

## 감압방전플라즈마에 의한 고춧가루 미생물 저감

목철균\* · 전형주

가천대학교 공과대학 식품생물공학과

### Reduction of Microorganisms in Red Pepper Powder by Low Pressure Discharge Plasma

Chulkyoon Mok\* and Hyungjoo Jeon

Department of Food Science and Biotechnology, College of Engineering, Gachon University

#### Abstract

Low pressure discharge plasma (LPDP) was applied to reduce the microbial counts of red pepper powder, and its effects on the quality were determined. Red pepper powder samples purchased in local markets showed substantial levels of microbial contamination;  $7.33 \times 10^4$ - $1.07 \times 10^7$  CFU/g for bacteria and  $3.47 \times 10^4$ - $3.16 \times 10^6$  CFU/g for mold counts. The LPDP inactivation of microorganism in red pepper powder followed a biphasic first order reaction kinetics. The LPDP inactivation rate constants increased with the input power and the fineness of particles, and showed greater values against mold than bacteria. Excessive LPDP treatment induced substantial changes in color and reduction in capsaicinoid contents. However the sensory color and taste were not changed significantly with the LPDP treatments for up to 5 min. The sensory flavor and overall acceptability remained unchanged with 10 min treatment. The optimum LPDP treatment time for red pepper powder was 5 min, which resulted in 1.5 log reduction in bacterial counts with no significant changes in sensory quality.

**Key words:** red pepper powder, low pressure discharge plasma (LPDP), microorganism, inactivation, sensory quality

#### 서 론

경제력 향상과 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 신선하고 영양이 풍부하며 품질이 우수한 식품에 대한 요구가 늘고 있다. 그러나 신선식품에 대한 욕구는 자칫 식품의 안전성과 배치될 수 있으며, 추세를 반영하듯 매년 식중독 사고가 증가하고 있다.

식품위생 문제를 미연에 방지하기 위해서는 식품원료 및 가공제품의 살균이 필수적이지만 통상 사용되는 가열살균은 열에 의한 품질열화를 수반하며 특히 향신료 등 열에 취약하거나 민감한 제품에는 적용할 수 없다는 제약이 있다. 이러한 열에 민감한 제품의 살균에는 가열살균 대신 비가열살균기술의 적용이 바람직하다.

고추를 위시한 대부분의 향신료는 고온다습한 환경에서 재배되는 열대성 작물로서 재배 또는 수확 시 오염이 심각

하고 오염된 미생물은 최종제품에 까지 이행하게 되어 고춧가루 등 최종제품의 미생물학적 안전성에 영향을 끼친다 (McKee, 1995). 우리나라 고추의 미생물 오염은  $1.0 \times 10^5$ - $1.2 \times 10^8$  CFU/g 수준이며, *Bacillus* 속이 주류를 이루는 것으로 알려져 있다 (Yoo et al., 1983). 인도산 고추의 경우는 호기성 미생물수가  $2 \times 10^6$ 부터  $2 \times 10^8$  CFU/g 수준으로 국내산 고추에 비하여 오염도가 높으며, *E. coli*와 *B. cereus*가 주요 오염 미생물로 밝혀져 있다 (Bhat et al., 1987).

플라즈마는 전리된 기체로서 양전기를 띤 이온과 음전기를 띤 전자가 거의 같은 밀도로 분포되어 전기적으로 중성인 하전입자 집단이며 고 에너지 전자, 다양한 여기상태의 이온 및 넓은 파장 영역의 자외선을 포함하므로 이들의 생물학적 작용에 의해 미생물을 사멸한다 (Lerouge et al., 2001; Moisan et al., 2002). 플라즈마에 의한 미생물 사멸은 생성된 자외선에 의한 DNA 변형, 자외선 광자에 의한 화학결합 파괴로 생성되는 휘발성 물질의 방출, 그리고 플라즈마로부터 생성된 반응성 화합물의 흡착 등에 기인하는 것으로 알려져 있다 (Moisan et al., 2002). 특히 감압상태에 생성 기체량을 조절하면서 플라즈마를 발생시키면 플라즈마 밀도 조절이 용이하고 열 발생을 최소화할 수 있는 약 전리 상태를 유지할 수 있으며 이온의 발생과 소멸이 균형

\*Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food Science and Biotechnology, College of Engineering, Gachon University, San 65 Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 461-701, Korea

Tel: +82-31-750-5403; Fax: +82-31-750-5273

E-mail: mokck@gachon.ac.kr

Received February 10, 2012; revised March 13, 2012; accepted March 13, 2011

을 이루는 정상상태를 이룰 수 있어 열에 민감한 식품 등 생물학적 재료의 처리에 적합한 장점이 있다(Mok & Song, 2010).

본 연구에서는 이러한 특성을 갖는 감압방전플라즈마(low pressure discharge plasma; LPDP)를 사용하여 고춧가루를 살균함으로써 미생물학적 안전성을 향상하는 기술을 개발하기 위하여 처리조건 별 살균효과와 LPDP 처리가 고춧가루의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 고춧가루는 경기도 성남 소재 모란시장과 중앙시장에서 구입하여 사용하였다.

### LPDP 장치 및 시료 처리

LPDP 장치(Mok & Song, 2010)의 처리실에 고춧가루 0.1 g을 페트리접시에 얇게 펴서 넣고 밀폐한 후 진공펌프를 가동하여 1 Torr(133 Pa) 정도로 감압한 후 압축공기를 350 mL/min의 속도로 주입하면서 동력(27-100 W)을 인가하여 저주파(LF) 글로우 방전에 의해 LPDP를 생성하였다.

### 균수 측정

고춧가루 균수는 시료 0.1 g을 9.9 mL의 멸균 생리식염수에 가한 후 균질화하고 10 진희석하여 표준평판법(KFDA, 2005)에 의해 생존균수를 계수하였다. 배지는 모두 Becton Dickinson and Company(Sparks, MD, U.S.A.) 제품을 사용하였으며, 세균은 plate count agar(PCA)를, *Bacillus cereus*는 mannitol-egg yolk-polymyxin(MYP) agar를, 진균은 potato dextrose agar(PDA)를 사용하였다. 희석액 100 µL를 해당 agar 위에 도말한 후 세균과 *Bacillus cereus*는 37°C에서 20-24시간 배양한 후 집락수를 계수하였고, 진균에 대해서는 30°C에서 24시간 배양한 후 계수하였다.

### LPDP 살균패턴

LPDP 살균패턴을 식 (1)과 같이 1 차 반응에 의거하여 처리구간별 직선의 기울기로부터 살균속도상수(k)를 구하였다(Mok & Song, 2010).

$$\ln \frac{N_0}{N} = k \cdot t \quad (1)$$

### 고춧가루 품질 분석

고춧가루의 색도는 색차계(color difference meter, CR-200, Minolta, Osaka, Japan)로 측정하였다. 고춧가루를 Φ35 mm 페트리접시에 담아 접시의 밑면에 색차계의 센서를 위치하고 5 회 반복 측정하였다.

ASTA color값은 Chung & Hwang(2003)의 방법으로 측정하였다. 고춧가루 100 mg을 100 mL 정용플라스크에 취하고 90 mL 아세톤을 가하여 밀봉한 다음 암실에서 4시간 진탕하여 추출한 후 100 mL로 정용하였다. 추출액을 Whatman No. 5 여과지를 사용하여 여과하고 UV/Vis 분광광도계(T60, Sepoong, Anyang, Korea)를 사용하여 여액의 흡광도를 460 nm에서 측정하고 식 (2)에 의해 ASTA color 값을 계산하였다.

$$\text{ASTA color value} = \frac{\text{Absorbance} \times 16.4}{\text{Sample weight (g)}} \quad (2)$$

Capsaicinoids(capsaicin + dihydrocapsaicin)함량은 HPLC를 사용하여 정량하였다. 고춧가루 2.5 g을 시험관에 넣고 아세톤 15 mL를 가한 후 3.5시간 동안 진탕하여 추출하고, 상등액 5 mL를 100 mL 비커에 취하여 후드에서 아세톤을 휘발시킨 후, 메탄올 5 mL를 가하여 증발잔류물을 용해하였다. 이 용액을 0.45 µm HPLC용 필터로 여과한 후 1.0 µL를 HPLC(Agilent 1200 series, Santa Clara, CA, U.S.A.)에 주입하여 분석하였다. 분석조건은 아래와 같았다.

Column : Chromolite Re 18e (4.6 mm×100 mm)

Solvent : methanol:water (7:3)

Flow rate : 1.00 mL/min

Detector : diode array detector

Wavelength : 280 nm

HPLC 분석 후 피크면적으로부터 capsaicin과 dihydrocapsaicin(Sigma Aldrich Corp., St. Louis, MO, U.S.A.) 검량선을 기준으로 각각의 함량을 구하였고 이들의 합으로 총capsaicinoids 함량을 산출하였다.

### 관능검사 및 통계처리

LPDP 처리한 고춧가루의 색, 맛, 향, 종합적 기호도에 대한 관능검사는 고춧가루를 사용하여 무채를 만들어 15 명의 평가원을 대상으로 실시하였다. 무채는 채칼을 사용하여 썬 무 700 g에 고춧가루 8 g, 식염 2 g을 가하고 균일하게 혼합하여 제조하였다. 관능검사 결과에 대한 통계분석은 SAS 9.1(SAS Institute Inc., 2004)을 사용하여 분산분석을 행한 후 실험변수 간 차이의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 고춧가루 오염도

시중에서 판매하는 9 종의 고춧가루를 구입하여 오염도를 조사한 결과 Table 1과 같이 세균은  $7.33 \times 10^4$ - $1.07 \times 10^7$  CFU/g 범위의 오염도를 보였으며 평균적으로는  $2.85 \times 10^6$  CFU/g의 오염도를 나타냈다. 진균류 오염도는  $3.47 \times 10^4$ - $3.16 \times 10^6$  CFU/g의 범위를 보였으며, 평균  $7.09 \times 10^5$  CFU/g

**Table 1. Microbial contamination of red pepper powder sold in local markets.**

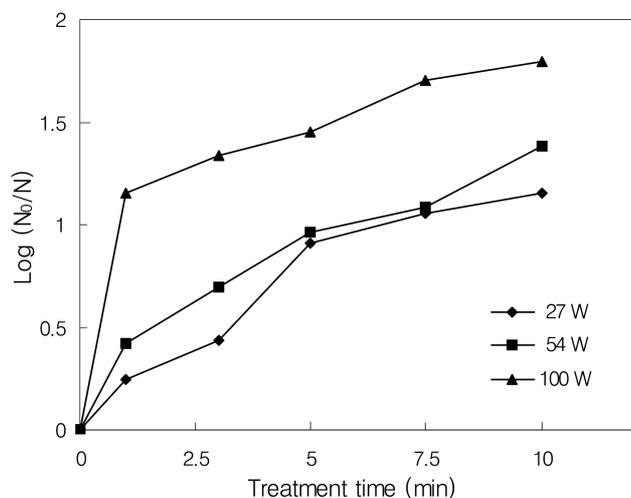
Sample code	(CFU/g)		
	Bacteria	<i>B. cereus</i>	Mold
A	8.47×10 <sup>6</sup> ±2.46×10 <sup>6</sup>	2.66×10 <sup>6</sup> ±1.91×10 <sup>5</sup>	3.16×10 <sup>6</sup> ±8.68×10 <sup>5</sup>
B	7.33×10 <sup>4</sup> ±5.51×10 <sup>4</sup>	2.05×10 <sup>4</sup> ±8.09×10 <sup>2</sup>	3.47×10 <sup>4</sup> ±2.76×10 <sup>4</sup>
C	4.80×10 <sup>5</sup> ±7.81×10 <sup>4</sup>	2.33×10 <sup>5</sup> ±1.16×10 <sup>4</sup>	1.89×10 <sup>5</sup> ±5.73×10 <sup>4</sup>
D	1.26×10 <sup>6</sup> ±6.03×10 <sup>4</sup>	4.88×10 <sup>5</sup> ±3.06×10 <sup>4</sup>	1.98×10 <sup>5</sup> ±3.88×10 <sup>4</sup>
E	1.70×10 <sup>6</sup> ±1.99×10 <sup>5</sup>	2.47×10 <sup>5</sup> ±8.08×10 <sup>4</sup>	8.37×10 <sup>5</sup> ±8.50×10 <sup>5</sup>
F	1.16×10 <sup>6</sup> ±1.41×10 <sup>5</sup>	9.80×10 <sup>4</sup> ±3.02×10 <sup>4</sup>	4.34×10 <sup>5</sup> ±4.15×10 <sup>4</sup>
G	1.27×10 <sup>6</sup> ±9.54×10 <sup>4</sup>	1.05×10 <sup>6</sup> ±5.29×10 <sup>4</sup>	3.78×10 <sup>5</sup> ±1.16×10 <sup>5</sup>
H	4.53×10 <sup>5</sup> ±3.22×10 <sup>4</sup>	1.56×10 <sup>6</sup> ±6.81×10 <sup>4</sup>	3.30×10 <sup>5</sup> ±3.20×10 <sup>5</sup>
I	1.07×10 <sup>7</sup> ±2.14×10 <sup>6</sup>	1.76×10 <sup>5</sup> ±7.74×10 <sup>4</sup>	8.00×10 <sup>5</sup> ±8.70×10 <sup>5</sup>
Mean	2.85×10 <sup>6</sup> ±3.86×10 <sup>6</sup>	7.26×10 <sup>5</sup> ±6.03×10 <sup>4</sup>	7.09×10 <sup>5</sup> ±1.01×10 <sup>6</sup>

의 값을 보여 시중 판매 고춧가루는 상당한 수준으로 오염된 식품임을 알 수 있었다. *B. cereus* 오염도는 2.05×10<sup>4</sup>-2.66×10<sup>6</sup> CFU/g으로서 고춧가루에 존재하는 세균 중 주종을 이루고 있었다.

고춧가루에 존재하는 세균은 *B. cereus*가 주종을 차지하고 있다는 사실은 종전의 연구에서 확인된 바 있다(Antai, 1988). 국내산 고추의 미생물 오염도를 조사한 Yoo et al.(1983)은 총균수는 1.0×10<sup>5</sup>-1.2×10<sup>8</sup> CFU/g 수준, 대장균군은 10<sup>4</sup> MPN/g, 대장균은 10<sup>3</sup> MPN/g 수준으로 오염되어 있다고 하였으며, *Bacillus pumilis*, *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *B. polymyxa* 등 *Bacillus* 속이 주류를 이룬다고 보고하였다. 인도 고추의 경우도 *E. coli*와 *B. cereus*가 주류를 이루며, 2×10<sup>6</sup>-2×10<sup>8</sup> CFU/g 수준의 오염도를 보였다(Bhat et al., 1987).

**인가동력이 고춧가루의 LPDP 살균에 미치는 영향**

고춧가루의 LPDP 살균 시 인가동력(출력)이 살균효과에 미치는 영향을 조사한 결과 Fig. 1과 같이 출력에 따라 살



**Fig. 1. Effect of power levels on LPDP inactivation of bacteria in red pepper powder.**

**Table 2. Inactivation rate constants of bacteria in red pepper powder at different power levels.**

Power (W)	Inactivation rate constant (min <sup>-1</sup> )	
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>
27	0.563	0.220
54	0.970	0.213
100	2.650	0.160

균효과가 증가하였다. LPDP 1분간 처리에 의해 출력 27 W와 54 W의 경우 각각 0.2, 0.4 log 정도의 살균효과를 보인 반면, 100 W의 경우는 1 log를 상회하는 살균효과를 보였으며 이후에도 출력에 비례하여 높은 살균치를 나타냈다. 출력 27 W와 54 W 간의 차이는 크지 않았으나 54 W와 100 W의 간의 차이가 크게 나타나 이후의 처리는 출력 100 W에서 실시하였다.

위의 살균양상을 근거로 2 단계로 구성된 1차 반응에 의거하여 단계별 살균속도상수를 구한 결과 Table 2와 같이 출력에 따라 1 단계 살균속도상수(k<sub>1</sub>)가 높은 값을 보였으며 출력 100 W의 경우 27 W와 54 W에 비하여 각각 5 배와 3 배 정도로 높아져 출력에 따라 대수적으로 증가함을 알 수 있었다. 한편 2 단계 살균속도상수(k<sub>2</sub>)는 출력에 상관없이 0.160-0.220 min<sup>-1</sup> 범위에서 유사한 값을 보였다. LPDP 살균패턴은 표준균주를 대상으로 한 경우에도 2 단계 1차 반응으로 나타난 바 있으며, 단계별 살균양상의 차이는 미생물 종류 및 표면과 내부 미생물에 대한 살균력의 차이에 기인하는 것으로 추정되었다(Mok & Song, 2010).

**입도가 고춧가루의 LPDP 살균에 미치는 영향**

LPDP 살균에 미치는 입도의 영향을 알아보기 위하여 30 mesh(체눈크기 0.550 mm) 표준체를 사용하여 고춧가루를 체 위에 걸린 부분(+30 mesh)과 통과한 부분(-30 mesh)으로 분리하여 처리하였다. 출력 100 W에서의 LPDP 살균효과는 Fig. 2와 같이 -30 mesh 분획이 +30 mesh 분획에

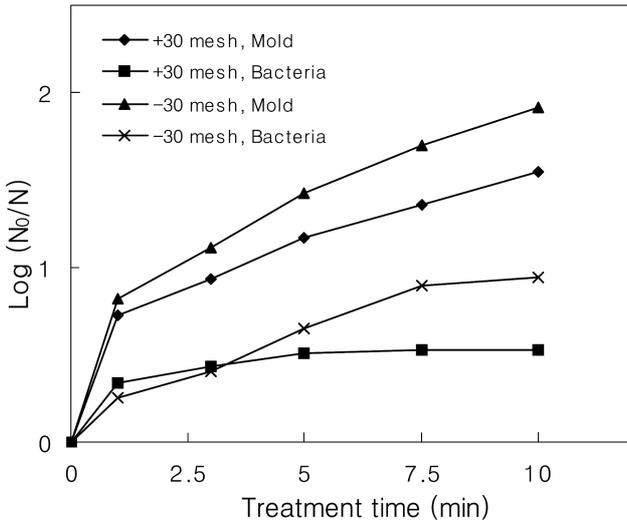


Fig. 2. Effects of particle size on LPDP inactivation of different microorganisms in red pepper powder.

Table 3. Inactivation rate constants of microorganisms in red pepper powder of different particle sizes.

Microorganism	Particle size fraction	Inactivation rate constant (min <sup>-1</sup> )	
		k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>
Bacteria	+30 mesh	0.7821	0.0304
	-30 mesh	0.5839	0.1773
Mold	+30 mesh	1.6720	0.1960
	-30 mesh	1.9007	0.2614

비하여 살균치가 크게 나타나 입도가 작을수록 살균효과가 큼을 알 수 있었다. 입도가 작으면 표면적이 넓어 LPDP와 접촉하는 면적이 증가함으로써 살균효과가 상승하는 것으로 생각된다. 미생물 종류별로는 세균에 비하여 진균에 대한 살균효과가 크게 나타나 진균이 LPDP에 더 민감한 것으로 나타났으며, 입도별 살균속도상수는 Table 3과 같이 진균이 k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> 모두 세균보다 큰 값을 보였다.

색도 및 ASTA값

LPDP 처리에 의한 입도별 고춧가루의 색 변화를 보면 Fig. 3과 같이 입도 +30 mesh 고춧가루의 경우 LPDP 처리에 의해 L값과 b값의 변화는 거의 없었고, a값은 약간 감소하는 경향을 보였다. 반면 입도 -30 mesh 고춧가루는 L값과 b값은 약간 증가한 반면 a값은 현저하게 감소하여 탈색이 수반되는 것으로 나타났다.

무처리구의 색을 기준으로 LPDP 처리시간에 따른 고춧가루의 색차를 계산한 결과 Table 4와 같이 처리시간에 비례하여 색차가 증가하였으며, 특히 입도가 작은 -30 mesh 고춧가루에서 색 변화가 두드러졌다. 일반적으로 색차가 3.0 이상이면 눈으로 감지할 수 있는 수준임을 감안할 때

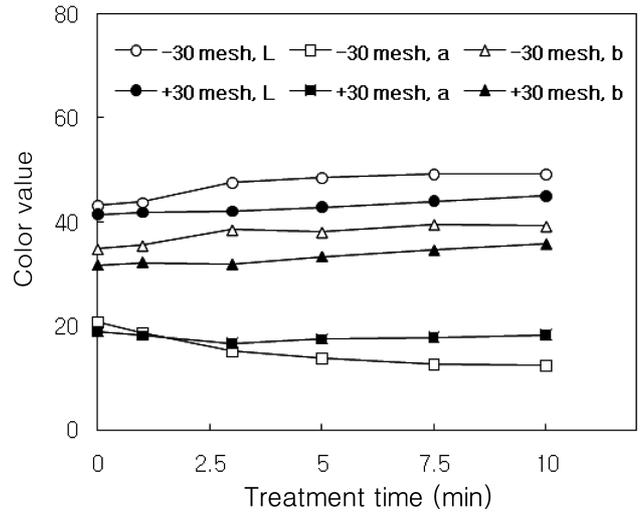


Fig. 3. Changes in color of red pepper powder of different particle sizes during LPDP treatment.

Table 4. Color change of red pepper powder of different particle sizes by LPDP treatment.

Treatment time (min)	Color change (ΔE)	
	+30 mesh	-30 mesh
0	0	0
1	1.066	2.474
3	2.474	8.073
5	2.707	9.255
7.5	4.081	11.173
10	5.553	11.120

(Song & Park, 1995), +30 mesh의 경우 5 분 이하의 처리는 색을 변화시키진 않으나, -30 mesh의 경우는 3 분 이상의 처리에서는 감지할 수 있는 수준의 색변화를 초래하는 것으로 나타났다.

입도별 처리 전 ASTA값은 +30 mesh와 -30 mesh 고춧가루에서 각각 109.88과 84.46이었다. LPDP 처리에 의한 ASTA값 변화를 보면 Fig. 4에서와 같이 처리시간에 따라 감소하는 양상을 보였으며, 입도가 작은 -30 mesh 고춧가루에서 감소정도가 더 심하게 나타났다. 특히 초기 3분간 처리에서 색 변화가 큰 것으로 확인되어 고춧가루의 색택을 유지하며 LPDP살균효과를 거두려면 입도가 큰 고춧가루를 가능한 한 단시간 살균하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

매운맛 성분

LPDP 살균이 고춧가루의 매운맛에 미치는 영향을 알아보기 위하여 LPDP 처리시간별 capsaicin 함량을 HPLC 분석한 결과 Fig. 5와 같이 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 retention time은 각각 7.6 분과 10.5 분이었으며, capsaicin

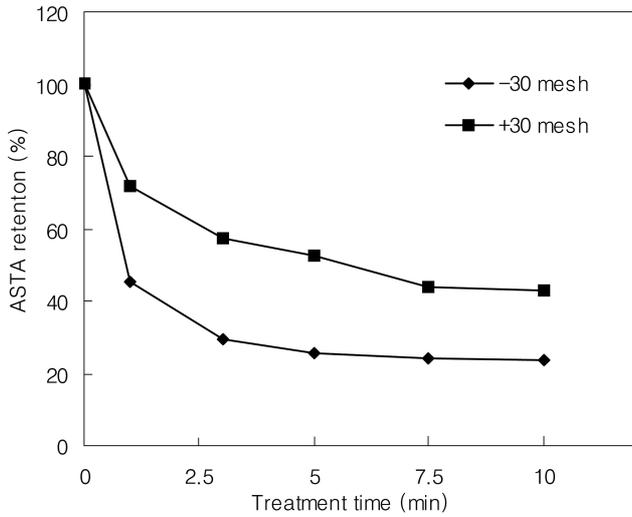


Fig. 4. Retention in ASTA value of red pepper powder of different particle sizes during LPDP treatment.

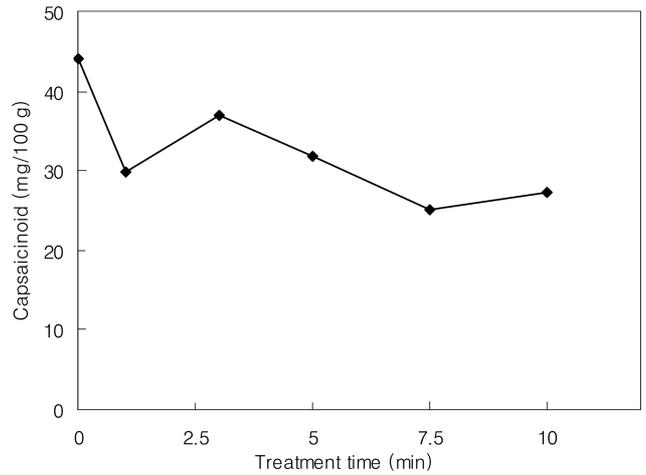


Fig. 6. Effect of LPDP treatment on the capsaicinoid contents of red pepper powder.

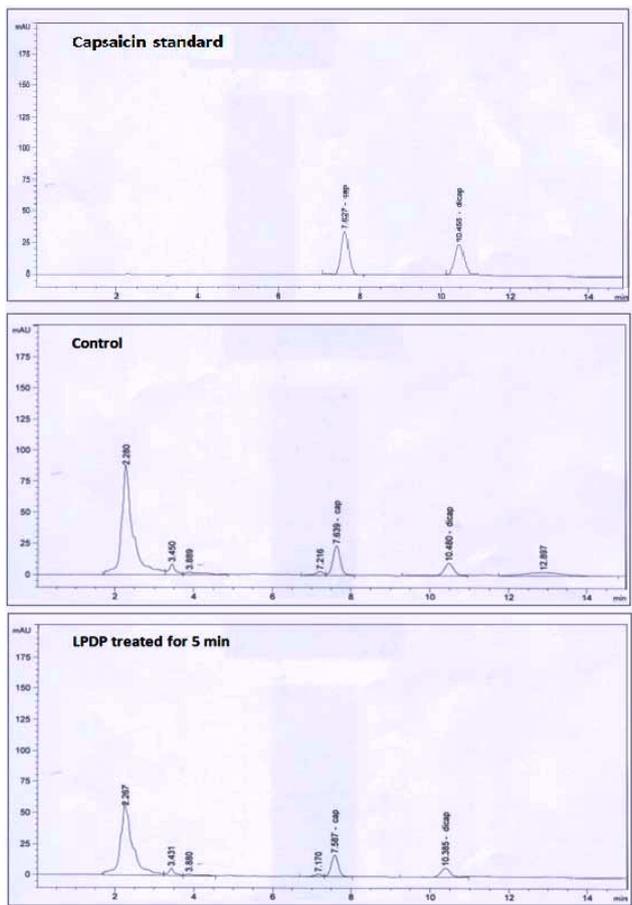


Fig. 5. HPLC chromatogram of capsaicinoids in LPDP treated red pepper powder.

과 dihydrocapsaicin 모두 LPDP 처리에 의해 다소 감소하는 것으로 나타났다. LPDP 처리시간에 따른 capsaicinoids

함량 변화는 Fig. 6과 같이 처리시간에 따라 감소하였다. 무처리구의 capsaicinoids 함량은 44.5 mg%이었으며, LPDP 5분 처리 후에는 31.7 mg%로, 10분 처리 후에는 27.4 mg%로 감소하여 각각 28.1%와 38.0%의 감소율을 보였다. 한편 국내산 고춧가루의 capsaicinoids 함량은 16.52-75.49 mg%의 분포를 보였으며(Ku et al., 2001), 130 mg% 이상도 보고된 바 있다(Chung & Hwang, 2003).

관능특성

LPDP 처리한 고춧가루를 첨가하여 조리한 무채의 관능 검사 결과는 Table 5와 같이 색과 맛은 5분 이하 처리 시에는 무처리구와 차이를 보이지 않았으나 10분간 처리한 경우는 유의하게 낮은 점수를 보였다. 반면 향과 종합적 기호도는 대조구와 처리구간에 유의차를 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 5분 이하로 LPDP 처리할 경우 고춧가루의 관능특성을 유지함을 알 수 있었으며, 5분간 처리 시 미생물은 1.5 log 정도 감소시킬 수 있어(Fig. 1) 관능특성에 크게 영향을 주지 않으면서 미생물을 저감할 수 있는 것으로 확인되었다. LPDP 처리는 향후 고춧가루의 품질을 유지하면서 위생성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

Table 5. Sensory properties of turnip salads tossed with LPDP treated red pepper powder.

Sensory properties	Treatment time (min)			
	0	1	5	10
Color	6.733 <sup>a</sup>	6.467 <sup>a</sup>	6.200 <sup>ab</sup>	5.067 <sup>b</sup>
Taste	6.733 <sup>a</sup>	6.000 <sup>ab</sup>	5.400 <sup>ab</sup>	5.067 <sup>b</sup>
Flavor	6.400 <sup>a</sup>	6.400 <sup>a</sup>	5.467 <sup>a</sup>	5.533 <sup>a</sup>
Overall acceptability	6.800 <sup>a</sup>	6.267 <sup>a</sup>	6.867 <sup>a</sup>	5.733 <sup>a</sup>

Values with the same letters within same row are not significantly different at  $\alpha = 0.05$ .

## 요 약

고춧가루의 품질 변화를 낮추면서 살균하는 기술을 개발하고자 감압방전플라즈마(LPDP)를 이용한 비가열살균을 시도하였고 LPDP 처리에 의한 품질변화를 조사하였다. 시중 판매 고춧가루의 오염도는 세균  $7.33 \times 10^4$ - $1.07 \times 10^7$  CFU/g, 진균류  $3.47 \times 10^4$ - $3.16 \times 10^6$  CFU/g의 범위를 보여 상당한 수준으로 오염된 식품으로 확인되었다. 고춧가루의 LPDP 살균 패턴은 2 단계 1 차 반응으로 나타났으며, 출력에 따라 살균속도상수가 증가하였다. 또한 입자가 가늘수록 살균효과가 증가하였으며, 미생물 종류별로는 세균에 비하여 진균에 대한 살균효과가 크게 나타났다. 과도한 LPDP 처리는 고춧가루의 탈색과 capsaicinoids 함량의 감소를 유발하였다. LPDP 처리 고춧가루를 사용하여 조리한 무채의 관능검사 결과 색과 맛은 5 분 처리까지는 무처리구와 차이가 없었으나 10 분 처리 시에는 유의하게 낮은 점수를 보였다. 반면 향과 기호도에서는 처리구와 무처리구 간에 유의차를 보이지 않아 5 분 이하로 LPDP 처리 시 관능특성을 유지하면서 약 1.5 log 정도의 미생물 저감화가 가능하였다.

## 감사의 글

본 연구는 울촌재단과 농림수산식품부 고부가식품기술개발사업의 지원으로 이루어진 것으로서 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Antai SP. 1988. Study of the *Bacillus* flora of Nigerian spices. *Int. J. Food Microbiol.* 6: 259-261.
- Bhat R, Geeta H, Kulkarni PR. 1987. Microbial profile of cumin seeds and chilli powder sold in retail shops in the city of Bombay. *J. Food Protect.* 50: 418-419.
- Chung KM, Hwang JM. 2003. Quality of single-harvested red peppers by drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 329-333.
- KFDA. 2005. Food Codes Vol. II. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea, p. 97.
- Ku KH, Kim NY, Park JB, Park WS. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 231-237.
- Lerouge S, Wertheimer MR, Yahia L. 2001. Plasma sterilization: a review of parameters, mechanisms, and limitations. *Plasma Polym.* 6: 175-188.
- McKee LH. 1995. Microbial contamination of spices and herbs: a review. *Lebensm-Wiss. Technol.* 28: 1-11.
- Moisan M, Barbeau J, Crevier MC, Pelletier J, Philip N, Saoudi B. 2002. Plasma sterilization: methods and mechanisms. *Pure Appl. Chem.* 74: 349-358.
- Mok C, Song DM. 2010. Low-pressure plasma inactivation of *Escherichia coli*. *Food Eng. Prog.* 14: 202-207.
- SAS Institute, Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Song JC, Park HJ. 1995. Physical, Functional, Textural and Rheological Properties of Foods. Ulsan University Press, Ulsan, Korea, p. 82.
- Yoo JY, Lee HC, Shin DH, Min BY. 1983. Microbiological studies of foods (I) - Microbial load and microflora red pepper powder. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 11: 131-136.