

## 코로나방전플라즈마제트를 이용한 생식용 곡류의 미생물 저감

윤금아 · 목철균\*  
가천대학교 식품생물공학과

### Microbial Inactivation of Grains Used in *Saengshik* by Corona Discharge Plasma Jet

Geum-A Youn and Chulkyoon Mok\*

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

**Abstract** Inactivation of microorganisms in grains used for *saengshik*, a formulated health food, was attempted by corona discharge plasma jet (CDPJ). The initial microbial counts of the grains were in the range of  $1.7 \times 10^3$ - $9.9 \times 10^5$  CFU/g. The CDPJ-inactivation effect was increased with electric current in the range of 1-1.5 A. Regarding span length between the tips of the electrodes and the treatment surface, the highest inactivation effect was observed at 25 mm. The inactivation pattern fitted well to the Singh-Heldman model. Bacteria were more labile to the CDPJ inactivation than yeasts and molds. Among tested grains, white rice showed the highest sterility followed by pressed barley and brown rice. Despite the inactivation by plasma, the thiobarbituric acid content of the grains remained unchanged over 10 min of treatment. Our results indicated the potential of the CDPJ treatment to improve the hygiene of *saengshik* products with no remarkable changes in lipid quality.

**Keywords:** *saengshik*, grain, microorganism, corona discharge plasma jet, inactivation

## 서 론

소득수준이 높아짐에 따라 건강과 다이어트에 대한 관심이 고조되고 있고, 이에 따라 영양이 풍부하고 기능성 성분이 유지되도록 저온에서 가공한 생식이 건강식 또는 다이어트용 식품으로 각광받고 있다(1).

생식류는 '동식물성 원료를 주원료로 하여 건조 등 가공 처리하여 분말, 과립, 바, 페이스트, 젤상, 액상 등으로 제조한 것으로 이를 그대로 또는 물 등과 혼합하여 섭취할 수 있도록 한 것'으로 정의된다. 또한 생식은 제조 중 품질변화를 최소화하기 위하여 동결건조, 자연건조 또는 60°C 이하의 송풍건조 등 저온가공을 제조가공기준으로 정하고 있으며, 그럼에도 불구하고 *Clostridium perfringens*는 100 CFU/g 이하, *Bacillus cereus*는 1,000 CFU/g 이하, *Escherichia coli*는 음성이어야 하는 비교적 엄격한 미생물 규격을 갖고 있다(2).

생식의 가공에 요구되는 저온에서의 처리로는 미생물 살균효과는 기대하기 어려우며, 원료 상태가 불량하거나 처리가공 중 미생물이 오염될 경우 생식제품은 미생물 규격을 충족시키지 못할 가능성이 있다. 실제 시중에서 유통되는 생식의 총균은 4.8-7.2 log CFU/g, 대장균군은 2.4-4.4 log CFU/g 정도로 알려져 있고, *B. cereus* 등 식중독균도 검출되고 있다(3). 또한 생식제품은

물, 우유, 두유 등에 섞어 바로 음용하므로 이들 미생물이 그대로 체내로 유입되어 식중독이나 질병의 원인이 될 수 있으나, 주로 상온에서 유통되고 구입 후 장시간 보관하면서 소비하지만 소비자들은 건조식품이므로 위해 가능성이 낮다고 인지하고 있어 미생물학적 위해가 잠재하는 식품군에 속한다(4).

그럼에도 불구하고 생식제품이 추구하는 유용한 생리기능성을 유지하기 위해서는 가열할 수 없으므로 생식의 미생물학적 안전성을 확보하려면 열을 사용하지 않고 원료물질을 살균할 수 있는 비가열살균기술의 적용이 필요하다. 가장 대표적인 비가열살균방법은 방사선조사이지만 방사능 또는 방사선에 대한 거부감과 높은 처리비용 때문에 이 기술의 적용에는 제약이 있다. 이를 해결할 대안으로 시설비와 운영비가 상대적으로 낮은 저온플라즈마(low temperature plasma)가 관심을 끌고 있다.

저온플라즈마에는 반응성이 높은 라디칼과 이온 등의 전하입자가 풍부하여 미생물 세포막을 파괴하고 아울러 플라즈마에 포함된 자외선이 DNA 변형을 일으켜 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(5). 특히 코로나방전플라즈마제트(corona discharge plasma jet, CDPJ)는 세라믹 실드 전극에서 플라즈마를 발생시키고 송풍장치를 통해 전극 주위에 다량의 공기를 유입함으로써 온도를 낮추는 동시에 제트형태로 플라즈마를 분사하는 방식으로 장치의 구조가 간단하고 운영이 쉬운 장점을 갖고 있으며 4.5 log 이상의 살균효과를 나타낸다(6). 이러한 CDPJ의 특성은 열에 민감한 제품 또는 가열처리가 곤란한 식품의 비가열살균에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 생식의 주원료가 되는 곡류의 미생물 안전성을 향상시키는 기술을 개발하고자 CDPJ를 이용한 미생물 저감화를 시도하였고, 처리에 따른 곡류의 품질변화를 지방에 미치는 영향을 중심으로 조사하였다.

\*Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam, Gyeonggi, 461-701, Korea  
Tel: 82-31-750-5403  
Fax: 82-31-750-5389  
E-mail: mokck@gachon.ac.kr  
Received July 22, 2014; revised November 26, 2014;  
accepted November 26, 2014

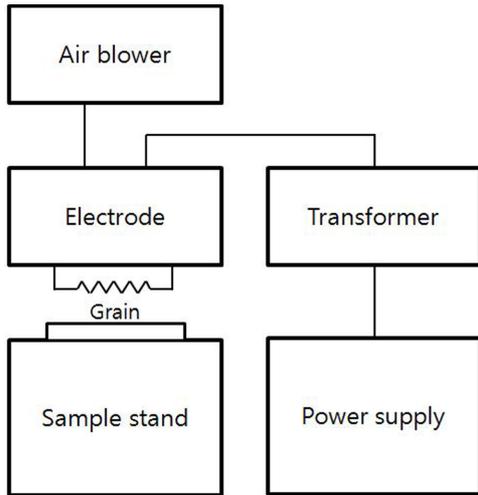


Fig. 1. Schematic diagram of CDPJ treatment system.

## 재료 및 방법

### 시료

백미는 유기농쌀(Cheonbo Natural Foods Co., Ltd., Chungju, Korea), 현미는 혼합 품종의 무농약현미(Gwangboknongsan Co., Sinan, Korea), 압맥은 다좋은압맥(Yongdoo Nonghyeop, Jangheung, Korea)을 성남시 소재 대형마트에서 구입하여 -20°C에서 보관하며 사용하였다.

### CDPJ 장치

본 연구에서 사용한 CDPJ 장치는 Mok과 Lee(6)가 고안한 시스템으로 전원장치, 변압기, 방전전극, 송풍장치 및 시료처리판으로 구성되었다(Fig. 1). 전극에 DC 20.0 kV 전압을 인가하고 전류세기 1-1.5 A 범위에서 플라즈마를 생성하면서 전극 사이로 원심식 블로어를 이용하여 공기를 주입함으로써 플라즈마를 제트 형태로 분사하는 방식을 적용하였다.

### CDPJ 살균

곡류 시료 약 10 g을 petri-dish (60×15 mm)에 취하여 CDPJ 장치의 시료처리판 위에 위치시키고 전류세기와 방전전극과 시료처리판 간의 간격(span length)을 달리하여 일정시간 동안 CDPJ 처리 하였으며, 모든 처리는 3회 반복하여 실시하였다.

### 균수 측정

CDPJ 처리한 곡류를 멸균증류수 100 mL와 함께 멸균백에 넣고 stomacher (Masticator Silver, IUL Instrument, Barcelona, Spain)로 150 s 동안 균질화한 시료 1 mL를 취하여 멸균생리식염수 9 mL와 혼합하고 vortex mixer (MaxiMix II, Barnstead International, Dubuque, IA, USA)로 10 s간 교반하는 방식으로 순차적으로 10진 희석하였다. 희석한 시료 100 µL를 plate counting agar (PCA, Becton Dickinson & Co., Sparks, MD, USA)와 potato dextrose agar (PDA, Becton Dickinson & Co.)에 각각 도말하여 36°C에서 24-48시간 배양한 후 계수한 집락 수로부터 일반세균과 진균 수를 산출하였다(2).

### 살균 패턴

CDPJ에 의한 미생물 살균패턴은 식 (1)과 같은 1차 반응(7),

또는 식 (2)와 같은 의사 1차 반응 모델인 Singh-Heldman 모델 (8)을 적용하여 해석하였다. 식 (2)를 식 (3)과 같이 변형하여  $\log(t)$ 에 대한  $\log(\log(N_0/N))$ 를 작도하고, 얻어진 선형회귀식의 기울기와 절편으로부터 형상계수  $n$ 과 유사 D값(D-like value)인  $D'$  값을 산출하였다(6).

$$\ln \frac{N_0}{N} = kt \tag{1}$$

$$\log \frac{N_0}{N} = \left(\frac{t}{D'}\right)^n \tag{2}$$

$$\log\left(\log\left(\frac{N_0}{N}\right)\right) = n\log(t) - n\log(D') \tag{3}$$

$N_0$ : initial microbial number

$N$ : microbial number at time  $t$

$t$ : time (min)

$k$ : inactivation rate constant ( $\text{min}^{-1}$ )

$D'$ : D-like value (min)

$n$ : curve shape factor

### 조지방 함량과 TBA가

곡류시료의 조지방 함량은 분쇄기(HR2860, Philips Electronics Korea Ltd., Seoul, Korea)로 10 s간 분쇄한 시료를 대상으로 하여 식품공전 시험법(2)으로 분석하였다. TBA가는 Uhm 등(9)의 방법을 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 분쇄시료 2.0 g을 정확히 시험관에 취하고 TCA 용액 2 mL와 TBA 용액 4 mL를 가한 후 교반하고, 90°C 수조에서 15분간 가열한 후 냉각수조에서 15분간 냉각하였다. 이후, isoamyl alcohol:pyridine (2:1) 혼합액 6 mL를 가하고, 원심분리기(DM0412, Proneer Co. Ltd., Anyang, Korea)를 사용하여 1,900×g에서 15분간 원심분리한 후 상층액의 550 nm에서의 흡광도를 분광광도계(T60 U, PG Instruments Ltd., Beijing, China)를 사용하여 측정하고 식 (4)에 의해 TBA가를 산출하였다.

$$\text{TBA value} = \text{Absorbance} \times 100 \times \frac{3}{2} \tag{4}$$

### 표면구조

곡류표면구조는 현미경(B-600Ti, Optika SRL, Ponteranica, Italia)을 사용하여 관찰하였으며 영상을 디지털카메라(Optikam microscopy digital USB camera, Optika SRL)로 촬영하였다.

### 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 SAS (Ver. 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 분산분석을 행한 후 실험변수에 따른 차이의 유의성을 Duncan의 중범위검정으로 확인하였다.

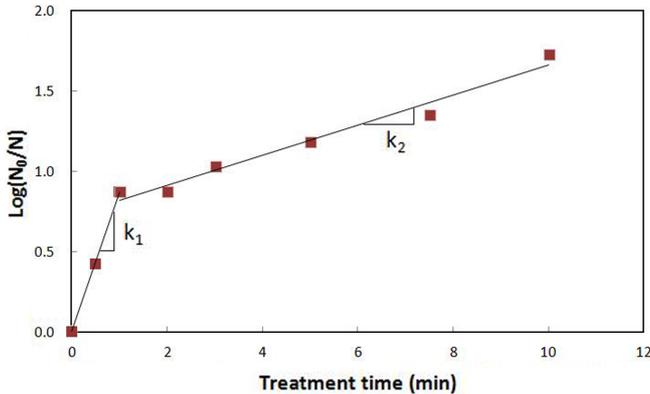
## 결과 및 고찰

### 초기 오염도

곡류 표면에 존재하는 일반세균과 진균 수를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 백미에 존재하는 일반세균과 진균 수는 각각  $9.93 \times 10^5$ ,  $6.90 \times 10^5$  CFU/g, 현미는 각각  $9.23 \times 10^5$ ,  $5.95 \times 10^5$  CFU/g으로 각각  $5.77 \times 10^3$ ,  $1.70 \times 10^3$  CFU/g을 보인 압맥보다 높은 오염도를 보였다. 생식 원료 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 쌀, 보리 등 곡류이며(10), Kim 등(3)은 선식에 사용되는 곡류 원

**Table 1. Initial microbial counts of grains**

Grains	Microorganisms (CFU/g)	
	Total aerobes	Yeasts and molds
White rice	$9.93 \times 10^5 \pm 1.25 \times 10^5$	$6.90 \times 10^5 \pm 1.50 \times 10^5$
Brown rice	$9.23 \times 10^5 \pm 4.04 \times 10^4$	$5.95 \times 10^5 \pm 1.15 \times 10^5$
Pressed barley	$5.77 \times 10^3 \pm 1.22 \times 10^3$	$1.70 \times 10^3 \pm 4.00 \times 10^2$

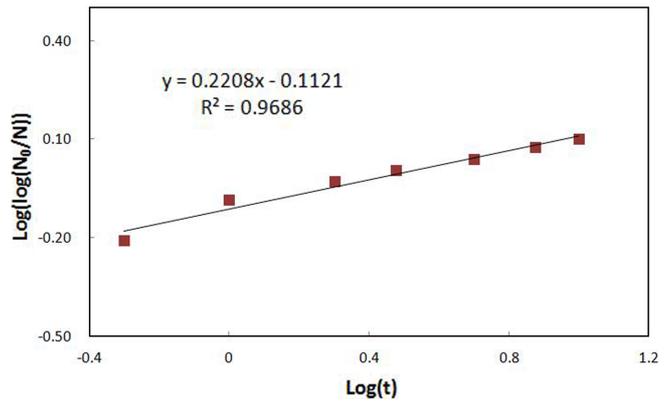


**Fig. 2. First-order reaction kinetics of CDPJ inactivation for total aerobes of white rice at 1.50 A and 25 mm span length.**

료의 미생물 오염도를 조사하여 보리, 현미, 찹쌀 등 주요 곡물의 오염이 깨, 수수, 율무 등 다른 곡물에 비해 심한 것으로 보고하였다. 따라서 생식의 위생안전성을 높이기 위해서는 주 원료인 곡류의 미생물 제거가 선행되어야 하며, 생식의 제조공정 특성 상 열을 사용할 수 없으므로 생식제조에서 곡류의 비가열살균은 필연적이다.

**CDPJ 살균모델**

백미의 CDPJ 살균 패턴을 1차 반응으로 해석한 결과 Fig. 2와 같이 살균곡선은 2부분으로 구분되었다. 즉, 처리시간 1분 내외를 경계로 전반부는 기울기가 큰 반면, 후반부는 기울기가 작아져 후반부에는 전반부보다 살균효과가 저하되는 것으로 나타났다. 1차 반응을 따르지 않음을 의미한다. 반면 의사 1차 반응 모델인 Singh-Heldman model을 적용하여 해석한 결과 Fig. 3과 같이 직선( $R^2=0.9686$ )으로 나타나 이 모델이 적용됨을 알 수 있었다. 곡류의 CDPJ 살균패턴이 의사 1차 반응으로 나타난 이유는 곡류 표면은 플라즈마가 직접 접촉하여 신속한 살균이 이루어지지만 내부는 플라즈마 침투가 용이하지 않아 살균력이 저하되어 나타나는 현상으로 해석할 수 있다. 이와 같은 의사 1차 반응 살균패턴은 CDPJ 이외에 감압방전플라즈마(11), 유전체장벽 방전플라즈마(5), 자외선(12), 고전압펄스전기장(13) 등 여러 비가열살균의 경우에서도 관측된 바 있다.



**Fig. 3. CDPJ inactivation kinetics based on Singh-Heldman model for total aerobes of white rice at 1.50 A and 25 mm span length.**

**최적 CDPJ 살균조건**

백미를 대상으로 전류세기는 1.50 A로 고정하고 토출거리를 달리하여 CDPJ를 처리한 결과는 Table 2와 같이 곡선형상계수(n)는 토출거리 25 mm에서 0.326-0.370으로 가장 낮은 값을 보였으며, 35, 15 mm 순으로 높아졌다. 곡선형상계수는 살균곡선의 형태와 관련된 인자로써 그 값이 1.0보다 작으면 누운 곡선(convex)의 형태를 보이며, 값이 작아질수록 순간 기울기가 급격하게 낮아져 초기 살균효과가 두드러짐을 의미한다.

일반세균의 D'-value는 2.990-16.475 min을, 진균의 D'-value는 7.955-25.358 min으로 일반세균에 대한 CDPJ 살균력이 진균에 비해 2-3배 정도 높은 것으로 나타났다. 토출 거리 별 D'-value는 25 mm에서 가장 작은 값을 보였고, 15, 35 mm 순으로 낮아 미생물 살균을 위한 최적 토출거리는 25 mm임을 확인하였다. 이는 CDPJ 살균력은 플라즈마의 접촉면적과 밀도에 밀접한 연관이 있음을 시사한다. CDPJ는 타원체 형상을 띄고 있는데, 타원체의 중간 지점에서 시료와 닿는 면적이 최대가 되어 살균력이 높아지며, 최대 접촉면적을 가진 지점에서 멀어지면 플라즈마 밀도와 포함된 자외선 강도가 약화되기 때문으로 생각된다(6).

최적 토출거리로 확인된 25 mm에서 전류세기에 따른 살균력을 조사한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 일반세균과 진균 모두의 살균효과는 1-1.5 A 범위에서 전류세기에 비례하였다. 최소 D'-value는 본 연구에서 사용한 CDPJ 장치에서 공급할 수 있는 최대 전류인 1.50 A에서 관측되었으며, 일반세균과 진균에 대해 각각 2.990 min과 7.955 min을 보여 세균의 CDPJ 민감도가 진균보다 훨씬 높음을 알 수 있었다. 따라서 CDPJ를 사용하여 곡류를 살균할 경우 최적조건은 전류세기 1.50 A, 토출거리 25 mm임을 확인하였다. 이러한 전류세기와 토출거리에 따른 살균효과와 변화 경향은 현미와 압맥에서도 동일하게 관측되었다(data not shown).

한편, 곡선형상계수는 일반세균이 진균보다 작은 값을 보였고,

**Table 2. CDPJ inactivation parameters of microorganisms in white rice with different span length**

Electrode-gap (mm)	Total aerobes		Yeasts and molds	
	n	D'-value (min)	n	D'-value (min)
15	$0.620 \pm 0.101^{1a}$	$13.018 \pm 5.387^a$	$0.638 \pm 0.043^a$	$21.509 \pm 4.102^a$
25	$0.326 \pm 0.091^b$	$2.990 \pm 0.207^b$	$0.370 \pm 0.074^b$	$7.955 \pm 2.019^b$
35	$0.343 \pm 0.085^b$	$16.475 \pm 1.123^a$	$0.536 \pm 0.143^{ab}$	$25.358 \pm 5.471^a$

<sup>1)</sup>Values with same letters within same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. CDPJ inactivation parameters of microorganisms in white rice at different electric currents**

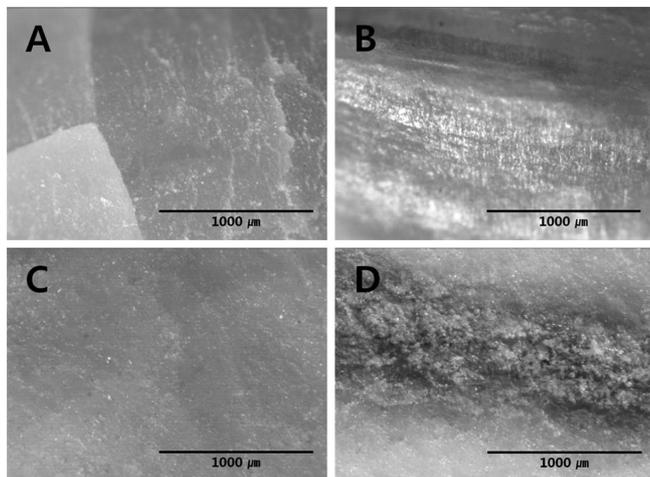
Current (A)	Total aerobes		Yeasts and molds	
	n	D'-value (min)	n	D'-value (min)
1.00	0.694±0.026 <sup>1)a</sup>	7.439±1.697 <sup>a</sup>	0.917±0.120 <sup>a</sup>	11.341±5.263 <sup>a</sup>
1.25	0.580±0.328 <sup>a</sup>	6.631±2.673 <sup>ab</sup>	0.878±0.267 <sup>a</sup>	9.260±0.780 <sup>a</sup>
1.50	0.326±0.091 <sup>a</sup>	2.990±0.207 <sup>b</sup>	0.370±0.074 <sup>b</sup>	7.955±2.019 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values with same letters within same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. CDPJ inactivation parameters of microorganisms of grains**

Grains	Total aerobes		Yeasts and molds	
	n	D'-value (min)	n	D'-value (min)
White rice	0.357±0.118 <sup>1)b</sup>	3.484±0.423 <sup>c</sup>	0.328±0.102 <sup>b</sup>	5.581±1.269 <sup>b</sup>
Brown rice	0.698±0.115 <sup>a</sup>	7.053±0.363 <sup>a</sup>	0.511±0.116 <sup>b</sup>	11.458±2.188 <sup>a</sup>
Pressed barley	0.730±0.109 <sup>a</sup>	4.859±0.144 <sup>b</sup>	0.888±0.093 <sup>a</sup>	8.451±0.778 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Values with same letters within same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).



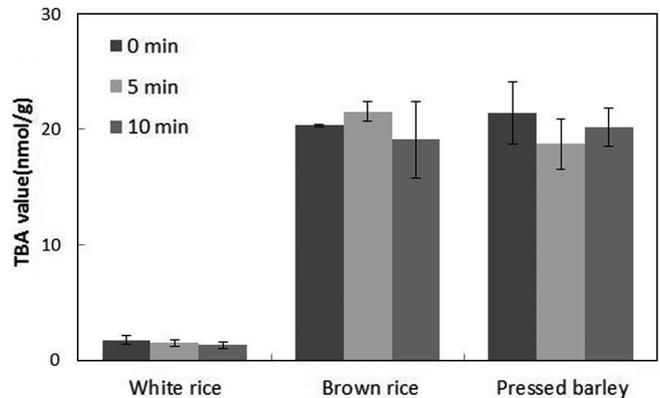
**Fig. 4. Surface structure of CDPJ treated white rice (A), brown rice (B), pressed barley endosperm (C) and pressed barley crease (D).**

전류별로는 1.50 A, 1.25 A, 1.00 A 순으로 낮아져 일반세균이 CDPJ에 보다 민감하고 전류세기가 높을수록 초기 살균효과가 증가함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 유전체장벽방전플라즈마를 이용한 *E. coli* 살균에서도 관측된 바 있다(5).

**곡류별 CDPJ 살균**

최적 CDPJ 살균조건으로 확인된 토출거리 25 mm, 전류 1.50 A에서 곡류별 살균효과를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 일반세균의 D'-value는 3.484-7.053 min으로 진균의 5.581-11.458 min에 비해 낮은 값을 보여 곡류 종류와 무관하게 세균의 CDPJ 살균이 진균에 비해 용이한 것으로 나타났다. 곡류 별 D'-value는 백미, 압맥, 현미 순으로 높아져 백미의 살균효과가 가장 양호하였으며, 현미에서 살균효과가 가장 저하되는 것으로 나타났다. 이는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 백미는 표면이 매끄러워 표면미생물이 플라즈마에 쉽게 노출되는 반면, 현미는 표면이 거칠고 거층으로 둘러싸여(14) 미생물이 은닉하기에 적당한 구조를 갖고 있으므로 플라즈마와의 접촉이 제한적이기 때문에 나타나는 현상으로 사료된다.

압맥은 보리를 도정하여 표면을 스팀처리 한 후, 물러로 압착



**Fig. 5. Effect of CDPJ treatment on TBA value of grains at 1.50 A and 25 mm span length.**

하여 납작한 형태로 가공한 제품이다(14). 압맥의 배유부는 백미보다 매끄러운 표면을 갖는 반면 고랑(crease)은 깊은 주름을 갖고 있어(Fig. 4) 압맥의 배유부 표면에 존재하는 미생물은 쉽게 살균되지만 고랑에 존재하는 미생물의 살균은 어려우므로 압맥의 경우는 백미와 현미 중간의 살균효과를 보이는 것으로 추정된다.

**조지방 함량과 TBA가**

본 실험에 사용한 백미, 현미, 압맥의 조지방 함량은 각각 1.15, 2.81, 1.92%로 기존에 보고된 1.1, 2.3, 1.7% (15)와 유사한 값을 보였다. 곡류에 함유된 지방의 지방산 조성은 oleic acid와 linoleic acid가 주류를 이루며 이들 지방산의 산화가 품질에 큰 영향을 미친다(16,17). 플라즈마에는 반응성이 큰 이온, 라디칼 및 자외선이 존재하므로 CDPJ 처리가 곡류지방을 산화시킬 가능성이 있다. CDPJ 처리에 의한 곡류지방 산화 여부를 확인하기 위하여 산패 시 생성되는 malonaldehyde 양에 기초한 TBA가를 비교하였다(18).

토출거리 25 mm, 전류세기 1.50 A로 고정하고 CDPJ를 처리했을 때, 처리시간에 따른 TBA가의 변화는 Fig. 5와 같다. 처리 전 곡류의 TBA가는 지방함량이 높았던 압맥과 현미의 경우 각각 21.4 nmol/g과 20.3 nmol/g을 보여 높은 값을 나타낸 반면 백미는 1.75 nmol/g으로 아주 낮은 값을 보였다. CDPJ 처리에 의한 곡류의 TBA가는 거의 변화하지 않고 초기 수준을 유지하는 것으로

나타나 10분 이하의 처리는 곡류 지방특성에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

이상의 결과로부터 CDPJ 처리는 생식제조용 곡류 지방품질을 저하시키지 않고 상온에서 미생물을 살균할 수 있음을 확인하였으며, 현장적용에 필요한 후속 단계를 거쳐 생식의 위생향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

생식제조에 사용되는 곡류의 미생물 오염을 저감하기 위하여 코로나방전플라즈마제트(CDPJ)를 사용하여 곡류 표면의 미생물을 살균을 시도하고, CDPJ 처리에 따른 곡류 품질변화 여부를 조사하였다. 곡류의 초기 오염도는  $1.7 \times 10^3$ - $9.9 \times 10^5$  CFU/g 정도를 보였다. 곡류에 대한 CDPJ의 살균력은 1-1.5 A 범위에서 전류세기에 따라 증가하였으며, 토출거리 25 mm에서 가장 양호한 살균효과를 나타냈다. 곡류 미생물의 CDPJ 살균패턴은 의사 1차반응 모델인 Singh-Heldman 모델에 부합하였고, 세균이 진균에 비해 더 민감한 살균효과를 보였다. 곡류별로는 백미가 가장 잘 살균되었고, 압맥, 현미 순으로 살균효과가 낮아졌다. 처리시간 10분 이하의 처리는 곡류의 TBA가에 영향을 주지 않아 CDPJ 처리는 생식제조용 곡류의 지방특성을 변화시키지 않고 미생물을 저감함으로써 생식의 위생 향상에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가식품기술개발사업과 농촌진흥청 국책기술개발사업의 지원으로 이루어진 것으로써 이에 감사 드립니다.

## References

- Lee JY, Mok C. Development of *saengshik* beverage products and their physico-chemical properties. Food Eng. Prog. 13: 341-347 (2009)
- KFDA. Food Code. 20-19. Korea Food and Drug Administration. Cheongju, Korea. pp. 510-511 (2005)
- Kim JH, Lee YK, Yang JY. Analysis on hazard microorganisms in raw materials and processing environment for *sunsik* manufacture. J. Fd. Hyg. Safety. 26: 410-416 (2011)
- Park HJ, Min KJ, Park NY, Cho JI, Lee SH, Hwang IG, Heo JJ, Yoon KS. Estimation on the consumption patterns of potentially hazardous foods with high consumer risk perception. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 59-69 (2013)
- Mok C, Lee T. Dielectric barrier discharge plasma inactivation of *Escherichia Coli*. Food Eng. Prog. 16: 33-39 (2012)
- Mok C, Lee T. Operational characteristics and microbial inactivation performance of corona discharge plasma jet system. Food Eng. Prog. 17: 266-270 (2013)
- Chun JK, Kim KH, Mok C, Lee SJ, Kwon YA. Food Engineering. McGraw-Hill Korea, Seoul, Korea. pp. 114-115 (2002)
- Singh RP, Heldman DR. Introduction to Food Engineering, 4<sup>th</sup> Ed. Academic Press, Burlington, MA, USA. p. 417 (2009)
- Uhm JT, Lee YJ, Lee SB, Kim JD, Lee OH, Yoon WB. Comparison of changes of lipid oxidation of soybean powders from Korea and east Russia at different packages. Food Eng. Prog. 16: 207-213 (2012)
- Kim PG. The Prospect of *saengshik* Food Market. MS thesis, Korea University, Seoul, Korea (2004)
- Mok C, Song DM. Low-pressure plasma inactivation of *Escherichia coli*. Food Eng. Prog. 14: 202-207 (2010)
- Kim CK, Sun HL, Yun MS, Oh HS, Cho MK. Disinfection effects of heat- and cold-treatment and UV-irradiation on *Campylobacter jejuni*. Korean. J. Microbiol. 27: 291-296 (1989)
- Kim SY, Park YS, Mok C. Sterilization of *yakju* (rice wine) using a batch-type high voltage pulsed electric field system. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1247-1253 (1999)
- Kim WJ, Cha BS, Lee SY. Food Processing & Preservation Principle and Application. Hyoil Press, Seoul, Korea. p. 172 (2011)
- Korean Nutrition Society. Sourcebook of Food Nutrient Content. Korean Nutrition Society. Seoul, Korea. pp. 22-24 (1998)
- Delcour JA, Hoseney RC. Principles of Cereal Science and Technology. 3<sup>rd</sup> Ed. AACC International Inc., St. Paul, MN, USA. pp. 80-82 (2010)
- Sung JH, Kin H, Choi HD, Kim YS. Fat acidity and flavor pattern analysis of brown rice and milled rice according to storage period. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 613-617 (2011)
- Jang MS, Kim KD, Kim KW, Lee JY, Kang YJ. The changes of lipid oxidation and fatty acid composition of extruded pellet feed by dietary moisture level and storage temperature. J. Aquaculture 21: 226-233 (2008)