

원통형 처리 용기를 이용한 후추의 광펄스 살균 효과

박지현 · 이광민¹ · 김진원¹ · 이경미² · 신정규^{1,2*}

국립농업과학원 식품가공이용과, ¹전주대학교 한식조리학과, ²전주대학교 식품산업연구소

Sterilization Effect on Black- and White Pepper by Intense Pulsed Light with Tubular-shaped Treatment Chamber

Jihyun Park, Gwangmin Lee¹, Jin Won Kim¹, Gyeong Mi Lee², and Jung-Kue Shin^{1,2*}

Department of Argofood Resources, National Academy of Agricultural Science

¹Department of Korean Cuisine, JeonJu University

²Food Industry Research Institute, JeonJu University

Abstract

In this study, the effect of intense pulsed light (IPL) treatment in a tube-shaped treatment chamber on microbial inactivation in powdered pepper was investigated. Untreated samples showed a degree of contamination of $2.0\text{-}4.0 \times 10^6$ CFU/g total aerobic bacteria, and $3.0\text{-}5.0 \times 10^5$ CFU/g *Bacillus cereus*. The microorganisms found in powdered pepper decreased with exposure to increasing light intensity, pulse number and treatment time. At 1,000 V, the total aerobic bacteria in powdered black pepper was reduced by 0.55 log, and in and powdered white pepper by 0.6 log cycle, and *B. cereus* was reduced 0.7 log in black pepper and 0.6 log cycle in white pepper. The microbial inactivation rate increased with the increase in the distance between the light source and the treatment chamber during IPL treatment. The sterilization rate of powdered pepper using IPL was 40-80%, indicating that the IPL sterilization method may find potential applications for powder foods.

Key words: tube-shaped treatment chamber, black pepper, white pepper, intense pulsed light, sterilization

서 론

후추(*Piper nigrum* L.)는 열대성 식물로서 가장 널리 사용되고 있는 향신료 중 하나이며, 특유의 매운 맛과 향을 가지고 있고 직경 5 mm 정도의 구형으로 숙성된 정도에 따라서 녹색, 홍색, 황색의 색을 가지게 된다. 흑후추는 숙성직전에 채취하여 건조시킨 것으로 *Piper nigrum*이라 하며, 백후추는 완숙된 열매의 겉껍질을 제거하여 건조한 후추를 말한다(Clair et al., 1974; Purselove et al., 1981). 후추는 매년 전 세계적으로 13만톤이 생산되고 있으며, 향신료 전체 생산량의 25%, 무역량의 35%를 차지하고 있고, 인도, 베트남이 주산지로서 알려져 있다(Park, 2016). 이러한 후추는 음식의 향기나 맛을 내고 육류 및 생선의 이취를 제거하는데 효과적이며 비타민 C의 산화를 방지하는 등의 효과로 다양한 식품에 널리 사용되고 있다

(Kim, 2002).

대부분의 향신료는 재배과정 중 다량의 세균, 곰팡이 및 포자 등에 노출되어 미생물의 오염도가 높으며, 또한 건조 상태에서 유통되면서 공기 중에 노출되어 외부의 환경으로부터 쉽게 오염이 되기도 하여 가공 과정을 거친 후에도 곰팡이, 독소, 살모넬라 속과 같은 식중독 균이 검출되기도 하고(Schweiggert et al., 2007), *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*와 같은 미생물 등이 검출되고 있다(Banerjee & Sarkar, 2004; Antai, 1988). 국내에서 판매되고 있는 후추는 유통 상황에 따라 다르지만 재래시장이거나 유기농 매장에서 유통되는 것은 일반세균은 $10^4\text{-}10^7$ CFU/g, *Bacillus cereus*는 $10^2\text{-}10^5$ CFU/g의 오염도를 보였으며, 공장에서 가공공정을 거친 것들도 경우에 따라서는 일반세균은 10^3 CFU/g, *Bacillus cereus*는 10^2 CFU/g의 오염도를 보이기도 하였다(Park & Shin, 2016, Park, 2016).

후추나 대부분의 향신료들은 열매, 잎, 뿌리 등의 수확 후에 에틸렌옥사이드(ethylene oxide)나 프로필렌옥사이드(propylene oxide) 등의 화학약품을 이용하여 훈증 처리, 방사선 조사, 증기 처리 등의 전처리를 하고 있다(Hayashi et al., 2004; de Alwis & Grandison, 1992; Yi et al., 2001; Rico et al. 2010). 이후 세정 과정을 거쳐 분쇄 후

*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University. 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, JeonJu, 55069. Republic of Korea
Tel: +82-63-220-3081, Fax: +82-63-220-3264
E-mail: sorilove@jj.ac.kr
Received August 6, 2018; revised August 9, 2018; accepted August 12, 2018

포장하여 제품을 생산하게 되는데 훈증 처리는 향신료가 가지고 있는 휘발성 향기 성분의 양을 감소시키고 인체에 유해한 물질을 형성할 수도 있다. 방사선 처리는 많은 설비 비용과 함께 방사선 식품의 표시 의무로 인해 소비자 인식의 부정적 측면을 가지고 있으며, 증기 처리는 수분 함량의 증가로 저장성 및 유통과정 중의 문제가 발생할 수 있다.

광펄스 살균기술은 가열살균 기술을 대체할 수 있는 비가열 살균 기술의 하나로서 xenon lamp로부터 발생하는 강한 빛을 식품의 표면에 조사하여 열을 발생시키지 않고 식품에 존재하는 미생물을 사멸시킬 수 있는 기술이다 (Shin et al., 2010). 광펄스 살균 기술에 의한 미생물의 살균은 photochemical과 photothermal 효과에 의한 것으로 pyrimidin dimer의 형성, single 및 double strand의 파괴, cyclobutane dimer의 형성, 순간적인 표면의 열발생등이 미생물 사멸의 주된 요인으로 보고되고 있다(Dunn et al., 1991). 광펄스에 의한 분말 식품의 살균에 대한 연구를 보면 Choi et al. (2009)은 *Enterobacter sakazakii* 균을 분말 이유식에 접종하여 처리하였을 경우 약 4.5 log의 사멸효과를 보였으며, Bae (2013)는 선식 분말을 3분 동안 광펄스 처리하였을 때 1.3 log, 고춧가루는 5분 처리시 0.3 log, 라면스프는 5분 처리시 0.3 log의 사멸효과를 보이는 것으로 보고하였다. 지금까지 광펄스 처리는 대부분 직사각형의 편평한 형태의 처리 용기에 시료를 얇게 깔아 처리한 것이 대부분으로 처리 용기의 형태가 살균에 미치는 영향이 큰 것에 비해 다양한 형태의 처리용기에 대한 실험이 부족한 상태이다.

본 연구에서는 널리 사용되고 있는 향신료 중 하나인 후추를 원통형 처리용기를 이용하여 광펄스 처리에 의한 후추의 살균 정도를 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 후추는 전주 시내에 있는 전통시장, 유기농마트, 대형마트에서 판매되고 있는 것을 구매하여 미생물의 오염도를 측정(Park & Shin, 2016)한 후 오염도가 높은 시료를 선택하여 실험에 사용하였다.

광펄스 처리 및 처리용기

본 연구에 사용된 광펄스 처리 장치는 Park & Shin (2016)이 사용한 것과 같은 장치로 전원공급부, 펄스발생기, 광원과 처리용기로 구성되어 있다. 장치에 사용된 전원은 AC 220 V, 50/60 Hz의 단상전원이며, 장치에서 발생가능한 펄스 수는 1-50 pps (pulse per second)이고, 1회에 작동할 수 있는 최대 시간은 60분이다. 광펄스 처리에 사용된 광원은 xenon gas를 충전한 석영재질의 것으로 무수은 제논 가스

로 충전되어져 있는 Heraeus Noblelight XAP series lamp (NL 4006, Heraeus Noblelight, Cambridge, UK)를 사용하였다. 광원에서 발생하는 빛의 세기는 광원에 인가되는 전압의 세기를 기준으로 실시하였다. 처리용기는 투명 아크릴 재질의 원통형으로 내부에 바람을 넣어 시료가 회전하여 섞일 수 있도록 자체 제작하여 사용하였다(Fig. 1). 광펄스 처리 공간은 광원으로부터 발생하는 빛이 외부로 노출되지 않도록 하기 위하여 검은색의 아크릴을 사용하여 직사각형의 room을 만들었으며, room안에는 광원과 처리용기 사이의 간격을 조절할 수 있도록 제작을 하였다. 원통 형태의 처리 용기에는 시료를 회전시키기 위하여 외부로부터 바람의 방향을 조절할 수 있는 가이드를 용기 내부에 설치하였고, 외부로부터 air pump를 이용한 공기의 유량을 10-50 L/mL로 조절할 수 있는 유량계를 통해 처리용기 내부로 필터를 통해 공기를 공급하여 시료가 유동적으로 회전할 수 있도록 한 후 광펄스 처리를 하였다. 시료의 광펄스 처리 조건은 시료 1.2 g을 처리용기에 넣은 후 빛의 세기는 700-1,000 V, 펄스 수는 5, 8, 10 pps, 처리용기와 광원과의 거리는 1.5 cm, 4 cm, 풍속은 30 L/min, 처리 시간은 1, 3, 5, 7, 10분으로 하여 처리하였다.

생균수 측정

광펄스 처리한 시료의 생균수를 측정하기 위하여 광펄스 처리한 시료 1 g을 생리식염수(NaCl 0.85%)로 단계적 희석한 후 측정하고자 하는 균의 종류에 맞는 평판 배지, 즉 일반세균은 plate count agar (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA), *B. cereus*는 Mannitol-egg Yolk Polymyxin B agar (Difco Laboratories)를 사용하여 도말한 후 36°C에서 24-48시간 배양한 후 평판 배지위에 형성된 집락수를 계수하여 CFU/g으로 나타내었다. 집락수는 30-300개 사이의 것을 계수하여 CFU/g으로 나타내었으며, 미생물의 사멸율은 초기 균수(N_0)에 대한 처리 후 생균수(N)의 비율을 계산하여 표시하고, 모든 실험은 각 시료당 3회 반복 실험하여 측정하였다.

통계분석

처리 조건에 따라 시료의 색과 수분함량 유의성을 검정하기 위해 Duncan 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 실행하여 유의성을 나타냈다. 모든 통계 분석의 유의 수준은 $p < 0.05$ 였으며, 대응표본 t -test 분석에 의한 비교를 실시하였고, 통계분석은 SPSS Version 21.0 package program (SPSS INC., Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

결과 및 고찰

빛의 세기에 따른 살균 효과

미생물의 사멸에 영향을 미치는 요인 중 빛의 세기는

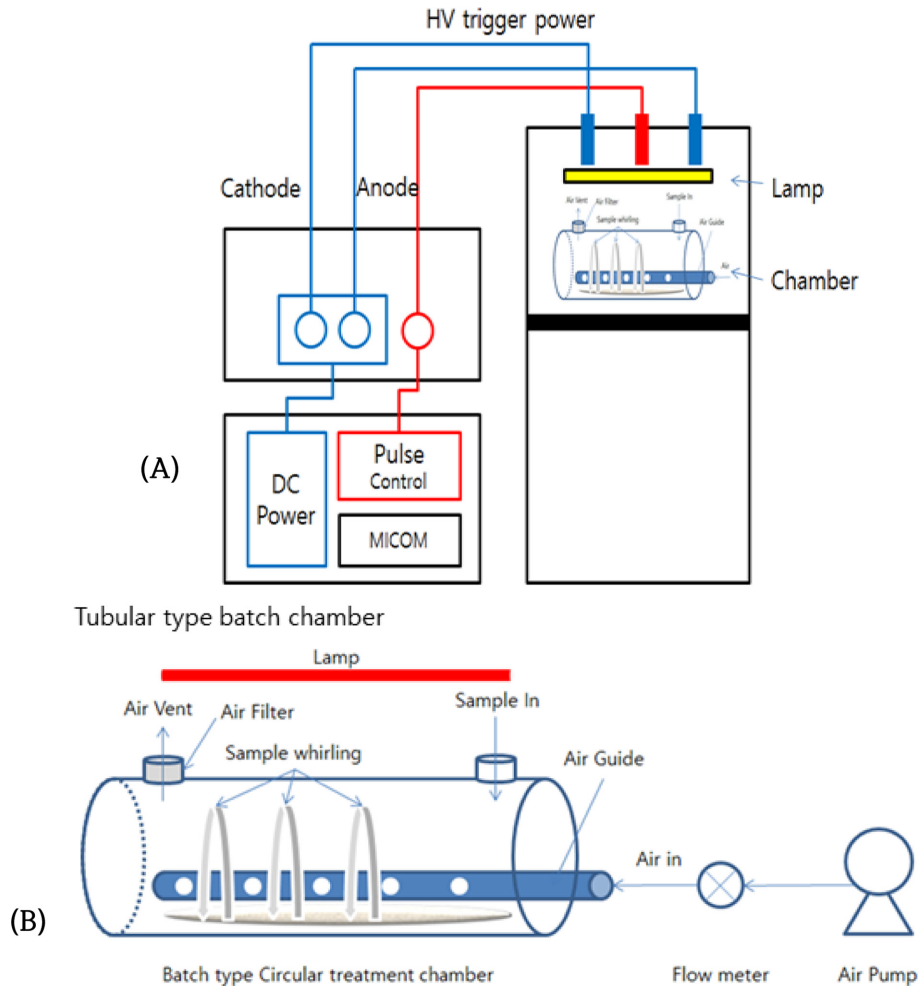


Fig. 1. Schematic diagram of intense pulsed light treatment system (A) with tubular type treatment chamber (B).

높은 전압을 광원에 인가하면 광원으로부터 발생하는 빛 에너지의 밀도가 높아지며, 에너지 양이 많아서 미생물의 사멸에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Cho et al., 2002). 원통형 용기를 이용하여 빛의 세기에 따른 흑후추와 백후추의 일반세균과 *B. cereus*에 대한 살균 효과를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 일반세균의 초기 균수는 $2.19-2.67 \times 10^6$ CFU/g이었으며, 700 V, 850 V에서는 약 0.4 log, 1,000 V에서는 0.55 log 정도의 살균 효과를 나타내었다. *B. cereus*의 경우에는 초기 균수는 $2.88-4.35 \times 10^3$ CFU/g이었으며, 700 V에서는 0.3 log, 850 V에서는 0.47 log, 그리고 1,000 V에서는 0.6 log 정도의 살균 효과를 보여, 빛의 세기가 약할 때는 일반세균에 대한 살균효과가 다소 높았으나 강한 빛에서는 큰 차이를 보이지는 않았다. 백후추의 경우에는 일반 세균의 초기 균수는 $1.15-2.33 \times 10^3$ CFU/g이었으며, 700 V, 850 V, 1,000 V에서 각각 0.5 log, 0.6 log, 0.7 log 정도의 살균 효과를 보였으며, *B. cereus*는 초기 균수는 $2.75-3.55 \times 10^2$ CFU/g이었으며, 700 V, 850 V, 1,000 V에서 각각 0.4 log, 0.45 log, 0.6 log의 사멸

효과를 나타내어 흑후추와 마찬가지로 일반세균에 대한 살균효과가 다소 높은 것으로 나타났다. 흑후추와 백후추를 서로 비교하면 백후추에 대하여 7-17% 정도 높은 살균 효과를 나타냈으며, 특히 일반세균에 대한 감소효과가 더 높은 것으로 나타났다. Park (2014)에 의하면 유채새싹을 광펄스 처리하였을 경우 700 V에서 10분 처리시 약 0.7 log의 살균효과가 있었으며, 850 V와 1,000 V에서는 0.9 log 정도의 살균 효과를 보여 빛의 세기가 클수록 살균효과가 큰 것으로 보고하여 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. 흑후추와 백후추의 살균 효과의 차이는 흑후추의 경우 미숙한 열매를 건조시키는 과정에서 껍질 표면에 주름이 생기게 되고 세척이나 열처리, 기타의 처리 후에도 이 주름에 존재하는 균의 제거가 쉽지 않은 반면에, 백후추의 경우에는 성숙한 열매를 발효시킨 후에 껍질을 제거하여 건조하기 때문에 표면이 매끄러워 건조 이후의 공정에서 오염균의 제거가 흑후추에 비해 다소 용이하여 초기균수에 차이가 있는 것이 원인으로 판단된다(Claire et al., 1974; Purseglove et al., 1981). 분말 후추 제품의

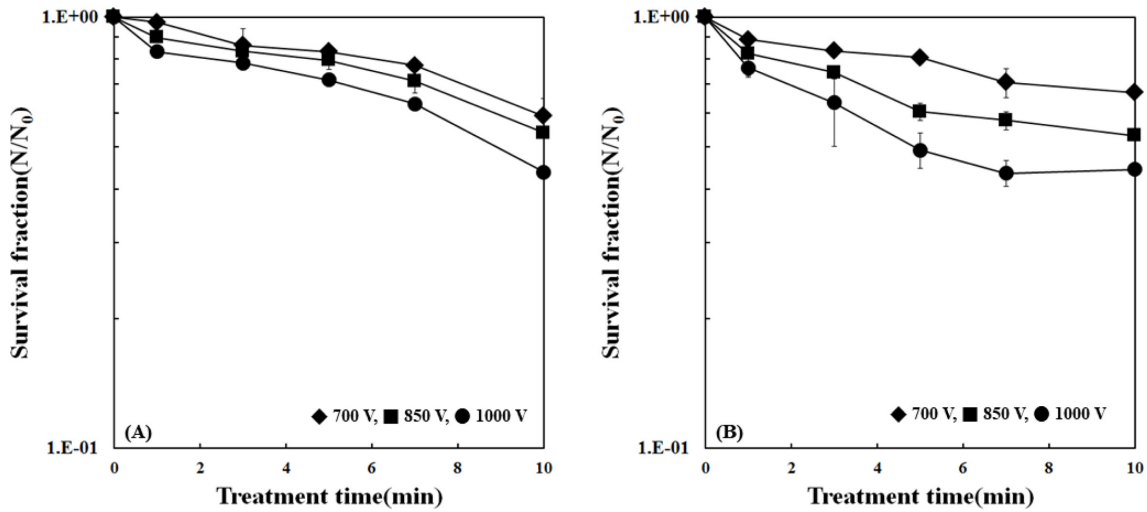


Fig. 2. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered black pepper as a function of light intensity by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

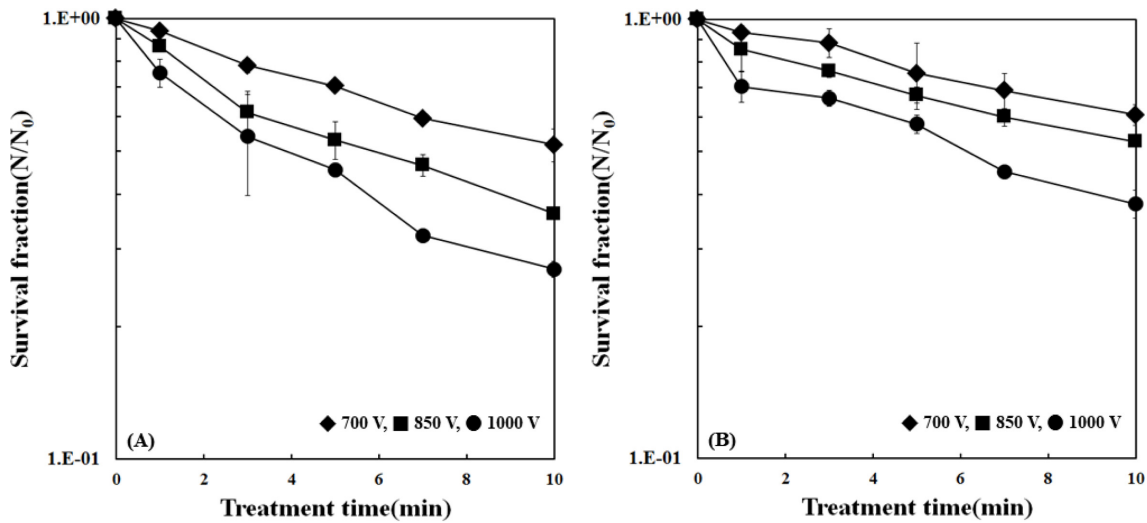


Fig. 3. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered white pepper as a function of light intensity by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

살균 효과가 낮은 이유는 후추가 향신료 중에서도 오염도가 높은 편에 속해 초기 균수가 높고, 포자를 형성하여 살균 저항성이 큰 미생물이 주종을 이루고 있으며(Baxter & Holzapfel, 2006), 또한 분쇄 전의 통후추의 경우 표면에 굴곡과 주름이 많아 주름사이에 있는 미생물의 살균이 어렵고, 이러한 살균 저항성이 분쇄하여 가루로 가공한 이후에도 유지(Mok & Jeon, 2013)가 되기 때문인 것으로 보인다.

펄스 수에 따른 살균 효과

펄스 수(pulse number per second, pps)에 따른 미생물의 사멸 효과를 알아보기 위해 펄스 수를 5 pps, 7 pps, 10 pps로 다르게 하여 처리하였으며, 다른 처리 조건은 전압

1,000 V, 시료와 광원과의 거리는 1.5 cm로 하여 동일한 조건에서 10분간 처리하였다. 펄스 수는 초당 광원에서 발생되는 빛의 횟수로서 같은 세기의 빛이 여러 번 조사되는 것이며, 따라서 펄스 수가 커질수록 많은 양의 에너지를 식품에 전달할 수 있다. Fig. 4와 Fig. 5는 펄스 수에 따른 후추가루의 일반세균과 *B. cereus*의 살균 효과를 나타낸 것으로, 일반세균의 경우 초기 균수는 $3.28\text{-}3.51 \times 10^6$ CFU/g이었으며, 후후추가루의 경우 5 pps에서는 0.68 log, 7 pps에서는 0.71 log, 10 pps에서는 0.75 log의 사멸 효과를 나타내어 펄스 수가 클수록 높은 살균 효과를 나타내었다. *B. cereus*도 일반 세균과 마찬가지로 펄스 수가 클수록 높은 살균 효과를 나타내었는데 5 pps에서는 0.64 log, 7 pps에서는 0.66 log, 10 pps에서는 0.74 log의 사멸 효과를 보

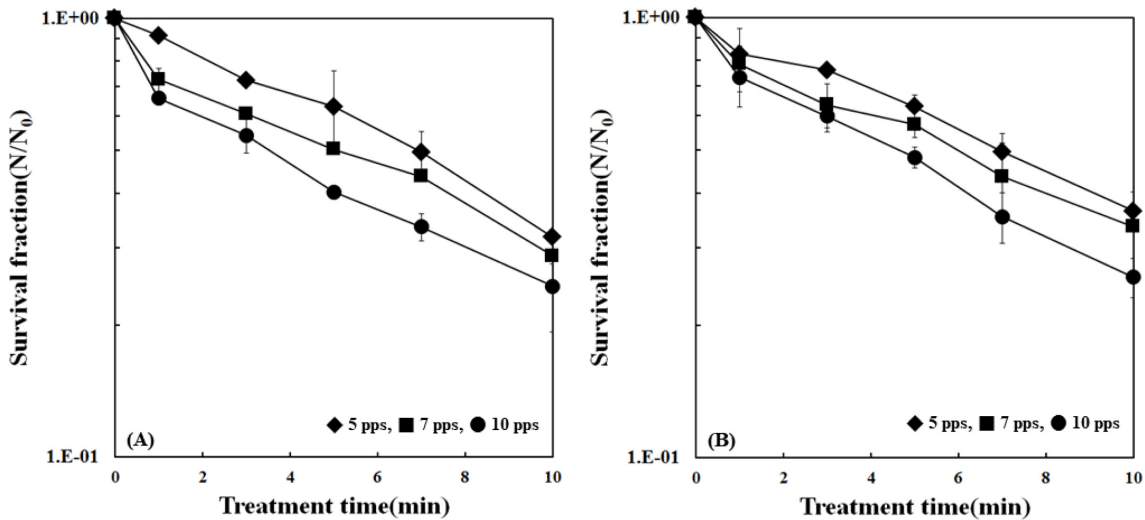


Fig. 4. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered black pepper as a function of pulse number by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

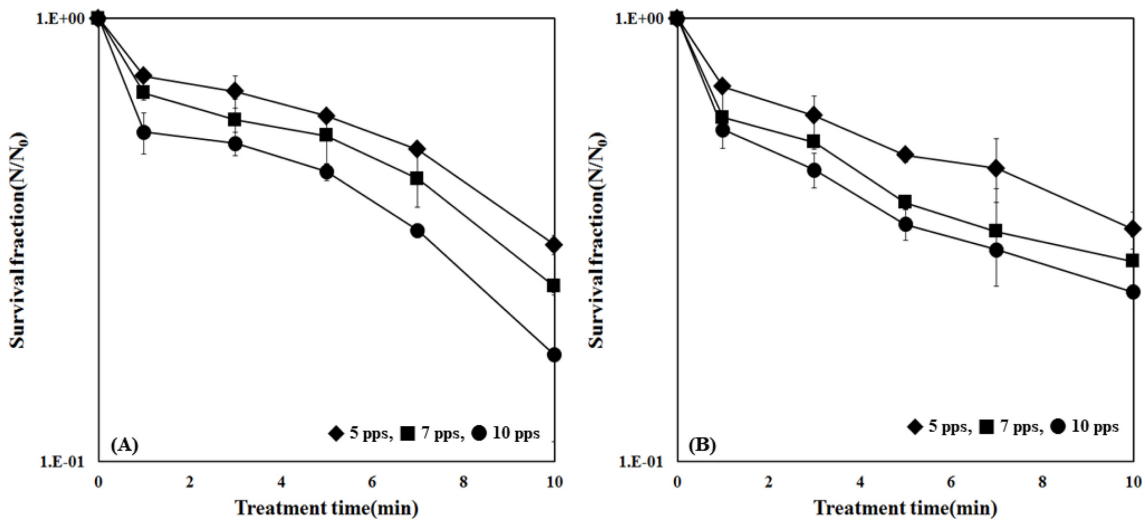


Fig. 5. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered white pepper as a function of pulse number by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

여 일반세균이 *B. cereus*보다는 높은 살균율을 나타내었다. 백후추가루의 펄스 수에 따른 살균 효과를 보면 일반세균의 경우 초기 균수 $2.37\text{--}2.53 \times 10^4$ CFU/g이고 5 pps에서는 0.69 log, 7 pps에서 0.75 log, 10 pps에서는 0.79 log의 사멸 효과를 보였다. *B. cereus*의 경우에는 5, 7, 10 pps에서 각각 0.67 log, 0.72 log, 0.76 log의 살멸 효과를 보여 일반세균과 *B. cereus* 모두 흑후추가루보다는 백후추가루가 더 높은 살균 효과를 보였다. Kim (2012)은 *E. coli* O157:H7와 *M. roseus*의 경우 펄스 수가 높을수록 미생물의 사멸 효과가 커지며, 동일한 처리 시간에서도 펄스 수가 증가하면 사멸효과가 높아진다고 하여 본 연구결과와 같은 경향을 보였다.

시료와 광원의 거리에 따른 살균 효과

시료와 광원 사이의 거리를 1.5 cm, 4 cm로 조절하고 거리 이외의 처리 조건은 전압 1,000 V, 펄스 수 5 pps, 처리시간 1, 3, 5, 7, 10분으로 하였을 때 미생물의 사멸 효과를 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. 흑후추가루의 경우 일반세균은 초기 균수가 $2.19\text{--}3.00 \times 10^6$ CFU/g이었으며, 시료와 광원간의 거리가 1.5 cm일 경우에는 0.56 log, 4 cm에서는 0.38 log의 사멸효과를 보였으며, *B. cereus*는 초기 균수는 $3.77\text{--}4.35 \times 10^5$ CFU/g이었으며, 거리 1.5 cm에서는 0.53 log, 4 cm에서는 0.37 log의 사멸효과를 보였다. 반면에 백후추가루의 경우 일반세균은 최대 0.72 log, *B. cereus*는 0.44 log의 사멸효과를 보였다. 흑후추가루와 백후추가루 모두 시료와 처리 용기 사이의 거리가 가까울수록

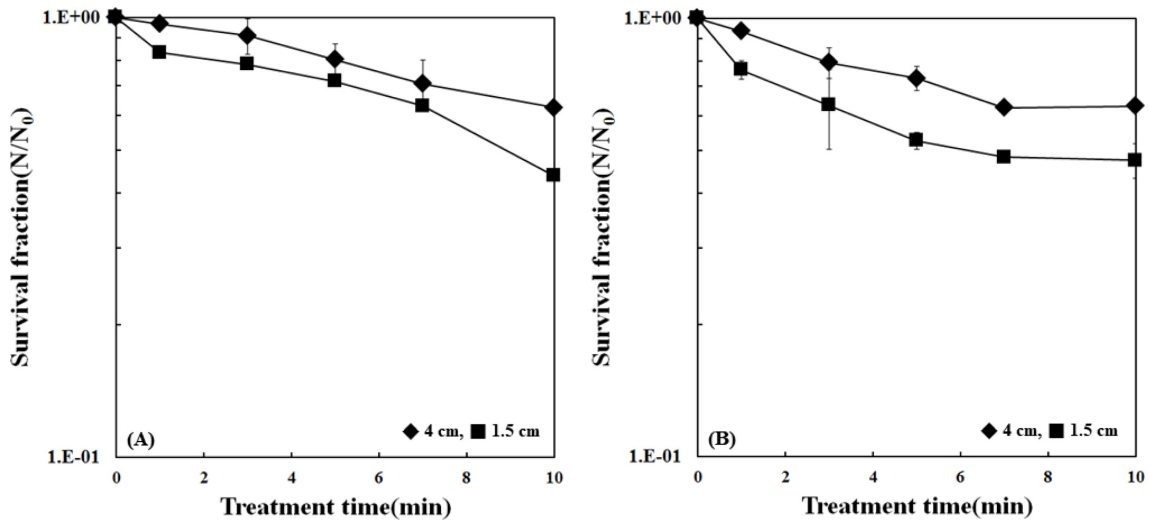


Fig. 6. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered black pepper as a function of distance between light source and treatment chamber by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

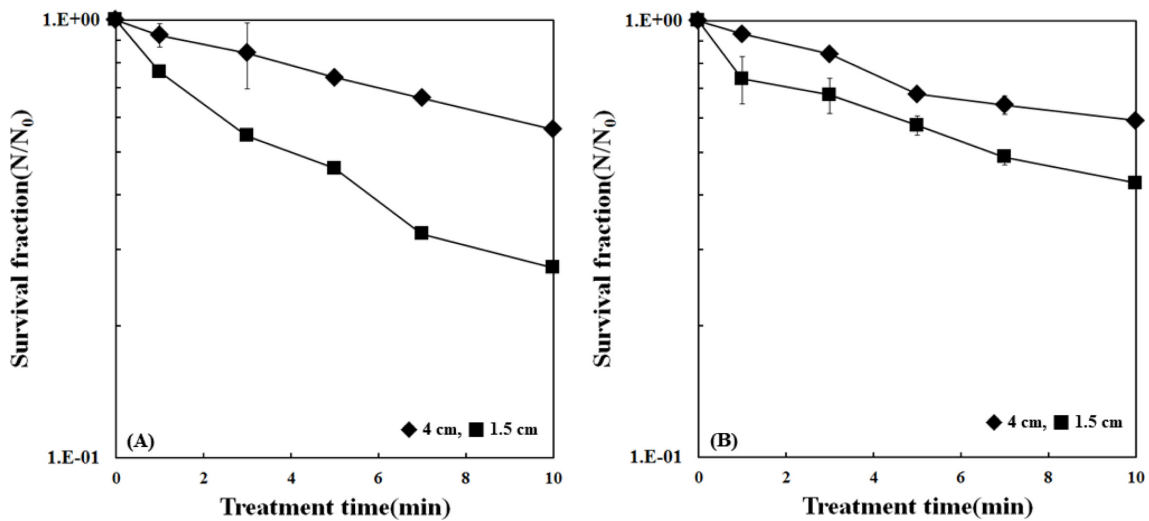


Fig. 7. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered white pepper as a function of distance between light source and treatment chamber by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

록 높은 사멸효과를 나타내었는데 이는 시료와 광원 사이의 거리가 가까울수록 시료표면에 광원에서 발생하는 에너지가 밀도가 커지게 되고 미생물의 사멸에 영향을 미치기 때문인 것으로 보인다(Cho et al., 2002). Park (2014)은 새싹 채소를 IPL 처리 하는데 있어서 광원과 시료사이 거리가 멀어질수록 낮은 살균효과를 보여 본 연구와 비슷한 결과를 보였다.

입자크기(particle size)에 따른 살균 효과

후추가루의 입자 크기에 따른 살균 효과를 알아보기 위해 분쇄된 흑후추가루를 36 mesh와 18 mesh의 체로 거른 후 광펄스 처리를 하였으며, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 입자크기에 따른 광펄스의 사멸효과는 일반세균은 36

mesh의 경우 약 0.56 log, 18 mesh의 경우 0.6 log의 감소 효과를 보였으며, *B. cereus*는 36 mesh는 0.48 log, 18 mesh는 0.52 log의 감소효과를 보여 입자의 크기에 따른 살균 효과에는 차이가 없었다($p < 0.05$). 입자의 크기가 큰 것이 다소 살균율이 높은 것은 입자가 작을수록 후추의 표면적이 넓어지고 빛이 조사되어야 할 면적도 넓어지게 되며, 후추가루 표면에 존재하는 미생물도 여러 입자에 나누어져 분포하게 되어 살균이 어렵게 되는데 원인이 있는 것으로 판단된다. 입자크기에 따른 향신료의 연구 결과로 Jung et al. (2011)은 고춧가루의 적외선 살균시 입자의 크기를 달리하였을 때 살균 효과를 알아보았는데 입자의 크기와 상관없이 살균의 효과가 거의 없다고 보고하여, 향신료의 종류가 다르기는 하나 적외선보다는 광펄스 살균이 분말의

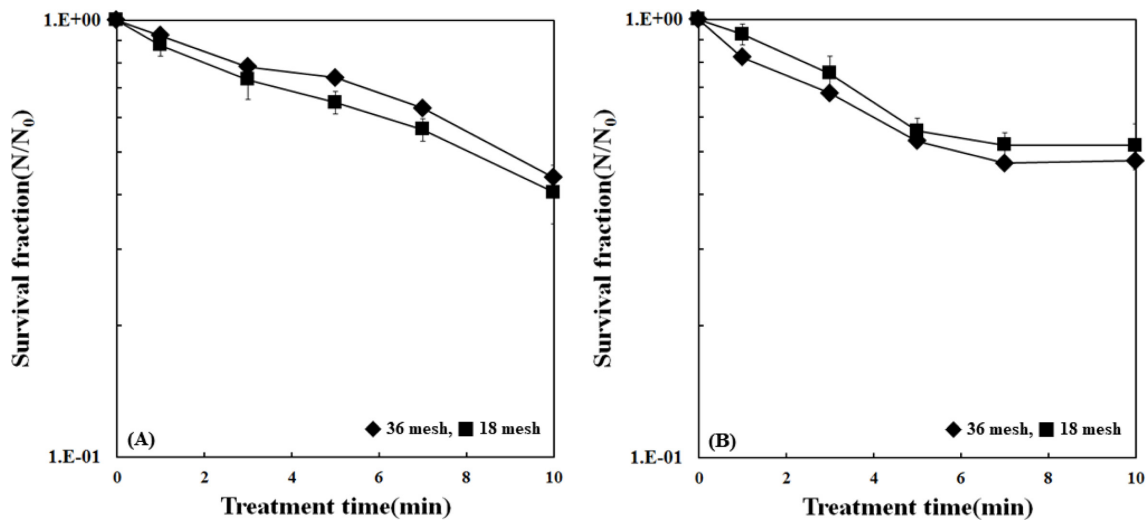


Fig. 8. Survival fraction of aerobic bacteria (A) and *Bacillus cereus* (B) in powdered black pepper as a function of particle size by intense pulsed light treatment with tubular type treatment chamber.

살균에 효과가 크다고 판단된다.

요 약

비가열 살균 기술 중 하나인 광펄스 기술을 이용하여 후추에 존재하는 미생물의 사멸 효과를 원통형 처리 용기를 이용하여 검토하였다. 후추에 존재하는 미생물의 오염도는 일반세균은 약 $2.0\text{-}4.0 \times 10^6$ CFU/g, *Bacillus cereus*는 약 $3.0\text{-}5.0 \times 10^3$ CFU/g이었다. 펄스 수 5 pps, 광원과 처리용기 사이의 거리 4 cm의 동일한 조건에서 빛의 세기를 달리하여 처리하였을 경우 빛의 세기가 강할수록 사멸정도는 증가하였으며, 빛의 세기 1,000 V에서 후추의 경우 일반세균은 0.55 log, *B. cereus*는 0.6 log, 백후추의 경우 일반세균은 0.7 log, *B. cereus*는 0.6 log의 사멸효과를 보였다. 펄스 수를 달리하였을 경우에는 펄스수가 증가할수록 높은 사멸율을 보였으며, 광원과 처리 용기사이의 거리에 따른 사멸효과를 거리가 짧을수록 사멸율은 증가하였다. 입자의 크기에 따른 사멸 효과는 입자의 크기가 클수록 살균효과가 높은 것으로 나타났다. 후춧가루의 살균에 있어 광펄스 기술은 처리 조건에 따라 40-80%정도의 사멸율을 나타내어 후춧가루의 비가열 살균 기술로서의 적용 가능성을 볼 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산기술개발사업(고부가가치 식품기술개발사업, 과제번호 317030-3, 가공식품활성화를 위한 분말(분체)살균 기술 및 장치개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Antai SP. 1988. Study of the Bacillus flora of Nigerian spices. Int. J. Food Microbiol. 6: 259-261.
- Bae YG. 2013. Efficacy of sterilization according to operating condition of intense pulsed light. MS thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea
- Banerjee M, Sarkar PS. 2004. Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices. Food Control 15: 491-496.
- Baxter R, Holzapfel WH. 2006. A microbial investigation of selected spices, herbs, and additives in South Africa. J. Food Sci. 47: 570-574.
- Cho HY, Shin JK, Song YA, Yoon SJ, Kim JM, Pyun YR. 2002. Nonthermal pasteurization of lactic acid bacterial by high intensity light pulse. Korean J. Food Sci. Technol. 18: 1537-1540
- Choi MS, Cheight CI, Jeong EA, Shin JK, Park JY, Song KB, Park JH, Kwon KS, Chung MS. 2009. Inactivation of *Enterobacter sakazakii* inoculated on formulated infant foods by intense pulsed light treatment. Food Sci. Biotechnol. 18: 1537-1540.
- Claire L, Phillippa B, Sarah K, Christine RS. 1974. The complete book of herbs and spices. Newton Abbot. Eng p 201
- de Alwis HMG, Grandison AS. 1992. Viscometry as detection method for electron beam irradiation of black pepper. Food Control 3: 205-208.
- Dunn JE, Clark RW, Asmus JF, Pearlman JS, Boyer K, Painchaud F, Hofmann GA. 1991. Methods for preservation of foodstuffs. US Patent 5,034,235
- Hayashi T, Todoriki S, Kohyama K. 2004. Irradiation effects on pepper starch viscosity. J. Food Sci. 59: 118-120.
- Jung HH, Choi EJ, Lee YJ, Kang ST. 2011. Effects of infrared pasteurization on quality of red pepper powder. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 156-160.
- Kim AJ. 2012. Inactivation of surface microorganisms of dried laver (*Parphyra seriata*) by intense pulsed light treatment. MS thesis. Jeonju Univ., Jeonju, Korea.

- Kim ML. 2002. Function of spice and herbs. J. East Asian Soc. Dietary Life. 12: 431-453
- Mok CK, Jeon HJ. 2013. Low pressure discharge plasma inactivation of microorganisms in black pepper powder. Food Eng. Prog. 17:43-47.
- Park HR. 2014. Sterilization of microorganism on rapeseed sprout using intense pulsed light. MS thesis. Jeonju University, Jeonju, Korea.
- Park JH, Shin JK. 2016. Contamination level of commercialized pepper and sterilization effect by intense pulsed light in batch system. Korean J. Food Sci. Technol. 48: 525-529
- Park JH. 2016. Sterilization effect of microorganism on black and white pepper using intense pulsed light. MS thesis, Jeonju University, Jeonju, Korea.
- Purseglove JW, Brown EG, Green GL, Robbins SR. 1981. Spices in pepper, Longman, New York, USA, pp 120-124.
- Rico CW, Kim GR, Ahn JJ, Kim HK, Furuta M, Kwon JH. 2010. 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.
- Schweiggert U, Carle R, Schieber A. 2007. Conventional and alternative processes for spice production- a review. Trends Food Sci. Tech. 18: 260-268.
- Shin JK, Kim BR, Kim AJ. 2010. Nonthermal food processing technology using electric power. Food Sci. Ind. 43: 21-34.
- Yi SD, Oh MJ, Yang JS. 2001. Detection capability by change of amylograph characteristics of irradiated black pepper. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 195-199.