



Research Article

# Strategy for reduction of microorganisms during rice cakes manufacturing process

## 시루떡의 제조과정 중 미생물 저감화 연구

Sangha Han<sup>1‡</sup>, Kyeongjun Kim<sup>1‡</sup>, Jun-Ha Park<sup>1</sup>, Kye-Hwan Byun<sup>1</sup>, Song-yi Choi<sup>2</sup>, Sang-Do Ha<sup>1\*</sup>  
 한상하<sup>1‡</sup> · 김경준<sup>1‡</sup> · 박준하<sup>1</sup> · 변계환<sup>1</sup> · 최송이<sup>2</sup> · 하상도<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

<sup>2</sup>Department of Agro-Food Safety and Crop Protection Microbial Safety Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

<sup>1</sup>중앙대학교 식품공학과, <sup>2</sup>국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물과

**Abstract** This study was conducted to establish effective reduction strategy during the manufacturing process of rice cakes. Simple washing (3 times) and ultrasonic washing (40 kHz, 10 min) were used in the rice washing process, and sodium hypochlorite (100 ppm, 5 min) and chlorine dioxide (20 ppm, 5 min) were used as chemical disinfectants. Combination treatment using ultrasonic washing and the two chemical disinfectants was also performed. The chemical disinfectants were more effective than the ultrasonic cleaning in a single treatment of each method, and sodium hypochlorite showed a greater reduction effect than chlorine dioxide. The combination treatment using both chemical disinfectant and ultrasonic cleaning was found to be more effective than using a single treatment, and no significant difference was observed in the results based on the disinfectant used. During the heating process, which is an important control point of HACCP system, total aerobic bacteria, coliforms, *Bacillus cereus* and *Escherichia coli* were inactivated. UV sterilization (30 min, 60 min) was applied as the nonthermal treatment and compared with the general drying method (5, 12 h) during the cooling process of rice cakes. No bacteria were not found after the treatment, whereas the total number of bacteria in the naturally dried rice cakes increased after 12 h, indicating the potential of UV sterilization as an important control point during the cooling process of rice cakes.

**Keywords** rice cakes, inactivation, microbiological quality, food safety, reduction strategy

OPEN ACCESS

**Citation:** Han S, Kim K, Park JH, Byun KH, Choi S, Ha SD. Strategy for reduction of microorganisms during rice cakes manufacturing process. Korean J Food Preserv, 29(5), 728-738 (2022)

**Received:** February 04, 2022  
**Revised:** May 16, 2022  
**Accepted:** June 27, 2022

<sup>‡</sup>These authors contributed equally to this study.

**\*Corresponding author**  
 Sang-Do Ha  
 Tel: +82-31-670-4831  
 E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

떡류는 일반적으로 물에 쌀을 침지하여 불리고 쌀가루로 분쇄하여 시루에 찌서 제조하거나, 또는 쌀가루를 스팀으로 찐 후 절구로 치댄 후 성형하여 제조하는 한국 고유의 전통음식이다 (KFDA, 2018). 외식 및 편의식 소비가 증가하는 식문화가 정착되면서 쌀의 소비형태가 전통적인 쌀밥에서 설기, 떡볶이 떡 등과 같은 편의식 가공제품 형태로 변화되면서(KCA, 2021), 떡류는 훌륭한 대체재로 자리 잡아가고 있다. 떡류의 소비는 최근까지 꾸준히 증가하고 있으며

2017년 기준 즉석판매제조 가공업체의 전통떡 생산량은 연간 약 28만 톤으로 추정되며, 전통떡, 가공떡을 모두 포함한 떡류 전체의 연간 생산량은 약 50만 톤 내외로 추정된다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2021).

그러나 떡은 소비자가 구입 후 별도의 조리과정 없이 섭취하며, 수분활성도가 약 0.96 이상(Cheon 등, 2017; Jung 등, 2018)으로 미생물이 증식하기에 적합한 환경을 갖고 있어 미생물학적 안전문제를 야기할 가능성이 높다. 기존에 떡류와 제조환경에 존재하는 미생물을 분석한 연구 결과에 따르면, 소규모 제조업체에서 생산된 떡류에서 높은 수준의 일반세균수, 대장균군, 진균이 다수 검출되었고(Lee와 Jang, 2008), Jeong 등(2012)도 떡류의 제조과정에서 원재료 및 제조환경에 의한 교차오염의 위험을 보고한 바 있다. 또한, Bahk 등(2010)이 실시한 “기후변화에 따른 식중독 세균 영향 분석”에 따르면 국내에서 기후변화에 크게 영향을 받을 것으로 예상되는 주요 식품으로 즉석편의식품과 떡류가 선정되었다.

일반적으로 쌀은 수분함량이 낮아 미생물에 의한 오염도가 낮은 것으로 인식되고 있으나, 실제로 국내산 쌀은  $10^5$ – $10^6$  CFU/g 정도의 일반세균을 가지고 있으며, 열에 저항성을 가지는 포자를 형성하는 *Bacillus cereus*(*B. cereus*)가 종종 검출되어 미생물 안전성이 취약한 것으로 조사되었다(Koh, 1999). 따라서 떡에서의 미생물 오염도를 저감화하기 위해서는 쌀 원료부터 완성 후 포장단계까지 각 단계에서 발생할 우려가 있는 위해요소를 규명하고, 중요관리점을 설정하는 HACCP(hazard analysis critical control point) 위생관리가 중요하다. 우리나라에서도 2020년 12월 1일부터는 종업원 수 5인 이하인 업체까지 HACCP 인증을 받도록 의무화하고 있다(KCA, 2021).

떡류의 제조과정 중 critical control point(CCP)인 증자공정이 포함되어 있어 대부분의 미생물이 사멸되거나 안전한 수준으로 저감화되는데, 떡의 주원료가 되는 쌀이 높은 농도로 오염되었거나 또한 떡의 증자과정으로 인해 미생물이 저감되었다고 해도, 이후 성형 및 고물 작업과정에서 원재료가 오염되어 있다면 증자과정 이후에도 떡의 안전한 품질을 보장할 수 없으므로, 떡의 원재료의 위생적인 관리가 무엇보다 중요하다. 또한, 떡의 유통 및 저장과정에서

부적절한 관리로 인해 미생물적 안전성이 확보되지 않을 수도 있다. 따라서 점차 증가하고 있는 떡류 경영체에서 위생관리를 통해 미생물 오염을 저감화할 수 있는 방안을 탐색하는 것이 필요하다.

식중독세균은 단순 물 세척만으로는 완전히 제거하기 어렵기 때문에, 비가열 농산물의 경우에는 차아염소산나트륨, 이산화염소 등의 살균소독제를 처리하기도 한다(Choi와 Chu, 2020; Chung 등, 2015). 그러나 고농도로 장시간 사용 시 관능적 품질의 저하 및 잔류염소에 의한 2차적 위해 문제를 초래할 수 있어 반드시 수차례의 행균과정을 거쳐 염소농도를 식수와 동일한 수준으로 낮추어야 한다(Cheon 등, 2017). 또한, 화학적 소독제를 식품에 단독처리 시 pH와 유기물 등에 의해 신선농산물 자체에 존재하는 미생물을 저감화하는 데 한계가 있으므로, 마이크로웨이브, 초음파와 같은 물리적 처리를 병용하는 저감화 기술이 시도되고 있는 추세이다.

떡에서 미생물 저감화를 위한 물리, 화학적 처리에 대한 연구는 많지 않으나, Cheon 등(2017)의 연구에서 떡볶이 떡을 젓산용액(pH 4)에 20분간 침지한 후 포장된 떡을 가열, 살균(100°C, 30분)하였을 때, 총균, 대장균군 및 대장균이 모두 사멸했다고 보고하였다. 또한, 최근 Kang 등(2021)의 연구에서 떡에 대한 인페키지 저온 플라즈마(CP) 처리의 항균 효과를 평가한 결과, CP 처리(25 kV)가 떡에 존재하는 중온성 호기성 세균을 비활성화(0.8–1.0 log CFU/g)시켰고, 미생물 불활성화 효율은 처리시간이 1분에서 3분으로 증가할 때 크게 증가하였다고 보고하였다. 또한, 최적의 CP 처리는 효모 및 곰팡이 및 *Salmonella*를 각각  $1.7 \pm 0.1$  log CFU/g 및  $3.9 \pm 0.3$  log CFU/g만큼 감소시켜 떡 포장 내 CP 처리의 잠재적인 사용을 확인하였다.

따라서 본 연구는 쌀에 인위적으로 균을 오염시켜 일정 농도로 희석한 화학적 소독제(이산화염소, 차아염소산나트륨)로 세척 및 초음파 세척을 사용하여 떡을 제조하였고, 모든 공정을 마친 뒤 떡을 냉각하는 과정에서 UV를 조사하여 미생물의 저감화 효능을 관찰하여 떡의 제조과정에서 효율적인 미생물의 저감화 방안을 연구하였다. 또한, 본 연구를 통해 떡의 위생수준 향상 및 소규모 경영업체의 HACCP 인증 확대에 기여하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

떡 제조에 사용한 쌀은 2016년에 도정한 신동진미 (Hanguk Industrial Inc., Nonsan, Korea)로 경기도 안성시에 위치한 식자재 전문 매장에서 구입하여 신선한 상태에서 시료로 사용하였다.

### 2.2. 실험 균주 및 균 접종

본 실험에 사용된 병원성 균은 각각 American Type Culture Collection(ATCC)에서 분양받은 *Bacillus cereus* ATCC 10876과 *Escherichia coli* ATCC 10536을 사용하였고, -80°C에서 보관된 두 균주를 tryptic soy agar (TSA, Difco, NJ, USA)에서 1차 증균배양한 후 tryptic soy broth(TSB, Difco, NJ, USA)에서 2차 증균배양하여 사용하였다. 떡의 제조과정 중 일반세균과 대장균군은 균을 접종하지 않은 상태의 쌀에서 측정하였고, *Bacillus cereus* (*B. cereus*)와 *Escherichia coli* (*E. coli*)는 쌀을 20분간 침지한 후 인위적으로 균을 접종하여 오염도를 확인하였다. 침지한 쌀은 2일간 건조 후 회수하였고, 각각의 균을 쌀에 부착시키기 위해 1주일간 실온에서 보관하였다. 쌀에 접종된 *B. cereus*와 *E. coli*는 각각  $3.02 \pm 0.33$ ,  $4.29 \pm 0.23$  log CFU/g이었다.

### 2.3. 살균소독제 용액의 제조 및 초음파 처리

본 실험에 사용된 차아염소산나트륨(Yuhanrox, Seoul, Korea), 이산화염소(Life Clean, Uddevalla, Sweden)는 국내에서 판매되는 제품이며, 멸균된 증류수로 각각의 살균소독제를 농도별로 희석하여 사용하였다. 일반적으로 채소 및 과일의 살균에 주로 사용되는 살균소독제 농도인 차아염소산나트륨 100 ppm, 이산화염소 20 ppm을 사용하여 쌀을 5분간 침지하였고, 수돗물로 1회 세척하여 잔류하는 소독제를 제거한 후, 쌀에서 일반세균, 대장균군 및 *B. cereus*, *E. coli*의 수를 측정하였다.

초음파 세척은 쌀을 초음파세정기(POWER 505, Hwashin, Seoul, Korea)를 사용하여 10분간 40 kHz의 초음파로 처리한 후 각 균수를 측정하였다. 살균소독제와 초음파의 병용처리 시 초음파 처리 후 살균소독제 세척을 진행하였다.

### 2.4. 떡 제조

떡 제조공정은 쌀 세척, 불림, 분쇄, 증자, 건조(UV, 일반 건조) 순으로 실험실에서 진행되었다. 떡 제조 방법은 Fig. 1과 같으며 각 공정별로 샘플 채취 후 미생물 분석에 의해 형성된 집락수를 확인하였다. 쌀 세척 및 소독제 세척 그리고 초음파 세척은 2.3에서 서술한 방법과 동일하게 처리하여 실험에 사용하였다. 이후 각 처리별로 세척한 쌀에 물을 넣은 뒤 5시간 동안 불림을 진행하였다. 불림이 끝난 쌀은 체를 이용하여 20분간 물을 제거한 뒤 믹서기를 이용하여 쌀을 갈고 체에 쳐서 고운 쌀가루를 수집하였다. 분쇄가 끝난 쌀가루의 1/10 무게에 해당하는 물을 첨가하여 반죽한 뒤 찜기를 이용하여 20분간 증자를 실시하였다. 떡의 건조는 UV건조(30W low pressure, 260 nm, Sankyo Ultraviolet Co., Seoul, Korea)와 일반건조(25°C, CN-25C, Mitsubishi Electronic Engineering Company Limited, Japan)로 나누어 진행하였으며, UV건조는 0.5, 1시간, 일반건조는 5, 12시간 동안 진행하여 미생물 오염

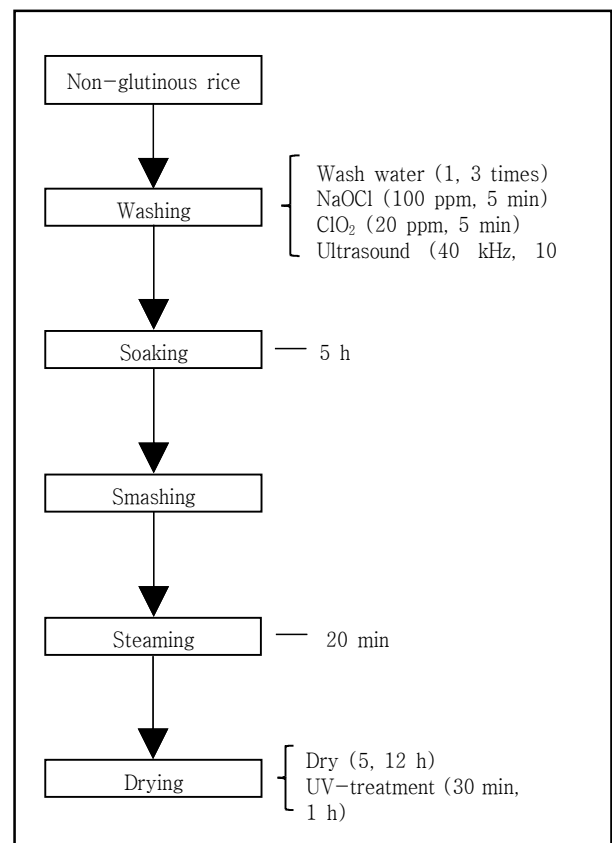


Fig. 1. Lab-scale manufacturing process of rice cake.

도를 조사하였다.

### 2.5. 떡 제조공정별 미생물 분석

떡의 제조공정 중 미생물을 확인하기 위해 일반세균, 대장균군, *B. cereus*, *E. coli*의 생균수를 측정하였다. 일반세균은 단계별로 희석된 시험원액 1 mL를 페트리디쉬에 무균적으로 분주한 후, 약 45°C로 유지한 tryptic soy agar 15–20 mL를 부어(pour plate technique) 검체와 배지를 잘 혼합하여 응고시킨다. 확산 집락의 발생을 억제하기 위해 응고된 검체와 배지 혼합물 위에 TSA 3–5 mL를 가하여 중첩시키고, 응고된 후 페트리디쉬를 거꾸로 뒤집어 35–37°C에서 24–48시간 동안 배양하였다. 형성된 집락수에 희석배수를 곱하여 일반세균수를 산출하고 colony-forming unit(CFU)/g으로 나타내었다.

대장균군 및 대장균은 단계별로 희석된 시험원액 1 mL를 건조필름 배지(*E. coli*/coliforms count plate, 3M Microbiology Product, Maplewood, MN, USA)에 접종한 후 흡수시키고, 37°C에서 24±2시간 배양하였다. 배양 후 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락을 대장균군, 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락을 대장균으로 하여, 그 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균수 및 대장균군수를 산출하고 CFU/g으로 나타내었다.

*B. cereus*의 검출을 위해 단계별로 희석된 시험원액 1 mL를 petri dish에 무균적으로 분주한 후, 약 45°C로 유지한 mannitol egg yolk polymyxin agar(MYP, Difco, NJ, USA) 15–20 mL를 부어 검체와 배지를 잘 혼합 후 응고시킨다. 30°C에서 24시간 배양 후 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 선택하여 균수 측정법에 따라 계수하였다. 전형적인 집락을 선별하여 미생물 동정 시스템인 VITEC 2 COMPACT(BioMesa, Etoile, France)를 이용하여 46가지 생화학적 반응을 조사하여 양성 판정하였다.

모든 샘플링에 사용되는 도구 및 용기와 실험과정에서 이용되는 배지 및 기구는 121°C에서 가압 멸균하여 사용하고, 시료는 clean bench에서 무균적으로 실험하였다. 채취한 시료는 필터백(WHIRL-PAK, Nasco, Fort Atkinson, WI, USA)에 25 g을 취하고 225 mL 0.85% 살균 생리식염수를 가하여 120초간 혼합(stomatching)하여 균질화한 후 이 중 1 mL를 시험 검액으로 사용하였다.

### 2.6. 통계분석

모든 실험 결과는 SPSS 통계처리 프로그램(IBM SPSS Statistics 20, SPSS Inc., NY, USA)을 사용하여 결과값에 대해 ANOVA 검정을 실시한 후, 유의적인 경우( $p < 0.05$ ) Duncan's multiple range test로 통계학적 유의성을 조사하였다. 모든 실험은 3회 반복 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 떡 제조공정 중 물, 소독제, 초음파 세척의 단일처리에 의한 미생물 저감화 효과

떡의 주원료인 쌀의 세척단계에서 저감화 효과를 확인하기 위해, 균을 접종하지 않은 일반 쌀에서는 일반세균, 대장균군을 확인하였고 균을 인위 접종한 쌀에서는 *B. cereus*와 *E. coli*를 확인하였다. 세척 시 단순 물 세척, 소독제 및 초음파 세척의 단일 처리를 진행하였으며, 이에 대한 미생물 오염도와 저감화 효과를 Table 1에 나타내었다.

본 연구에서 쌀의 세척에 의한 미생물 저감화 결과, 물 세척의 경우에는 세척 횟수에 따라 총균수 및 대장균군은 약 0.2–0.4 log CFU/g 감소하였다. 이산화염소와 차아염소산나트륨을 사용하여 세척한 경우, 총균수는 각각 0.55, 0.64 log CFU/g이 감소하였고 대장균군은 각각 0.59, 0.78 log CFU/g이 감소하였다. 균을 접종한 쌀의 경우 *B. cereus*는 각각 1.08, 1.11 log CFU/g, *E. coli*는 1.04, 1.19 log CFU/g이 감소하였다. NaOCl 처리의 경우 생균수가 약 1.91 log CFU/g으로, 살균소독제에 의한 저감화 효과는 이산화염소보다 차아염소산나트륨이 더 뛰어난 것으로 확인되었다. 초음파 세척에서 총균수와 대장균군은 각각 0.66, 0.55 log CFU/g 감소하였으며 *B. cereus*와 *E. coli*는 각각 0.79, 0.60 log CFU/g이 감소하였다. 초음파 세척의 경우 소독제 세척과 유사하거나 낮은 저감화 효과를 보였으며, 살균소독제가 초음파 세척보다 효과가 더 뛰어난 것으로 나타났다.

이산화염소( $\text{ClO}_2$ )는 염소와 유사한 살균기작을 가지지만 염소보다 산화력이 2.5배 이상 강하고, 별도의 장비 없이 쉽게 제조가 가능하며 필요한 농도에 맞춰 희석하여 실험에 적용할 수 있는 이점이 있으며, 가열처리가 불가능한 신선 채소 등의 미생물 제어에 효과적이다(Kim 등, 2009).



Table 1. Microbial populations of rice with single treatment during washing (unit: log CFU/g)

Treatment	Non-inoculated rice		Bacteria-inoculated rice		
	Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	
Non-treatment	3.77±0.32 <sup>1)a</sup>	3.31±0.16 <sup>a</sup>	3.02±0.33 <sup>a</sup>	4.29±0.23 <sup>a</sup>	
Water	Wash water (3 times)	3.34±0.12 <sup>ab</sup>	3.00±0.21 <sup>bc</sup>	2.25±0.21 <sup>b</sup>	3.97±0.12 <sup>b</sup>
Disinfectant	ClO <sub>2</sub> (20 ppm, 5 min)	3.22±0.27 <sup>b</sup>	2.72±0.34 <sup>d</sup>	1.94±0.14 <sup>b</sup>	3.25±0.20 <sup>c</sup>
	NaOCl (100 ppm, 5 min)	3.13±0.22 <sup>b</sup>	2.53±0.11 <sup>d</sup>	1.91±0.34 <sup>b</sup>	3.10±0.21 <sup>c</sup>
Ultrasound	Ultrasound (40 kHz, 10 min)	3.11±0.30 <sup>ab</sup>	2.76±0.10 <sup>c</sup>	2.23±0.13 <sup>b</sup>	3.69±0.06 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviation.

<sup>a-d</sup>Indicates significant difference within same each column (p<0.05).

또한, 차아염소산나트륨은 수용액상에서 강력한 산화력을 가지는 차아염소산(hypochlorous acid, HOCl)을 형성하는데, 이로 인해 미생물의 DNA를 손상시키거나, 세포의 대사를 방해하고 효소를 불활성화시켜 살균작용을 일으키는 것으로 알려져 있다(Fukuzaki, 2006).

초음파는 비가열처리 공정으로 동공화에 의해 생성된 기포 파열 시 발생하는 진동 에너지를 이용하여 cell lysis를 일으켜 효소나 미생물을 불활성화시키는데, 다른 고압과 가열 등 다른 살균방법과 함께 병용할 경우에 효소활성 억제에 더욱 효과적이라고 알려져 있다(Park 등, 2004). 또한, 초음파는 전통적인 가열 공정 중에 일어날 수 있는 영양적, 관능적 품질 변화를 최소화하며, 공정의 편의성 및 친환경적으로 식품을 처리하는 것으로 보고되고 있다.

### 3.2. 떡 제조공정 중 물, 소독제, 초음파의 병용처리에 의한 미생물 저감화 효과

많은 문헌들로부터 초음파를 단독으로 사용할 때보다 화학적 소독제와 함께 병용처리했을 때 그 효과가 더 크다는 것을 확인하였다(Fukuzaki, 2006). 따라서 본 연구에서는 떡 제조공정 중 쌀 세척과정에서 이산화염소 또는 차아염소산나트륨과 초음파를 병용처리하여 미생물 감소 효과를 관찰하였다. 균을 접종하지 않은 쌀에서의 일반세균, 대장균군 그리고 쌀에 접종된 *B. cereus*와 *E. coli*에 대한 물 세척과 두 종류의 화학적 소독제와의 병용처리 및 두 종류의 화학적 소독제와 초음파 세척의 병용처리에 따른 저감화 효과는 Table 2와 같다.

물 세척 및 초음파 세척과 두 종류의 화학적 소독제의 병

용처리에 의한 미생물 저감화 결과, 균을 접종하지 않은 쌀에 물 세척과 이산화염소를 병용처리한 세척으로 총균수와 대장균군수가 각각 1.21, 0.90 log CFU/g 감소하였으며, 물 세척과 차아염소산나트륨을 이용한 세척으로 각각 1.19, 0.98 log CFU/g 감소하였다. 초음파와 이산화염소의 병용처리 결과, 균을 접종하지 않은 쌀의 총균수와 대장균군수는 각각 1.45, 1.30 log CFU/g 감소하였고, 초음파와 차아염소산나트륨을 병용처리한 결과 각각 1.58, 1.34 log CFU/g 감소하였다. 물 세척과 화학적 소독제의 병용처리에서 소독제의 종류에 따라 특별한 차이를 보이지 않았으며, 화학적 소독제와 초음파의 병용처리가 물과의 병용처리보다 더 효과적이었다.

*B. cereus*와 *E. coli*를 접종한 쌀의 경우 물 세척과 이산화염소를 함께 처리한 결과, 각각 1.22, 1.07 log CFU/g 감소하였고 물 세척과 차아염소산나트륨을 처리한 결과 각각 1.23, 1.24 log CFU/g 감소하였다. 초음파와 소독제를 병용처리한 경우, *B. cereus*와 *E. coli*는 각각 1.39–1.51 log CFU/g, 1.19–1.28 log CFU/g이 감소하였으며, 물 세척과 소독제를 병용처리한 세척과 유사하거나 약간 높은 저감화 효과를 보였다. 단순 물 세척, 소독제, 초음파 세척의 단일처리에 비해 병용처리 시 총균수는 약 0.55 log CFU/g 이상, 대장균군에서 약 0.59 log CFU/g 이상을 감소시켜 더 뛰어난 저감화 효과를 보였다.

미산성 차아염소산수나 초음파 등의 제어기술을 단독으로 사용할 경우 미생물의 사멸에 제한이 많기 때문에 다른 기술과 병행하여 이용되는 경우가 많으며, 이러한 살균 및

Table 2. Microbial populations of rice with combination treatment during washing (unit: log CFU/g)

Treatment		Non-inoculated rice		Bacteria-inoculated rice	
		Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>
Non-treatment		3.77±0.32 <sup>1)a</sup>	3.31±0.16 <sup>a</sup>	3.02±0.33 <sup>a</sup>	4.29±0.23 <sup>a</sup>
Water + disinfectant	Wash water (3 times) + ClO <sub>2</sub> (20 ppm, 5 min)	2.56±0.24 <sup>b</sup>	2.41±0.13 <sup>b</sup>	1.80±0.23 <sup>b</sup>	3.22±0.29 <sup>b</sup>
	Wash water (3 times) + NaOCl (100 ppm, 5 min)	2.58±0.26 <sup>b</sup>	2.33±0.23 <sup>bc</sup>	1.79±0.06 <sup>b</sup>	3.05±0.29 <sup>b</sup>
Disinfectant + ultrasound	ClO <sub>2</sub> (20 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min)	2.32±0.38 <sup>b</sup>	2.01±0.15 <sup>cd</sup>	1.63±0.20 <sup>b</sup>	3.10±0.27 <sup>b</sup>
	NaOCl (100 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min)	2.19±0.39 <sup>b</sup>	1.97±0.10 <sup>d</sup>	1.51±0.26 <sup>b</sup>	3.01±0.18 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviation (n=3).

<sup>a-d</sup>Indicates significant difference within same column (p<0.05).

저장 기술들은 복합적으로 병행 적용되는 기술(허들 테크놀로지)을 통해서 허들 요인이 갖고 있는 특성을 순차적으로 적용함으로써 살균 및 저장 효과를 극대화할 수 있다(Choi 등, 2016). 최근 유기산 및 염소계 소독제를 비롯한 화학적 처리와 마이크로웨이브, 초음파와 같은 물리적 처리를 병용하는 살균기술이 다양하게 연구되고 있다. Park 등(2004)은 강산성 차아염소산수에 1% lactic acid, acetic acid, citric acid의 병용처리를 통해 양상추 중 총균수와 *L. monocytogenes*의 수가 강산성 차아염소산수 단독 처리에 비해 1.0 log CFU/g 내외의 상승효과를 보였다고 보고한 바 있으며, Zhou 등(2009)은 시금치에 *E. coli* O157:H7을 접종하고 각종 소독제와 초음파를 결합 처리했을 때 소독제를 단독 처리하는 것보다 상승효과가 있음을 보고한 바 있다. 이러한 결과는 Ding 등(2010)의 상추를 초음파와 미산성 차아염소산수를 병용처리하였을 때 *E. coli* O157:H7

이 약 2 log CFU/g 감소된 결과와도 유사한 경향을 나타내었다. 또한, Kim 등(2012)은 미산성 차아염소산수로 처리한 생식원료를 저장하였을 때, 미생물 저감화 효과 및 색도 변화 등 품질은 미산성 차아염소산수 처리구가 다른 가열처리구보다 훨씬 좋은 영향을 미쳤다고 보고하였다.

### 3.3. 떡 제조과정 중 증자 후 UV 및 자연건조에 의한 미생물 저감화 효과

떡의 제조과정 중 증자과정은 미생물의 감소 또는 사멸의 중요한 과정이다. 하지만 증자과정 이후 떡을 냉각, 건조하는 과정에서 일반세균이 1.48 log CFU/g 수준으로 재오염되는 것을 확인하였다(Table 3). 따라서 떡의 증자과정 이후 미생물이 증가하는 원인 분석 및 관리 방안 마련이 필요하였다. 본 연구에서는 증자 후 떡의 재오염을 방지하기 위해 떡의 건조과정에서 UV를 사용하였다. 그 결과 UV를

Table 3. Microbial populations of non-inoculated and bacteria-inoculated rice cake with treatment during drying (unit: log CFU/g)

Treatment	Time	Non-inoculated rice		Bacteria-inoculated rice	
		Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>
Dry	5 h	ND	ND <sup>3)</sup>	ND	ND
	12 h	1.48±0.25 <sup>1)a2)</sup>	ND	ND	ND
Dry with UV	30 min	ND	ND	ND	ND
	1 h	ND	ND	ND	ND

<sup>1)</sup>Values are mean±standard deviation(n=3) .

<sup>2)a</sup>Indicates significant difference about column (p<0.05).

<sup>3)</sup>Not detected <0.7 log CFU/g.

30분 처리한 떡에서 총균수와 대장균군, *B. cereus*, *E. coli* 모두 발견되지 않았다. UV에 의한 살균은 DNA의 피리미딘 (pyrimidine) 염기 간에 생기는 시클로부탄(cyclobutane) 형 피리미딘 이합체에 의한 DNA 구조손상으로 발생하는 것으로 알려져 있으며(Chun 등, 2009), 에너지원의 특성 상 표면 살균이 주로 일어나기 때문에 살균효과에 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 UV는 25–260 nm 에서 살균력이 가장 강하며, 조사 강도 및 시간, 파장 등에 큰 영향을 받는다. Chun 등(2009)은 UV-C 조사 처리가 고춧가루의 효과적인 표면 살균 기술로서, 기존의 오존 처리나 감마선 및 전자선 조사 등에 비해 비용, 간편성, 색도 등 품질 유지 측면에서 보다 바람직하다는 결론을 내렸다. 한편 Lee 등(2000)과 Choi 등(2021)의 연구에서는 떡볶이 떡, 떡국 떡에서 가열공정 이후부터 지속적으로 오염된 미생물을 저감화하기 위해 일부 생떡, 건조떡에 주정 (ethanol 75%)을 처리하여 미생물을 저감화하는 방안을 제안하였다. 에탄올을 이용한 미생물 저감기술은 다양한 방법이 있는데 “식품에 직접 첨가하는 방법, 식품의 표면에 분무하는 경우, 식품에 도포 및 식품을 침지하는 방법, 식품의

포장 내부에 기화하는 방법”이 있다(Kim과 Lee, 2007). 그러나 UV나 주정처리에 의한 미생물 저감화는 식품 내부의 미생물 생육을 억제하기에는 한계가 있으므로, 가열 등으로 초기 균수를 최대한 줄이고 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

3.4. 떡 제조과정에서 병용처리에 의한 미생물 오염도

균을 접종하지 않은 쌀을 이용하여 실험실 수준에서의 떡 제조 시 각 공정별로 일반세균과 대장균군의 미생물 오염도를 평가하였다(Fig. 2). 병용처리에 의한 세척방법 중 차아염소산나트륨과 초음파를 병용처리한 세척방법이 총균수와 대장균군수를 각각 1.58, 1.34 log CFU/g 감소시키면서 가장 큰 효과를 보였으며, 다음으로 이산화염소와 초음파를 이용한 세척이 1.45, 1.30 log CFU/g 감소시켜 물 세척과 화학적 소독제를 병용처리했을 때보다 좋은 효과를 보였다. *B. cereus*와 *E. coli*를 접종한 쌀을 사용하여 떡을 제조한 경우에도 균을 접종하지 않은 쌀과 동일하게 차아염소산나트륨과 초음파를 이용한 병용처리 방법이 가장 큰 저감화 효과를 나타내었다(각각 1.51, 1.28 log CFU/g 감

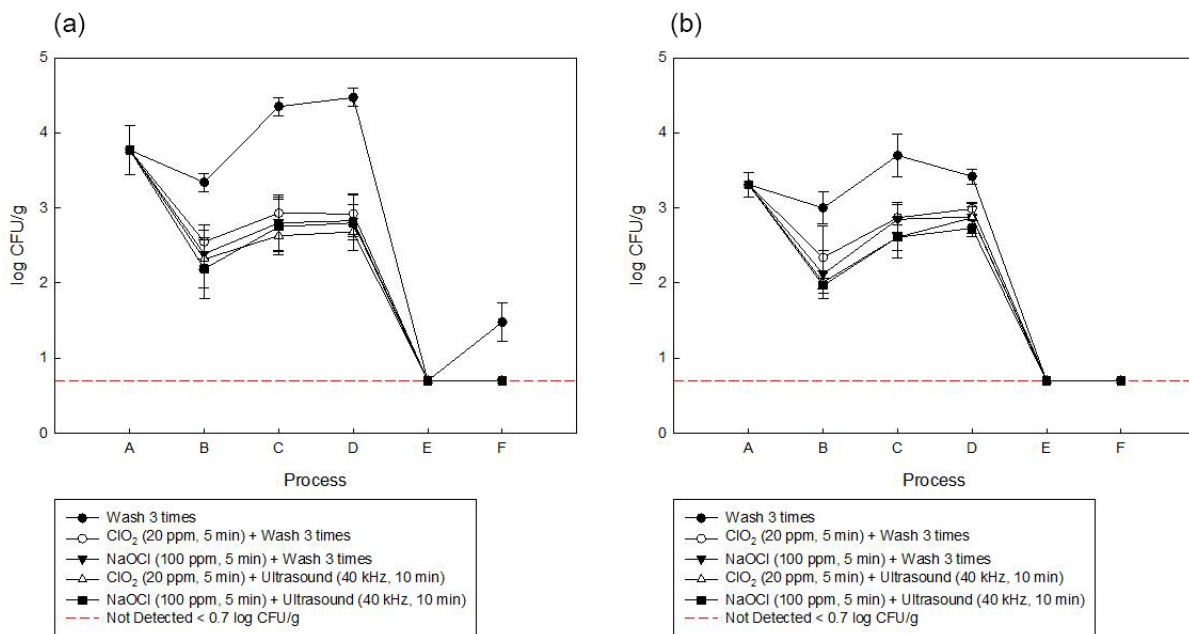


Fig. 2. (a) Total aerobic bacteria and (b) coliforms in non-inoculated rice cake process. ●, wash 3 times; ○, ClO<sub>2</sub> (20 ppm, 5 min) + wash 3 times; ▼, NaOCl (100 ppm, 5 min) + wash 3 times; △, ClO<sub>2</sub> (20 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min); ■, NaOCl (100 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min); ---, not detected <0.7 log CFU/g; A, raw rice; B, washing; C, soaking; D, smashing; E, steaming; F, molding/cooling.

소; Fig. 3).

모든 처리구에서 세척공정에서 감소하였던 미생물 오염도가 불림, 분쇄과정 중 증가하였으며, 이는 원재료인 쌀을 세척 후 불리는 과정에서 공중낙하균, 불림도구의 표면 세균으로 인한 오염, 또는 불림용수의 온도가 올라가면서 미생물이 증식한 것으로 추측된다. 분쇄과정에서는 이전 공정인 불림과정의 오염도가 유지되거나 다소 증가하는 양상을 나타내었고, 이는 믹서기, 체의 오염도와 연관이 있는 것으로 판단되었다. 원료의 세척 단계 이후부터 꾸준히 증가하기 시작한 미생물 오염도가 증자공정을 거치면서 효과적으로 제어되었고, 이후 공정인 냉각·건조공정을 거치면서 일반세 1.48 log CFU/g 수준으로 다시 재오염되었다(일반건조 12시간). 소규모 제조공장의 절편, 인절미, 계피떡의 제조공정별 미생물 오염도를 분석한 Lee 등(2000)의 연구에서 일반세균, 대장균 및 진균수가 쌀의 불림공정에서 급격하게 증가되었고, 이후 증자공정에서 가열로 인한 살균으로 불검출되었으나 성형 및 냉각공정 중 다시 증가한 것으로 보고하여 본 연구의 결과와 유사한 패턴을 보였다.

#### 4. 요약

쌀의 소비형태가 전통적인 쌀밥에서 편의식 가공제품 형태로 변화되면서 떡류는 훌륭한 대체재로 자리 잡아가고 있다. 하지만 대부분의 떡은 소규모의 영세한 업체에서 제조되고 있으며 구입 후 별도의 조리과정 없이 그대로 섭취하므로 떡의 미생물학적 안전성에 대한 우려가 증가되는 추세이다. 따라서 본 연구는 떡 제조과정에서 발생하는 미생물 오염을 효과적으로 저감화하기 위한 전략으로 쌀의 세척과정 중 단순 물 세척 및 화학적 소독제 처리(차아염소산나트륨, 이산화염소), 그리고 물리적 초음파 처리를 이용하였으며, 떡의 증자 후 냉각과정에서 UV에 의한 저감화 방법을 선정하여 일반건조와 비교하였다. 세척방법에 의한 세균의 감소 효과를 조사한 결과, 각 방법의 단일처리 시 살균소독제가 초음파 세척보다 효과가 더 뛰어난 것으로 나타났으며, 이산화염소보다 차아염소산나트륨이 더 큰 저감화 효과를 보였다. 화학적 소독제와 초음파의 병용처리가 물과의 병용처리보다 더 효과적이었으며, 소독제의 종류에 따른 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. HACCP의 중요관리점(CCP)

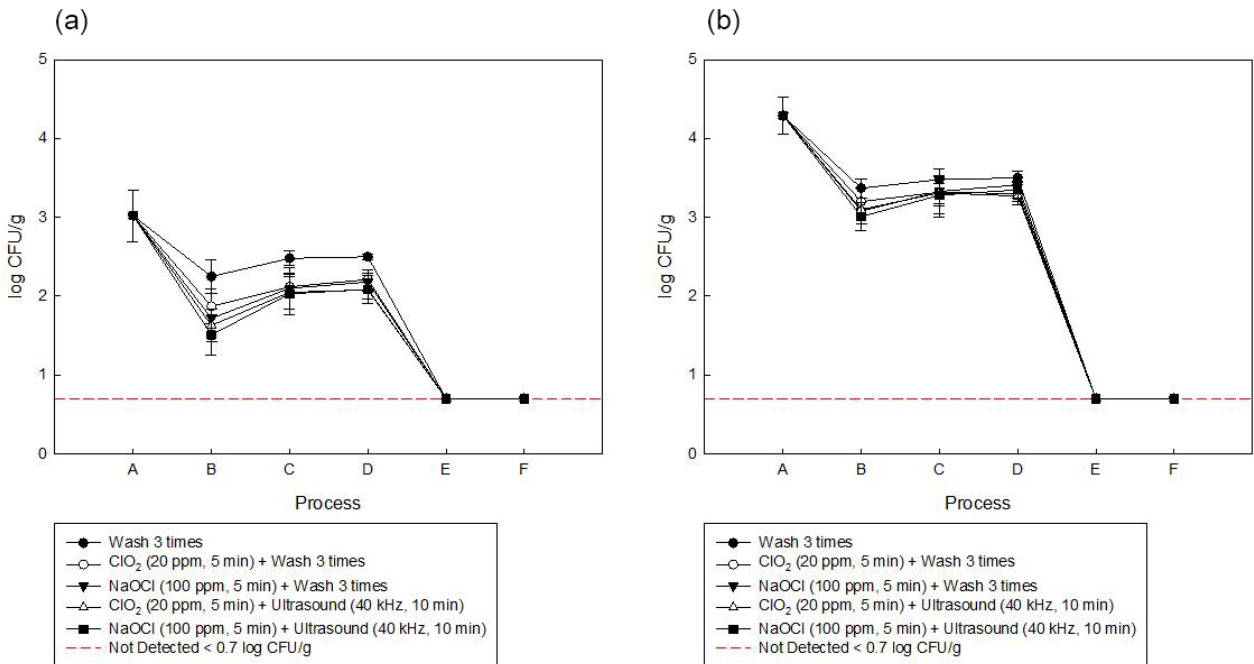


Fig. 3. (a) *B. cereus* and (b) *E. coli* in non-inoculated rice cake process. ●, wash 3 times; ○, ClO<sub>2</sub> (20 ppm, 5 min) + wash 3 times; ▼, NaOCl (100 ppm, 5 min) + wash 3 times; △, ClO<sub>2</sub> (20 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min); ■, NaOCl (100 ppm, 5 min) + ultrasound (40 kHz, 10 min); ---, not detected <0.7 log CFU/g; A, raw rice; B, washing; C, soaking; D, smashing; E, steaming; F, molding/cooling.



인 가열과정에서는 일반세균, 대장균군, *B. cereus*와 *E. coli*는 모두 사멸되었다. 떡의 포장 후 오염을 저감화시킬 수 있는 방안을 모색하고자 비가열 살균방법 중 UV 살균을 적용하여 일반 건조방법과 비교하였을 때, UV를 30분 처리한 떡에서 총균수와 대장균군, *B. cereus*, *E. coli* 모두 발견되지 않았으나, 일반건조에서는 12시간 후 일반세균이 증가하였다. 따라서 UV 살균공정이 떡류의 중요관리점으로 적용 가능할 것으로 확인되었다.

## 감사의 글

이 연구는 2021년도 국립농업과학원 “농산물 소규모 가공업체의 생산품 안전관리기술 및 HACCP 모델 개발(No. PJ015283)” 및 2022년 식품의약품안전처 지원과제(21153 MFDS605)의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

## Author contributions

Conceptualization: Ha SD. Formal analysis: Kim K, Byun KH. Methodology: Park JH, Choi S. Writing – original draft: Han S. Writing – review & editing: Han S.

## Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

## ORCID

Sangha Han (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-8420-3352>

Kyeongjun Kim (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-8699-790X>

Jun-Ha Park

<https://orcid.org/0000-0001-7900-2161>

Kye-Hwan Byun

<https://orcid.org/0000-0003-0301-3862>

Song-yi Choi

<https://orcid.org/0000-0002-5343-2945>

Sang-Do Ha (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-6810-2092>

## References

- Bahk GJ, Ha SD, Oh DH. Ranking determination of foods and foodborne pathogens for impact of climate change on microbiological food safety. *J Food Hyg Saf*, 28, 36–40 (2010)
- Cheon HS, Cho WI, Lee SJ, Chung, MS, Choi JB. Acidic and steaming treatments of *tteokbokki* rice cake to improve its microbial and textural properties. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 502–506 (2017)
- Choi HY, Kim JS, Go ES, Woo HE, Park JD, Sung JM. Quality characteristics of *tteokbokki* after ethanol and heat moisture treatments during the storage periods. *J Korean Soc Food Cult*, 36, 325–332 (2021)
- Choi S, Beuchat LR, Kim H, Ryu JH. 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 Microbiol*, 54, 127–132 (2016)
- Choi SY, Chu HJ, Rajalingam N, Chae HB, Yoon JH, Hwang I, Kin SR. Growth of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on radish microgreens washed with sodium hypochlorite during storage. *Korean J Food Preserv*, 27, 850–858 (2020)
- Chun HH, Kim JY, Kin HJ, Song KB. Effect of UV-C irradiation on the quality of red pepper powder during storage. *Korean J Food Preserv*, 16, 454–458 (2009)
- Chung WH, Ko JS, Shin IS. Study on reduction of microbial contamination on daruma by combination treatment of strong acidic hypochlorous water and ultrasonic waves. *J*

- Food Hyg Saf, 30, 166–172 (2015)
- Ding T, Rahman SME, Purev U, Oh DH. Modelling of *Escherichia coli* O157:H7 growth at various storage temperatures on beef treated with electrolyzed oxidizing water. J Food Eng, 97, 497–503 (2010)
- Fukuzaki S. Mechanism of actions of sodium hypochlorite in cleaning and disinfection processes. Biocontrol Sci, 11, 147–157 (2006)
- Jeong SH, Choi SY, Cho JI, Lee SH, Hwang IG, Na HJ, Oh DH, Bahk GJ, Ha SD. Microbiological contamination levels in the processing of Korea rice cakes. J Food Hyg Saf, 27, 161–168 (2012)
- Jung HB, Yu CR, Park HW, Chung GS, Kim KM, Han GJ, Yoon WB. Effect of the water content in rice cake and acid concentration of acidulant on the acid soaking characteristic of rice cakes of *tteokbokki*. Food Eng Prog, 22, 264–271 (2018)
- Jung HJ, Jang JS, Lee SY, Kim HS, Kang SM, Park JH. Growth inhibition effects of ethanol and sodium chloride on *Bacillus cereus*. Korean J Food Sci Technol, 35, 998–1002 (2003)
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. Effect of grapefruit seed extracts and acid regulation agents on the qualities of *topokkidduk*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 948–956 (2013)
- Kang JH, Bai JW, Min SC. Inactivation of indigenous microorganisms and *Salmonella* in Korean rice cakes by in-package cold plasma treatment. Int J Environ Res Public Health, 18, 3360 (2021)
- Kim CH, Lee JH. The study on the consumers perception and purchasing behavior of rice cake as a meal. Culi Sci & Hos Res, 13, 59–68 (2007)
- Kim GH, Park BG, Kim HN, Park JH, Park MS, Park JY, Song KB, Oh DH. Effect of microbial inhibition and change of chromaticity on the raw materials of saengsik treated with slightly acidic electrolyzed water during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 1830–1841 (2012)
- Kim MH, Kim YJ, Kim KS, Song YB, Seo WJ, Song KB. Microbial changes in hot peppers, ginger, and carrots treated with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid. Korean J Food Preserv, 16, 1013–1017 (2009)
- Kim SY, Oh DH. Predictive modeling of *Bacillus cereus* on carrot treated with slightly acidic electrolyzed water and ultrasonication at various storage temperatures. J Korean Soc Food Sci Nutr, 43, 1296–1303 (2014)
- Koh BK. Development of the method to extend shelf life of *backsulgie* with enzyme treatment. Korean J Soc Food Sci, 15, 533–538 (1999)
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Processed food subdivision market status. Rice cake/Korean confectionery market. Available from: <https://www.at.or.kr/home/apen000000/index.action>. Accessed Dec. 8, 2021.
- Korea Consumer Agency. Available from: <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/board/download.do?menukey=7301&fno=10009668&bid=0000146&did=1001038876>. Accessed Aug. 10, 2021.
- Korea Food & Drug Administration. Food Standards Codex. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea (2018)
- Lee HS, Jang MS. The development of the HACCP plan in Korean rice cake manufacturing facilities. Korean J Food Cookery Sci, 24, 652–664 (2008)
- Lee JW, Lee HH, Rhi JW. Shelf life extension of white rice cake and wet noodle by the treatment with chitosan. Korean J Food Sci Technol, 32, 828–833 (2000)
- Park BK, Oh MH, Oh DH. Effect of electrolyzed water and organic acid on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce. Korean J Food Preserv, 11, 530–537 (2004)
- Suzuki T, Noro T, Kawamura Y, Fukunaga K, Watanabe M, Ohta M, Sugiue H, Sato Y, Kohno M, Hota K. Detremination of aflatoxin-forming fungus and elimination of aflatoxin mutagenicity with an electrolyzed fungus and elimination of

aflatoxin mutagenicity with an eletrolyzed NaCl anodic solution. J Agricul Food Chem, 50, 633–641 (2002)

Zhou B, Feng H, Luo Y. Ultrasound enhanced

sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves. J Food Sci, 74, 308–313 (2009)