우도 마찬가지로 이산화염소수 처리 직후 대조구와 비교하여 미생물 개체수가 1.16 log cfu/g 만큼 감소하였으나 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다. 이산화염소수로 세척 후 30 분 동안 열풍 건조시킨 통건고추의 일반세균수는 1.90 log cfu/g으로

<Table 2> Populations of aerobic mesophiles on dried red chili peppers treated with HCl-based chlorine dioxide (200 ppm) solution for 10 min and hot air-dried for 30 min at 50°C

Sample	Sanitizers	Populations (log cfu/g) after	
		Treatment with sanitizer	Treatment with sanitizer followed by hot air drying
Cut	Water	a ¹ 5.38± 0.03 A ²	a 5.12 ± 0.38 A
	ClO ₂	a 4.74 ± 1.38 A	b 3.10 ± 0.53 A
Whole	Water	a 4.69 ± 0.52 A	a 4.27 ± 0.53 A
	ClO ₂	a 3.53 ± 1.34 A	b 1.90 ± 0.78 A

¹ Within the same type of sample, values in the same column that are preceded by the same lowercase letters are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

² Within the same row, values that are followed by the same capital letters are not significantly different ($\alpha = 0.05$).

나타나 증류수로 세척한 시료에 비하여 2.37 log cfu/g 만큼 적은 일반세균수를 보였다. 이산화염소수 처리 직후 통건고추의 일반세균수는 3.53 log cfu/g에서 30 분 동안 열풍 건조 후 1.63 log cfu/g 만큼 감소하였으나 통계적으로 차이가 없었다.

앞서 시판 이산화염소계 살균소독제와 마찬가지로 HCl-기반 이산화염소수를 처리한 결과 절단 건고추보다 통건고추에서 일반세균수의 감소가 높은 것으로 나타났다는데, 이는 통건고추보다 절단 건고추의 반응 표면적이 증가하여, 이산화염소수의 산화력이 급격히 감소하기 때문인 것으로 보여진다. 절단 건고추와 통건고추 모두에서 이산화염소수 세척만 하는 경우보다 세척 후 추가적인 열풍 건조를 한 건고추의 일반세균수가 더 많이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Kim *et al.*(2017)의 연구에서는 200 ppm의 이산화염소수로 1 분 동안 세척한 고추의 *B. cereus* 포자가 3.2 log cfu/sample 만큼 감소하였으며, 세척 후 12 시간 이상 열풍 건조시킨 고추에서는 *B. cereus* 포자가 검출한계 미만으로 감소하였다는 연구 결과가 있었다. Han *et al.*(2001)의 연구에서도 표면이 손상되지 않은 피망을 3 mg/l의 이산화염소수로 10 분 동안 세척한 후 *L. monocytogenes*의 개체수를 3.7 log cfu/5 g 만큼 감소시켰다. HCl-기반 이산화염소수의 농도를 달리하여 통건고추에 2 분 동안 처리한 뒤 30 초 동안 탈수하고, 동일 농도의 HCl-기반 이산화염소수를 같은 방법으로 2 분간 한번 더 처리하여 30 초 탈수를 반복하고 50°C에서 1 시간 동안 열풍 건조 후의 일반세균수 변화를 확인하였다<Table 3>.

이산화염소수 세척 시간은 2 분씩 2회로 앞서 진행한 10 분 보다 총 처리 시간은 짧았다. 멸균 증류수를 처리한 통건고추는 2회의 이산화염소수 세척 직후 3.38 log cfu/g 이었으며, 이산화염소수 농도 100 ppm과 200 ppm의 경우 2.60 log cfu/g으로 대조구와 비교하여 0.78 log cfu/g 만큼 유의적으로 감소하였다. 이산화염소수 세척 후 50°C에서 1 시간 동안 열풍 건조시킨 후 통건고추의 일반세균수는 대조구 3.50 log cfu/g, 이산화염소수 100 ppm 처리 시 1.68 log cfu/g, 200 ppm 처리 시 1.55 log cfu/g으로 감소하였다. 이산화염소수 처리 직후와 비교하여 열풍 건조를 추가적으로 실시하였을 때, 일반세균수는 이산화염소수 처리 농도에 관계없이 모두 유의적으로 감소하였다. Kim *et al.*(2008)의 연구에서는 100 µg/ml 농도의 유기산 기반 이산화염소수를 10 분 동안 처리 했을 때, 6.5 log cfu/ml의 *B. cereus* 포자를 모두 검출한계 미만(0.3 log cfu/ml)으로 감소시켰다는 연구결과가 있다. 이산화염소수의 처리 농도에 따른 차이를 확인하고자 하였으나, 100 ppm과 200 ppm 모두에서 비슷한 수치의 일반세균수 감소를 보였으며, 이산화염소수 처리 직후는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이산화염소수 처리 직후 1 시간 동안 열풍건조 하는 경우 200 ppm의 이산화염소수로 처리한 통건고추에서 100 ppm으로 처리한 경우에 비하여 0.13 log cfu/g 만큼 낮은 일반세균수가 나타났다으나 유의적 차이는 없었다. Kim *et al.*(2017)의 연구에서도 고추에 100 µg/ml와 200 µg/ml의 이산화염소수를 처리했을 때, *B. cereus* 포자의 감소에 모두 비슷한 영향을 미쳐 100 ppm과 200 ppm의 경우 농도

<Table 3> Populations of aerobic mesophiles on dried red chili peppers treated with HCl-based chlorine dioxide solution for 2 min and dehydrated twice followed by hot air-drying for 1h at 50°C

Sanitizer	Concentration of ClO ₂	Populations (log cfu/g) after	
		Treatment with sanitizer	Treatment with sanitizer followed by hot air drying
Water	0 ppm	a ¹ 3.38 ± 0.05 A ²	a 3.50 ± 0.28 A
HCl-based ClO ₂	100 ppm	b 2.60 ± 0.15 A	b 1.68 ± 0.24 B
	200 ppm	b 2.60 ± 0.15 A	b 1.55 ± 0.38 B

¹ Within the same column, values that are preceded by the same lowercase letters are not significantly different (α = 0.05)

² Within the same low, values that are followed by the same capital letters are not significantly different (α = 0.05)

에 따른 감소효과의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 통건고추의 살균소독제 처리 시간에 따른 일반세균수의 변화는, 10 분 동안 1회 처리 했을 때 보다 2 분씩 2회 처리를 반복 했을 때의 일반세균수가 더 감소하는 것으로 나타났다. Patel *et al.*(2012)의 연구에서는 *B. subtilis* 포자에 24 또는 48 µg/ml 농도의 ClO₂를 2 분 동안 처리했을 때, 포자를 완전히 불활성화 시켰으며, Choi *et al.*(2016)의 연구에서는 200 µg/ml 농도의 이산화염소수를 5 분 동안 처리 직후 *E. coli* O157:H7의 초기 개체수 5.4 log cfu/g seed에서 1.1 log cfu/g seed로 감소하였으며, 이산화염소수 처리 및 24 시간 건조 후 검출한계 미만으로 감소하였다는 보고가 있었다. 따라서 살균소독제의 처리 시간을 줄이고 처리 횟수를 증가시키는 것이 통건고추의 일반세균수 감소에 더 큰 영향을 줄 수 있을 것으로 보여진다.

건고추의 꽃받침 부위에 미생물 오염이 많을 것으로 추정되어 통건고추의 꽃받침을 제거한 뒤 HCl-기반 이산화염소수 200 ppm으로 2 분간 2회 반복하여 세척하여 일반세균수의 변화를 관찰하였다 <Table 4>.

꽃받침을 제거한 건고추를 이산화염소수로 세척한 직후, 일반세균수는 대조구(평균 증류수 세척) 3.28 log cfu/g과 비교하여 1.87 log cfu/g으로 유의적인 차이를 보였다. 세척 후 1 시간 동안 건조시킨 후 대조구는 3.17 log cfu/g, 이산화염소수 처리구는 1.06 log cfu/g으로 나타났다. 세척 직후와 비교하여 1 시간 동안 건조한 경우 유의적인 감소는 확인되지 않았다.

본 연구에서는 꽃받침을 제거한 건고추<Table 4>와 꽃받침을 제거하지 않은 통건고추<Table 3>와 비교했을 때, 꽃받침을 제거한 건고추인 경우 동일한 세척방법 적용 시 일반세균수 감소가 더 큰 것으로 나타났다.

나 유의성은 비교되지 않았다. 하지만 꽃받침을 제거한 건고추를 이산화염소수로 세척을 했을 때 좀 더 안정적인 일반세균수 감소 효과를 얻을 수 있을 것으로 보여진다.

IV. 요약 및 결론

본 연구의 결과 시판 살균소독제 또는 이산화염소수를 이용하였을 때, 절단 건고추보다 통건고추의 일반세균수 감소 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 시판 살균소독제의 경우 절단 건고추와 통건고추를 살균소독제로 10 분 세척 직후 유의적인 일반세균수 감소가 나타났지만, 세척 후 열풍건조한 경우 유의적인 일반세균수 감소가 추가적으로 발생하지 않았다. HCl-기반 이산화염소수의 10 분 처리 후 열풍 건조한 경우도 시판 살균소독제로 처리한 경우와 비슷하게 열풍 건조 후에 일반세균수의 추가적인 감소가 없는 것으로 나타났다. 건고추의 미생물 개체수를 감소시키기 위한 방법으로 살균소독제로 세척하는 경우 총 세척시간이 긴 것보다는 세척시간이 짧더라도 살균소독제의 반복적인 처리가 더 효과적인 것으로 나타났다. HCl-기반 이산화염소수는 100 ppm과 200 ppm으로 2 분씩 2회 처리 직후 모두 통건고추의 일반세균수를 유의적으로 감소시켰으며, 세척 후 열풍건조에 따른 일반세균수의 추가적인 감소가 또 발생하였으나 농도에 따른 차이는 보여지지 않았다. 꽃받침을 제거한 통건고추에 200 ppm의 이산화염소수를 2 분씩 2회 처리했을 때 꽃받침을 제거하지 않은 경우에 비하여 일반세균수 감소효과가 더 높게 나타났다. 따라서 건고추의 선별 과정에서 꽃받침을 제거한

<Table 4> Populations of aerobic mesophiles on dried red chili peppers without calyx treated with HCl-based chlorine dioxide solution for 2 min and dehydrated twice followed by hot air-drying for 1 h at 50°C

Sanitizer	Populations (log cfu/g) after	
	Treatment with sanitizer	Treatment with sanitizer followed by hot air drying
water	a ¹ 3.28 ± 0.14 A ²	a 3.17 ± 0.19 A
HCl-based ClO ₂ (200 ppm)	b 1.87 ± 0.58 A	b 1.06 ± 0.27 A

¹ Within the same column, values that are preceded by the same lowercase letters are not significantly different ($\alpha = 0.05$)

² Within the same low, values that are followed by the same capital letters are not significantly different ($\alpha = 0.05$)

뒤 살균소독제를 처리한다면 좀 더 높은 미생물 저감화 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

주제어: 건고추, 고춧가루, 이산화염소, 살균소독제

REFERENCES

- Benarde, M. A., Israel, B. M., Olivieri, V. P. & Granstrom, M. L. (1965). Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide. *Applied Microbiology*, 13(5), 776-780.
- Byun, M. W., Yook, H. S., Kwon, J. H. & Kim, J. O. (1996). Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 28(3), 482-489.
- Chen, Z., Zhu, C., Zhang, Y., Niu, D. & Du, J. (2010). Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 58(3), 232-238.
- Choi, S., Beuchat, L. R., Kim, H. & Ryu, J. H. (2016). Viability of sprout seeds as affected by treatment with aqueous chlorine dioxide and dry heat, and reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* on pak choi seeds by sequential treatment with chlorine dioxide, drying, and dry heat. *Food Microbiology*, 54, 127-132.
- Gómez-López, V. M., Devlieghere, F., Ragaert, P. & Debevere, J. (2007). Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *International Journal of Food Microbiology*, 116(2), 221-227.
- Han, Y., Linton, R. H., Nielsen, S. S. & Nelson, P. E. (2001). Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *Journal of Food Protection*, 64(11), 1730-1738.
- Jeong, A. R., Jo, M. J., Koo, M. S., Oh, S. W., Ku, K. H., Park, J. B. & Kim, H. J. (2010). Microbiological contamination of fresh-red pepper and packaged-red pepper powder in South Korea. *Preventative Nutrition and Food Science*, 15(3), 233-238.
- Jung, J. J., Choi, E. J., Lee, Y. J. & Kang, S. T. (2011). Effects of infrared pasteurization on quality of red pepper powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 43(2), 156-160.
- Kang, J. H., Park, S. M., Kim, H. G., Son, H. J., Lee, K. Y., Kang, K. N., Park, J. T. & Song, K. B. (2016). Combined treatment of aqueous chlorine dioxide, organic acid, and blanching for microbial decontamination of wild vegetables after harvest. *Journal of The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(2), 277-283.
- Kim, H., Kang, Y., Beuchat, L. R. & Ryu, J. H. (2008). Production and stability of chlorine dioxide in organic acid solutions as affected by pH, type of acid, and concentration of sodium chlorite, and its effectiveness in inactivating *Bacillus cereus* spores. *Food Microbiology*, 25(8), 964-969.
- Kim, J. G., Luo, Y. & Lim, C. I. (2007). Effect of ozonated water and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. *Korean Journal of Food Preservation*, 14(1), 54-60.
- Kim, M. H., Kim, Y. J., Kim, K. S., Song, Y. B., Seo, W. J. & Song, K. B. (2009). Microbial changes in hot peppers, ginger, and carrots treated with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid. *Korean Journal of Food Preservation*, 16(6), 1013-1017.
- Kim, M. H. (1997). Color development of whole red peppers during drying. *Food Engineering Progress*, 1(3), 174-178.

- Kim, S., Lee, H., Ryu, J. H. & Kim, H. (2017). Inactivation of *Bacillus cereus* Spores on Red Chili Peppers Using a Combined Treatment of Aqueous Chlorine Dioxide and Hot-Air Drying. *Journal of Food Science*, 82(8), 1892-1897.
- Lee, H. J., Kim, G. R., Park, K. H., Kim, J. S. & Kwon, J. H. (2015). Effect of Electron Beam Irradiation on Microbiological and Physicochemical Properties of Dried Red Pepper Powders of Different Origin. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 13-19.
- Lee, J. E., Lee, M. H. & Kwon, J. H. (2000). Effects of electron beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 32(2), 271-276.
- Lee, J. H., Sung, T. H., Lee, K. T. & Kim, M. R. (2004). Effect of Gamma-irradiation on Color, Pungency, and Volatiles of Korean Red Pepper Powder. *Journal of Food Science*, 69(8), 585-592.
- Lee, S. H., Lee, H. J. & Byun, M. W. (1997). Effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial decontamination and physicochemical properties of red pepper powder. *Journal of The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 26(3), 462-467.
- Lee, S. Y., Dancer, G. I., Chang, S. S., Rhee, M. S. & Kang, D. H. (2006). Efficacy of chlorine dioxide gas against *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores on apple surfaces. *International Journal of Food Microbiology*, 108(3), 364-368.
- Lim, Y. R., Kyung, Y. N., Jeong, H. S., Kim, H. Y., Hwang, I. G., Yoo, S. M., & Lee, J. S. (2012). Effects of drying methods on quality of red pepper powder. *Journal of The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 41(9), 1315-1319.
- MFDS. (2017) Food code. Retrived February 19,2018, from http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=33.
- Patel, M., Ebonwu, J. & Cutler, E. (2012). Comparison of chlorine dioxide and dichloroisocyanurate disinfectants for use in the dental setting. *South African Dental Journal*, 67(7), 364-369.
- Sardiñas, N., Gil-Serna, J., Santos, L., Ramos, A. J., González-Jaén, M. T., Patiño, B. & Vázquez, C. (2011). Detection of potentially mycotoxigenic *Aspergillus* species in *Capsicum* powder by a highly sensitive PCR-based detection method. *Food Control*, 22(8), 1363-1366.
- Song, Y. J., Park, S. W., Chun, S. C., Choi, M. J., Chung, K. C. & Lee, S. K. (2012). Efficient Treatment Methods for Reducing *Escherichia coli* Populations in Commercially-Available Red Pepper Powder in Korea. *Journal of The Korean Society of Food Science and Nutrition*, 41(6), 875-880.
- Woo, H. I., Kim, J. B., Choi, J. H., Kim, E. H., Kim, D. S., Park, K. S., Kim, E. J., Eun, J. B. & Om, A. S. (2012). Evaluation of the Level of Microbial Contamination in the Manufacturing and Processing Company of Red Pepper Powder. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 27(4), 427-431.
- Zweifel, C. & Stephan, R. (2012). Spices and herbs as source of *Salmonella*-related foodborne diseases. *Food Research International*, 45(2), 765-769.

Received 13 December 2017;
 1st Revised 26 January 2018;
 2nd Revised 13 February 2018;
 Accepted 14 February 2018