KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 48, No. 5, pp. 525~529 (2016)
http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.5.525

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

연구노트

시중 판매 후추의 오염도 및 회분식 광펄스 처리에 의한 살균 효과

박지현 · 신정규[1,*]
국립농업과학원 식품가공이용과, [1]전주대학교 한식조리학과

Contamination level of commercialized pepper and sterilization effect by intense pulsed light in batch system

Jihyun Park and Jung-Kue Shin[1,*]
Department of Argofood Resources, National Academy of Agricultural Science
[1]Department of Korean Cuisine, JeonJu University

Abstract Twenty-nine pepper products commercially available in the market were collected and investigate for contamination levels. Pepper products purchased from traditional markets had a degree of contamination of 10^6-10^7 CFU/g aerobic bacteria, 10^4-10^5 CFU/g *Bacillus* sp., and less than 10^2 CFU/g yeast and molds. Organic pepper showed a degree of contamination of 10^4 aerobic bacteria, 10^2-10^3 *Bacillus* sp., and less than 10^1 yeast and molds. Intense pulsed light (IPL) treatment of 10 min (1,000 V, 5 pps and 4 cm sample-to-lamp distance) showed a bacterial death rate of 1.45-1.55 log for whole peppers, and of 0.8-0.85 log for black and white pepper powder. The sterilization rate using IPL was higher than that using other non-thermal sterilization methods, such as ozone treatment or low-pressure discharge plasma sterilization, indicating that the IPL sterilization method may find potential application in the industry. However, further studies may need to be conducted to enhance the effect of sterilization.

Keywords: contamination level, pepper, intense pulsed light, sterilization

서 론

향신료(Spices)는 주로 열대, 아열대 지방에서 생산되는 스파이스(spices)와 온대지방에서 생육하는 향료식품(herbs)의 총칭으로, 미각, 후각, 시각, 통각 등 여러 감각신경을 자극하여 음식의 맛을 향상시키거나 음식의 향미에 변화를 주어 식욕을 증진시키는 중요한 역할을 하고, 질병예방, 건강유지에 도움을 주며, 방부 효과 및 항산화 효과를 나타낸다(1-5). 후추(*Pipper nigrum* L.)는 향신료 중 가장 많이 사용되고 있는 열대성 식물의 열매로서 숙성 직전에 채취하여 건조시킨 후추를 흑후추, 완숙된 열매의 겉껍질을 제거하여 건조한 후추를 백후추라고 한다(6,7). 후추는 특유의 매운 맛과 향을 가지고 있으며, 음식의 향기나 맛을 내고 육류 및 생선의 이취를 제거하는데 효과적이며, 비타민 C의 산화를 방지하는 역할로서 소스, 마요네즈, 스프, 피클 등 다양한 식품에 사용된다(7).

후추와 같은 향신료는 재배과정 중 다량의 세균, 곰팡이, 열성포자 등에 노출되어 미생물의 오염도가 높고, 건조 상태에서 유통되기 때문에 주변 환경에 노출되어 쉽게 오염될 수 있으며, 가공 과정을 거친 후에도 곰팡이, 살모넬라(*Salmonella*) 속, *Bacillus cereus, Bacillus subtilis*와 같은 미생물들이 검출되어 가공식품과 식품을 부패시키거나 식중독을 일으킬 가능성이 있는 것으로 보고되고 있다(8-10). 최근 미국에서는 위생 처리된 후추의 살모넬라균 오염의심을 이유로 리콜이 되기도 하였고(11), American Spice Trade Association (ASTA) (12)에서는 후추를 포함한 여러 향신료가 미생물 오염으로 인해 리콜한 사례를 보고하였으며, Sofia와 Joseph(13)은 향신료와 건조식품에 의해 일어난 다수의 식중독 사례를 보고하면서 그 원인균으로 *Salmonella, Bacillus, Escherichia coli, Clostridium* 등 다양한 균이 원인이 되고 있음을 보고하였다. Lee와 Cheon(14)은 국내에서 판매되고 있는 후추에서 5.0×10^2-2.5×10^6 CFU/g의 일반 세균이 존재하는 것으로 보고하였으며, 해외의 연구결과에서도 유사한 미생물의 오염도를 나타내고 있다(15,16).

후추나 허브류와 같은 향신료는 열매, 잎, 뿌리 등을 수확한 후 건조 전에 위생화를 위한 살균 방법으로 에틸렌옥사이드(ethylene oxide)나 프로필렌옥사이드(propylene oxide)와 같은 화학 약품을 이용한 훈증처리(17,18), 방사선 조사(19), 증기처리(20) 등의 전처리를 하고 있으며, 이후 세정 과정을 거쳐 분말 제품의 경우에는 분쇄 후 포장, 저장을 하고 일부의 제품은 세정 후 포장 후 저장하여 제품을 생산(10)하고 있으나 전처리 과정에 사용되는 훈증처리의 경우 휘발성 향기성분의 양을 감소시키고 인체에 유해한 독성물질을 형성할 수 있으며, 또한 공기와 반응하여 화염이나 폭발의 위험성이 있고, 방사선 처리의 경우에는 시설에 대한 초기 설비비용이 많이 들고, 방사선 식품 표시의무로 인해 부정적인 소비자 인식이 있고, 증기처리는 수분함량을 증가시켜 품질, 저장성 및 유통과정에 문제가 발생할 수 있어 부적합한 것으로 판단된다.

*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University, JeonJu, Jeonbuk 55069, Korea
Tel: +82-63-220-3081
Fax: +82-63-220-3264
E-mail: sorilove@jj.ac.kr
Received June 29, 2016; revised July 19, 2016;
accepted July 20, 2016

광펄스 기술은 햇볕과 유사한 자외선, 근적외선 및 가시광선까지의 넓은 영역의 파장을 짧은 시간동안에 햇볕보다 15,000-20,000배 강한 빛을 단시간에 식품의 표면에 조사하여 빛에 의한 충격과 자외선에 의한 미생물의 DNA 파괴 등을 통해 열을 발생하지 않고 사멸시키는 기술로서 식품의 유통 및 보존기간을 연장시킬 수 있는 기술이다(21,22). 광펄스 기술은 가열 살균 기술과 달리 짧은 시간동안 상당량의 미생물을 감소시키고 잔류물이 존재하지 않는 장점(23)을 가지고 있어 김이나 파프리카와 같은 건조식품(24,25), 새싹채소와 같은 신선식품(26), 이유식(27) 등의 다양한 식품에의 적용이 연구되고 있다.

본 연구는 시중에서 판매되고 있는 후추의 미생물별 오염도를 조사하고 후추의 안전성을 확보하기 위한 방법으로 평판형 회분식 처리용기를 이용하여 광펄스 처리에 의한 후추의 미생물 살균정도를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 후추는 전주 시내에 있는 전통시장, 유기농 마트, 대형마트에서 판매되고 있는 것을 구입하였으며, 전통시장에서 10종, 유기농마트에서 3종, 대형마트에서 16종, 총 29종의 시료를 구입하였다. 전통시장에서 구입한 후추는 통후추(peppercorn)의 형태로 외부에 노출된 상태에서 적재하여 판매가 되고 있는 시료를 구입하였으며, 유기농 마트와 대형마트에서 구입한 시료는 포장된 형태로 판매하는 것을 구입하였다. 각 시료의 구입처와 후추의 형태와 색, 원산지는 Table 1과 같다.

시판 후추의 오염도 분석

오염도 분석을 위해 구입한 시료 1 g을 9 mL의 생리식염수에 희석한 후 단계적 희석방법으로 적정한 배수로 희석하였다. 일반세균은 plate count agar (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA), *Bacillus cereus*는 mannitol-egg yolk-polymyxin B agar (Difco Laboratories), 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco Laboratories)를 사용하여 도말하였다. 일반세균은 36°C에서 24시간 배양하였고, 효모 및 곰팡이는 30°C에서 72시간, *B. cereus*는 36°C에서 48시간 배양 후 평판 배지위에 형성된 집락수를 계수하여 CFU/g으로 나타내었다. 집락수는 30-300개 사이의 것을 계수하였고, 각 희석 배수별로 3회 이상의 반복 실험하여 측정하였다.

광펄스 처리 시스템 및 처리 방법

본 연구에 사용된 광펄스 처리 장치는 Park 등(26)이 사용한 것과 같은 장치로 전원공급부, 펄스발생기, 광원과 처리용기로 구성되어 있다. 장치에 사용된 전원은 AC 220 V, 50/60 Hz의 단상 전원이며, 장치에서 발생가능한 펄스 수는 1-50 pps (pulse per second)이고, 1회에 작동할 수 있는 최대 시간은 60분이다. 광펄스 처리에 사용된 광원은 xenon gas를 충진한 석영재질의 것으로 무수은 제논 가스로 충진되어져 있는 Heraeus Noblelight XAP series lamp (NL 4006, Heraeus Noblelight, Cambridge, UK)를 사용하였다. 광원에서 발생되는 빛의 세기는 광원에 인가되는 전압의 세기를 기준으로 실시하였다. 처리용기는 광원으로부터 발생되는 빛이 외부로 노출되지 않도록 하기 위해 검은색의 아크릴을 사용하여 직사각형의 통(box)을 만들었으며, 후추를 담아 처리하는 회분식 평판 정치형 용기를 자체 제작하였고, 광원과 정치형 용기 사이의 거리를 조절할 수 있도록 설계하였다(Fig. 1). 회분식 평판 정치형 용기는 투명한 아크릴 재질을 활용한 것과 처리용기에 조사된 빛이 반사되어 보다 많은 빛이 조사될 수 있도록 내부에 반사판을 설치한 것을 제작하여 사용하였다. 광펄스 처리는 오염도 분석에서 가장 높은 오염도를 나타낸 후추 시료를 선택하여 통후추 형태의 흑후추, 통후추를 분쇄하여 가루화한 흑후추, 그리고 백후추가루를 사용하여 각각 1 g씩 평판 처리용기에 얇게 깔아 전압 1,000 V, 펄스 수 5 pps, 거리 4 cm의 조건에서 1, 3, 5, 7, 10분동안 처리하였다.

생균수 측정

광펄스 처리한 시료의 생균수를 측정하기 위하여 표준한천배지(plate count agar) (Difco Labortories)를 사용하였다. 광펄스 처리한 시료 1g을 생리식염수(NaCl 0.75%)로 단계적 희석한 후 측정하고자 하는 균의 종류에 맞는 평판 배지에 도말한 후 36°C에서 24-48시간 배양한 후 평판 배지위에 형성된 집락수를 계수하여 CFU/g으로 나타내었다. 집락수는 30-300개 사이의 것을 계수하였으며, 미생물의 사멸율은 초기 균수(N_0)에 대한 처리 후 생균수(N)의 비율(N/N_0)을 계산하여 로그축에 표시하였으며, 모든 실험은 각 시료당 3회 반복 실험하여 측정하였다.

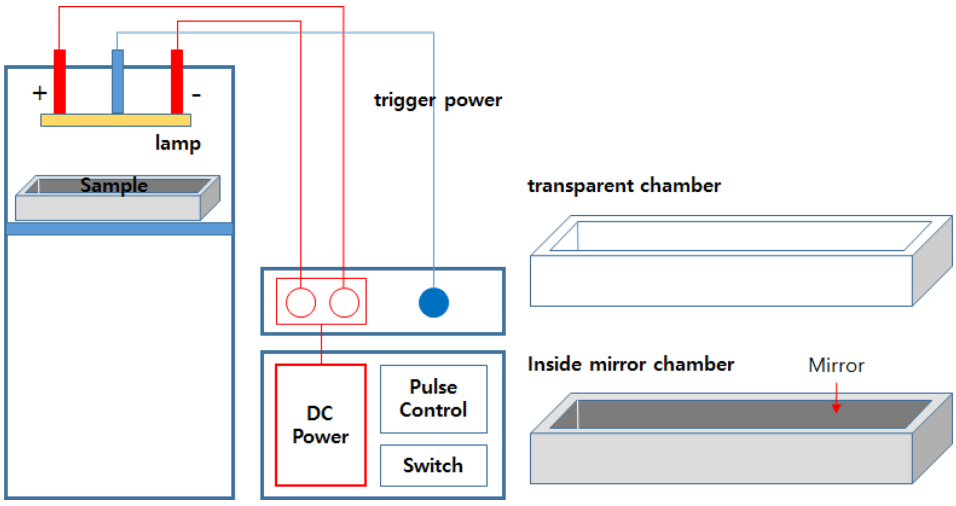

Fig. 1. Schematic diagram of intense pulsed light treatment system with batch chamber.

Table 1. Microbial contamination level of commercialized pepper

Sample No.	Total aerobic bacteria	Yeast & Mold	*Bacillus cereus*	*E. coli*	Purchase place (Shop name, Market name)	Pepper type	Country of Origin
Non-processed products in Traditional market							
A1	$8.30\text{-}8.50\times10^{5}$	≤10	$6.54\text{-}6.74\times10^{5}$	ND	N Food store, N market	Whole black	Malaysia
A2	$1.67\text{-}1.85\times10^{6}$	≤10	$1.21\text{-}1.32\times10^{6}$	ND	W Oriental medicine shop, N market	Whole black	Vietnam
A3	$1.47\text{-}1.67\times10^{7}$	ND	$1.15\text{-}1.24\times10^{5}$	ND	J Food store, N market	Whole black	China
A4	$1.13\text{-}1.41\times10^{6}$	≤10	$2.58\text{-}3.31\times10^{5}$	ND	Y Oriental medicine shop, N market	Whole black	Vietnam
A5	$6.00\text{-}8.50\times10^{6}$	10-20	$3.61\text{-}4.84\times10^{5}$	ND	L Oriental medicine shop, M market	Whole black	China
A6	$1.08\text{-}2.16\times10^{6}$	ND	$2.78\text{-}3.97\times10^{5}$	ND	B Oriental medicine shop, N market	Whole black	Indonesia
A7	$5.20\text{-}7.00\times10^{6}$	≤10	$4.33\text{-}5.24\times10^{4}$	ND	M Oriental medicine shop, N market	Whole black	Malaysia
A8	$4.25\text{-}6.50\times10^{6}$	10-30	$2.78\text{-}4.01\times10^{5}$	ND	G Oriental medicine shop, N market	Whole black	China
A9	$4.90\text{-}6.70\times10^{5}$	≤20	$3.11\text{-}3.27\times10^{5}$	ND	J Oriental medicine shop, J market	Whole black	China
A10	$5.20\text{-}7.00\times10^{6}$	$1.50\text{-}2.10\times10^{2}$	$4.88\text{-}5.44\times10^{5}$	ND	Y Food store, J market	Whole black	Malaysia
Organic products in Local market							
B1	$5.60\text{-}6.30\times10^{4}$	ND	$3.10\text{-}3.44\times10^{3}$	ND	T Food store, J market	Whole black	India
B2	$1.40\text{-}3.30\times10^{4}$	≤10	$3.01\text{-}4.09\times10^{2}$	ND	N2 Food store, N market	Whole black	India
B3	$1.38\text{-}1.44\times10^{4}$	≤10	$1.48\text{-}1.66\times10^{3}$	ND	N2 Food store, N market	Powdered black	India
Processed products in Large discount store							
C1	8.00×10^{1}-1.30×10^{2}	ND	ND	ND	C, H mart	Whole black	Vietnam
C2	≤10	4.00×10^{1}-1.00×10^{3}	ND	ND	O, H mart	Whole black	Indonesia
C3	6.0×10^{1}	ND	ND	ND	T, H mart	Whole black	Indonesia
C4	$1.00\text{-}2.00\times10^{1}$	≤10	ND	ND	T, H mart	Whole black	Vietnam
C5	$2.40\text{-}3.70\times10^{2}$	9.00×10^{1}-1.00×10^{2}	$1.77\text{-}2.24\times10^{1}$	ND	T, H mart	Powdered black	Vietnam
C6	$3.00\text{-}5.00\times10^{1}$	$3.90\text{-}4.00\times10^{4}$	ND	ND	E, E mart	Whole white	Vietnam
C7	6.00×10^{2}-1.24×10^{3}	1.00×10^{1}-1.00×10^{2}	$3.59\text{-}4.17\times10^{1}$	ND	J, E mart	Powdered white	Malaysia
C8	$2.20\text{-}2.30\times10^{2}$	ND	ND	ND	E, E mart	Powdered white	Vietnam
C9	2.00×10^{1}-1.00×10^{2}	ND	ND	ND	W, E mart	Whole black	Malaysia
C10	2.00×10^{1}-1.00×10^{3}	ND	ND	ND	M, L mart	Whole black	Vietnam
C11	$6.50\text{-}7.00\times10^{3}$	3.00×10^{1}-1.20×10^{2}	$4.55\text{-}5.48\times10^{1}$	ND	C1, L mart	Powdered black	Malaysia
C12	2.6×10^{2}	1.40×10^{2}-4.00×10^{2}	ND	ND	M L mart	Powdered black	Vietnam
C13	≤10	ND	ND	ND	W, L mart	Powdered white	Malaysia
C14	$4.50\text{-}4.60\times10^{3}$	$4.50\text{-}4.60\times10^{2}$	$6.24\text{-}7.64\times10^{2}$	ND	C1, L mart	Powdered white	Malaysia
C15	$5.00\text{-}1.56\times10^{3}$	ND	$1.99\text{-}2.49\times10^{1}$	ND	M L mart	Powdered white	Vietnam
C16	1.00×10^{1}-2.00×10^{2}	≤10	ND	ND	W, L mart	Powdered white	Malaysia

통계분석

모든 실험 데이터는 3회 측정하여 SPSS Version 21.0 package program (SPSS INC., Chicago, IL, USA)와 Microsoft Excel 2013 (Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

시판 후추의 오염도

전라북도 전주 시내의 전통시장 3곳 10개 가게, 유기농마트 2곳 2개 가게, 대형마트 3곳에서 8개 브랜드 제품, 총 29종의 후추를 구매하여 구입처별, 브랜드별, 후추의 종류별로 미생물 오염도를 조사한 결과를 Table 1에 나타내었다. 구입장소별 오염도를 보면 전통시장, 유기농마트, 대형마트 순으로 높은 오염도를 나타내었는데 전통시장에서 구입한 후추는 일반세균 10^{6}-10^{7}, *Bacillus* 10^{4}-10^{5}, 효모와 곰팡이 10^{2} 이하의 오염도를 보였고, 유기농 제품으로 판매되는 후추의 경우에는 일반세균 10^{4}, *Bacillus* 10^{2}-10^{3}, 효모는 10^{1} 이하의 오염도를 나타내었다. 대형마트에서 판매되고 있는 가공된 후추는 통흑후추의 경우에는 일반세균이 10^{2}이하로 검출되었으며, *Bacillus*, 효모와 곰팡이는 대부분 검출되지 않았으며, 분말형태의 흑후추 제품에서는 일반세균이 10^{1}-10^{3}, 효모와 곰팡이는 10^{1}-10^{2}, *Bacillus*는 10^{1} 미만으로 검출되어

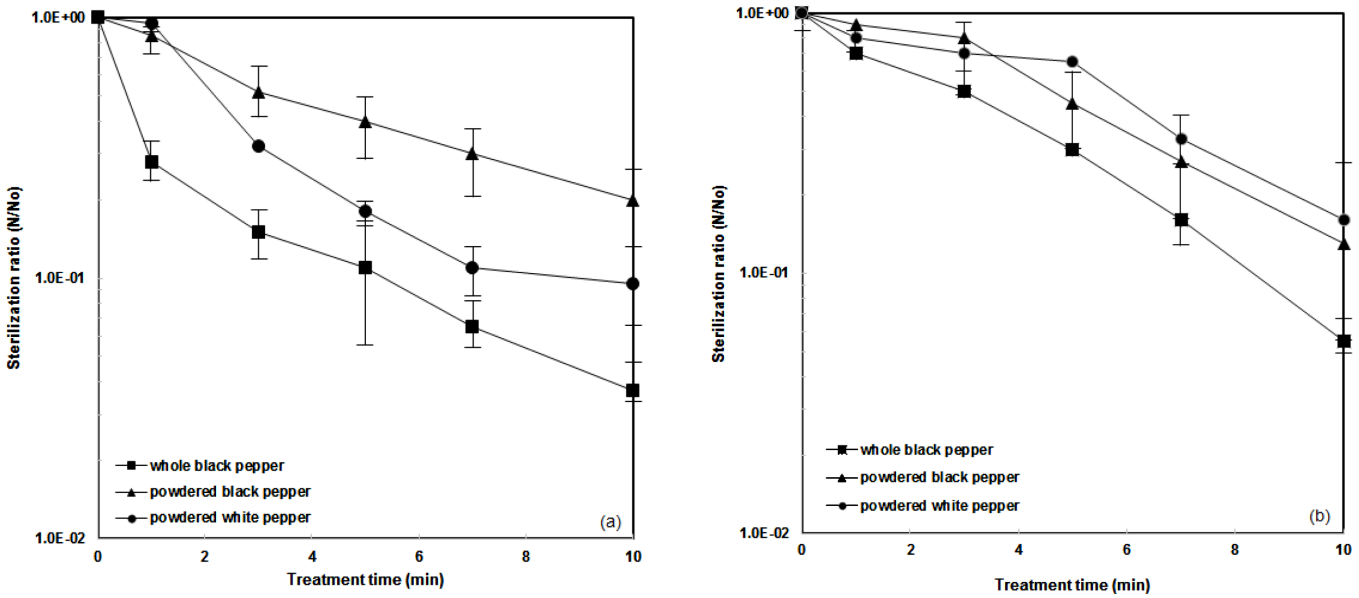

Fig. 2. Survival fraction of total aerobic bacteria as pepper type by intense pulsed light treatment with transparent acryl chamber (a) and inside mirror chamber (b).

통흑후추의 경우보다 높은 오염도를 보였다. 백후추의 경우에는 통후추 형태로는 1종류만이 판매되고 있었으며, 대부분 분말형태로 판매되고 있었는데 흑후추와 비슷한 오염도를 나타내었다. 대장균과 *Salmonella*는 모든 후추 시료에서 검출되지 않았다. 전통시장에서 판매하는 후추의 경우에는 모두 분쇄하지 않은 통후추의 형태로 흑후추만을 판매하고 있었으며, 개별 포장의 형태가 아니라 건조상태의 통후추를 대량으로 쌓아놓고 판매를 하고 있어 공기 중에 노출로 인하여 외부로부터의 오염에 취약하여 높은 오염도를 나타낸 것으로 보인다. 대형마트에서 판매하고 있는 후추 제품들은 모두 공장에서 위생처리를 거친 가공식품으로 전통시장에서 판매되는 것에 비해 전체적으로 낮은 수준의 미생물이 검출되었지만, 분말형태의 제품에서 흑후추, 백후추 모두 일반세균, *Bacillus*, 효모 및 곰팡이가 검출되었다. 일상적인 생활에서 후추의 사용법을 보면 통후추를 직접 갈아서 또는 분말의 후추 제품을 구입하여 조리시 식품이나 국에 직접 첨가하는 방식으로 사용하고 있어 이와 같은 미생물의 오염도는 후추가루에 대한 보다 위생적인 처리가 요구될 것으로 보이며, 특히 2014년에 미국에서 유기농 후추가 원산지에서 증기 저온살균 처리를 했음에도 불구하고 살모넬라의 오염 가능성이 있어 리콜된 사례(11-13) 등도 있어 보다 각별한 주의가 있어야 할 것으로 판단된다.

회분식 광펄스 처리에 의한 후추의 살균

모든 면이 투명한 아크릴 재질로 제작한 회분식 처리 용기와 용기 내부에 반사판을 설치한 용기를 이용하여 통후추, 흑후추 분말, 백후추 분말을 광펄스 처리하였을 때 일반세균의 살균 효과를 Fig. 2에 나타내었다. 실험에 사용된 각 시료의 초기 일반세균 수는 통후추는 2.70-3.99×10^6 CFU/g, 흑후추 분말은 6.18-3.16×10^6 CFU/g으로 같은 시료의 경우 통후추에 비해서 흑후추 분말의 초기 균수가 높았으며, 백후추 분말은 1.88-2.59×10^4 CFU/g으로 흑후추에 비해 초기균수가 낮게 나타났다. 흑후추의 경우 통후추에 비해 후추 분말이 초기균수가 높은 것은 후추를 건조하는 과정 중 주름이 생기고 주름안으로 미생물이 위치하게 되어 분쇄하여 분말화하였을 때 이 주름안에 있는 미생물들이 노출되어 나타나는 것으로 판단된다. 백후추는 완숙열매에서 껍질을 제거하는 공정을 거치기 때문에 흑후추에 비해 낮은 초기 균수를 보인 것으로 생각된다.

전압 1,000 V, 펄스 수 5 pps, 시료와 램프사이의 거리를 4 cm로 하여 광펄스 처리를 하였을 경우 살균 효과를 보면 처리시간이 길어짐에 따라 사멸율이 증가하여 10분 처리 후 투명 용기에서 생균수는 통후추는 1.85×10^5 CFU/g, 흑후추분말은 1.20×10^6 CFU/g, 백후추분말은 4.66×10^3 CFU/g으로 각각 1.55 log, 0.8 log, 0.85 log의 사멸율을 보였으며, 반사판 용기에서의 생균수는 통후추는 1.48×10^5 CFU/g, 흑후추분말은 4.20×10^5 CFU/g, 백후추분말은 3.74×10^3 CFU/g으로 각각 1.45, 0.85, 0.80 log의 사멸율을 보였다. 후추의 종류에 따른 사멸율을 보면 후추 분말에 비해서 통후추가 높은 사멸율을 보였으며, 후추 분말의 색에 따른 사멸율은 차이를 보이지 않았다. 처리용기의 종류에 따른 사멸율도 유의적인 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 후추의 살균율이 낮은 이유는 후추가 향신료 중에서도 오염도가 높고, 포자를 형성하여 살균 저항성이 큰 미생물이 주종을 이루며(15), 또한 표면에 굴곡과 주름이 많아 주름사이에 파묻혀 있는 미생물의 살균이 어렵고, 이러한 살균 저항성이 분쇄하여 가루로 가공한 이후에도 유지되기 때문(27)인 것으로 판단된다. Lee와 Cheon (14)은 흑후추를 희석하여 90분 오존 처리하였을 경우 0.42 log의 살균율을 보였으며, Mok과 Jeon (27)은 감압방전플라즈마를 이용하여 후추가루를 살균하였을 경우 20분 처리 후에 0.6-0.73 log 감소한 것으로 보고하여 광펄스에 의한 후추 살균이 다른 비가열 살균 방법에 비해 살균 효과가 높은 것으로 나타났다.

요 약

시중에서 판매되고 있는 후추 29종을 수거하여 오염도를 조사한 결과, 전통시장에서 구입한 후추는 일반세균 10^6-10^7, *Bacillus* 10^4-10^5, 효모와 곰팡이 10^2 이하의 오염도를 보였고, 유기농 제품으로 판매되는 후추의 경우에는 일반세균 10^4, *Bacillus* 10^2-10^3, 효모는 10^1 이하의 오염도를 나타내었다. 대형마트에서 판매되고

있는 후추는 낮은 오염도를 나타내었으나 일부에서는 일반세균이 10^3 정도의 오염도를 보였다. 전압 1,000 V, 펄스수 5 pps, 시료와 램프사이의 거리 4 cm의 조건에서 10분간 광펄스 처리하였을 경우 통후추는 1.45-1.55 log, 흑후추분말과 백후추분말은 0.8-0.85 log의 사멸율을 나타내었다. 살균 용기의 차이에 따른 살균율에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 광펄스에 의한 후추의 살균율은 오존처리나 감압방전프라즈마 살균 등 다른 비가열 살균방법에 비해서는 높은 사멸율을 보여 산업적 적용 가능성을 보였으나, 추가적인 연구를 통해 살균 효과를 높일 수 있는 방법이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산기술개발사업(고부가가치 식품기술개발사업)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. Kim ML. Function of spice and herbs. J. East Asian Soc. Dietary Life. 12: 431-453 (2002)
2. Geise J. Spices and seasoning blends: a taste for all seasons. Food Technol. 48: 87-89 (1994)
3. Wendrof WL, Wee C. Effect of smoke and spice oils on growth of molds on oil-coated cheese. J. Food Prot. 60: 153-156 (1997)
4. Kim ML, Choi KH, Park CS. Antibacterial activity of powdered spice against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 124-131 (2000)
5. Park JH. Sterilization effect of microorganism on black and white pepper using intense pulsed light. MS thesis, Jeonju University, Jeonju, Korea (2016)
6. Claire L, Phillippa B, Sarah K, Christine R. The complete book of herbs and spices. Little, Brown and Company (1st ed), New York, NY, USA. p 201 (1974)
7. Pursglove JW, Brown EG, Green CL, Robbins SRJ. Spices. Vol. 2. Longman, London, UK (1981)
8. Anti SP. Study of the *Bacillus* flora of Nigerian spices. Int. J. Food Microbiol. 6: 259-261 (1988).
9. Banerjee M, Sarkar PS. Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices. Food Control 15: 491-496 (2004).
10. Schweiggert U, Carle R, Schieber A. Conventional and alternative processes for spice production- a review. Trends Food Sci. Tech. 18: 260-268 (2007)
11. FDA. Frontier natural products co-op initiates voluntary class 1 recall due to possible health risk from organic black peppercorns. Available from: http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm392585. Accessed May 26, 2016
12. ASTA. White papers-microbial safety in spices. American Spice Trade Association, Washington, DC, USA (2013)
13. Sofia MSF, Joseph FF. Challenges in the control of foodborne pathogens in low-water activity foods and spices. In: The Microbiological Safety of Low Water Activity Foods and Spices. Gurtler JB, Doyle MP, Kornacki JL (eds.) Springer-Verlag, New-York, NY, USA. pp 15-34 (2014)
14. Lee BW, Cheon SH. Change in the microorganism of pepper (*Piper nigrim* L) treated with ozonated water. Korean J. Food Preserv. 3: 145-148 (1996)
15. Baxter R, Holzapfel H. A microbial investigation of selected spices, herbs, and additives in South Africa. J. Food Sci. 47: 570-574 (2006)
16. Juri ML, Ito H, Watanabe H, Tamura N. Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. Agr. Biol. Chem. Tokyo 50: 347-355 (1986)
17. Hayashi T, Todoriki S, Kohyama K. Irradiation effects on pepper starch viscosity. J. Food Sci. 59: 118-120 (1004)
18. de Alwis HMG, Grandison AS. Viscometry as detection method for electron beam irradiation of black pepper. Food Control 3: 205-208 (1992)
19. Yi SD, Oh MJ, Yang JS. Detection capability by change of amylograph characteristics of irradiated black pepper. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 195-199 (2001)
20. Rico CW, Kim GR, Ahn JJ, Kim HK, Furuta M, Kwon JH. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum* L.). Food Chem. 119: 1012-1026 (2010)
21. Dunn JE, Clark RW, Asmus JF, Pearlman JS, Boyer K, Painchaud F, Hofmann GA. Methods for preservation of foodstuffs. US Patent 5,034,235 (1991)
22. Shin JK, Kim BR, Kim AJ. Nonthermal food processing technology using electric power. Food Sci. Ind. 43: 21-34 (2010)
23. Shin JK, Kwon OY, Park MW, Son SM. Effect of high intensity pulsed light treatment conditions on inactivation of pathogens. Food Eng. Prog. 16: 393-398 (2012)
24. Kim AJ, Shin JK. Nonthermal sterilization of dried laver by inense pulsed light with batch system. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 778-781 (2014)
25. Hong HJ, Kim AJ, Park HR, Shin JK. Changes in physicochemical properties of paprika by intense pulsed light treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 339-344 (2013)
26. Park HR, Cha KH, Shin JK. Sterilization of rapeseed sprouts by intense pulsed light treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 48: 36-41 (2016)
27. Choi MS, Cheight CI, Jeong EA, Shin JK, Park JY, Song KB, Park JH, Kwon KS, Chung MS. Inactivation of *Enterobacter sakazakii* inoculated on formulated infant foods by intense pulsed light treatment. Food Sci. Biotechnol. 18: 1537-1540 (2009)
26. Mok CK, Jeon HJ. Low pressure discharge plasma inactivation of microorganisms in black pepper powder. Food Eng. Prog. 17: 43-47 (2013)