

## 감압방전플라즈마를 이용한 *Salmonella* Typhimurium 살균과 계란의 위생성 향상

목철균\* · 송동명  
가천대학교 식품생물공학과

### Low-Pressure Discharge Plasma Inactivation of *Salmonella* Typhimurium and Sanitation of Egg

Chulkyoon Mok\* and Dong-Myung Song

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

#### Abstract

Low-pressure discharge plasmas (LPDP) using different gases were compared for their microbial inactivation effects against *Salmonella* Typhimurium, and their potentialities as a non-thermal sanitation technology of eggs were evaluated. The inactivation was highest in air LPDP followed by oxygen and nitrogen. The reductions in *S. Typhimurium* by air LPDP were 4 and 6 log by 2 and 5 min treatments, respectively. The inactivation effect against *S. Typhimurium* was somewhat retarded on the egg shell surface compared to glass surface showing 3 log reductions by 5 min treatment. The increase in surface temperature of egg shell was less than 10°C and no denaturation in both egg white and yolk was induced by the LPDP treatment. The results supported the possibility of the technology for the non-thermal egg sanitation.

**Key words:** low-pressure discharge plasma, *Salmonella* Typhimurium, inactivation, egg sanitation

#### 서 론

경제수준 향상과 더불어 신선하고 건강에 좋은 고품질 식품에 대한 수요 증가는 생산과정에서 식품안전에 더 많은 관심과 주의를 필요로 한다. 안전한 식품을 생산하기 위해서는 식품원료, 기계기구, 식품포장재의 살균·소독 등 적절한 처리가 시행되어야 하며(Mok and Lee, 2009), 위생적인 제품생산 공정과 안전한 식품저장 기술을 필요로 한다(Choe et al. 2010). 이에 따라 고품질 신선식품 생산을 위한 비가열 식품가공기술에 대한 관심이 날로 증대되고 있다.

계란은 영양 및 가공적성이 우수한 식품으로 그 자체로 이용될 뿐만 아니라 다양한 가공식품의 재료로 사용된다. 그러나 계란은 수분함량이 높고 양질의 단백질을 다량 함유하여 미생물이 번식하기 좋기 때문에 안전성을 확보하기

위해서는 생산부터 유통까지 세심한 관리가 요구된다(Kim et al., 1998; Choi & Lee, 2012). 계란에서 가장 발생하기 쉬운 식중독은 *Salmonella* spp.로 부터 유래한 식중독인 salmonellosis로 세계 각국에서 발생사례가 빈번하게 보고되고 있으며, 특히 영·유아와 노인 등 면역력이 약한 사람들은 계란소비 시 각별한 주의가 요구된다(Jones et al., 1995; Schoeni et al., 1995). *Salmonella*는 Enterobacteriaceae에 속하는 그람음성의 통성혐기성 간균으로 *Salmonella* Enteritidis와 *Salmonella* Typhimurium을 포함하는 *Salmonella enterica*에 속하는 혈청형들이 주요 식중독 원인균으로 알려져 있다(CDC, 2003). Salmonellosis의 원인식품은 난류가 가장 큰 비중을 차지하며, 이를 원료로 하여 제조하는 케익믹스, 티라미슈 등 가공식품도 원인식품이 되고 있다(Calvert et al., 2007, Shin et al., 2009).

계란의 위생성 향상을 위해 사용되고 있는 방법은 세척법과 살균제를 이용하고 있는데 이 때 사용되는 열수와 염소는 계란표면의 큐티클층을 파괴하여 미세척란보다 저장성을 떨어뜨릴 수도 있다(Gast et al., 2005). 특히 계란 단백질은 열에 민감하여 저온에서도 변성될 수 있으므로 단백질에 영향을 주지 않으며 살균할 수 있는 비가열기술의 적용이 필요하다. 계란의 비가열살균기술로 시도된 기술은

\*Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food Science and Biotechnology, 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 May 29, 2013; revised August 5, 2013; accepted August 5, 2013

방사선조사(Kim et al., 2008; Song et al., 2009)와 오존살균(Choi & Lee, 2012)이 있으나 방사선조사는 고가의 제조설비와 부정적인 소비자 인식 때문에, 오존살균은 작업자의 안전 및 작업장 환경문제 등으로 아직까지 실용화되고 있지 않다.

이러한 제약을 극복하는 대안으로서 최근에는 식품의 품질을 유지하며 2차 오염이 없이 경제적으로 살균할 수 있는 저온플라즈마에 대한 관심이 고조되고 있다. 플라즈마에는 양전기를 띤 이온과 음전기를 띤 이온 및 전자가 거의 같은 밀도로 존재하여 전기적으로는 중성인 하전입자 집단이다. 플라즈마에는 들뜬상태의 이온, 자유라디칼, 전자, 광자 등이 풍부하고 자외선도 존재하므로 미생물에 대한 살균력을 나타내는 것으로 알려져 있다(Lerouge et al., 2001; Moisan et al., 2002; Deng et al., 2007).

특히 감압 또는 진공에 가까운 상태에서 플라즈마 발생기체 농도를 조절하면 열 발생을 억제하면서 고유의 화학 및 생물학적 효과를 유지할 수 있다(Mok & Song, 2010). 아울러 감압 플라즈마는 상압 플라즈마에 비해 열 또는 기계적 변형이 적으며, 환경오염 가능성이 낮아 보다 안전한 식품살균법으로 기대를 모으고 있다.

이와 같은 특성을 갖는 감압방전플라즈마(low pressure discharge plasma, LPDP)는 계란과 같이 표면이 고르지 않고 세공을 갖고 있는 표면살균에 적합하고 단백질 등 열에 민감한 성분을 함유하는 식품 살균에 적합할 것으로 사료되어 본 연구에서는 LPDP를 이용한 계란의 위생성 향상 기술을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 우선 계란에 오염 가능성이 높은 *Salmonella* Typhimurium의 생성기체별 LPDP 살균특성을 조사하였고 이를 이용한 계란표면 살균을 시도하여 계란의 위생성을 향상하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 사용균주 및 계란

본 실험에 사용한 균주는 *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028이었으며, tryptic soy broth(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 증균배양(37°C, 20 h)하여 사용하였다. 계란은 경기도 성남시 소재 재래시장과 할인마트에서 구입하였다.

### 감압 플라즈마 장치

본 연구에서 사용한 LPDP장치는 Mok & Song(2010) 및 Mok & Jeon(2012)에서 사용한 것과 동일한 장치로써 감압 하에서 특정 생성기체(공기, 질소, 산소)의 유량을 조절하며 주입하면서 저주파(LF)전류를 인가하여 글로우방전을 통해 플라즈마를 생성하였다.

### LPDP 살균처리

Tryptic soy broth에서 증식한 *S. Typhimurium* 배양액 10 µl를 자동피펫을 사용하여 슬라이드글라스 위에 지름 20 mm 내외의 원으로 고르게 분산시킨 후 clean bench에서 약 30분간 건조하였다. 건조한 슬라이드글라스를 플라즈마 장치의 처리실 내로 옮기고 진공펌프를 작동하여 1 torr 내외로 감압한 후 플라즈마 생성기체를 달리하여 유량 350 ml/min으로 유입하였다. 이어서 전압 1.5 kV, 주파수 50 kHz인 저주파를 인가하여 플라즈마를 발생시키고 일정 시간 동안 시료를 처리한 후 압력차단 밸브를 열어 감압을 해제하고 시료를 회수하였다. 또한 동일한 배양액을 계란 표면에 같은 방식으로 도포하고 건조한 후 LPDP 장치에서 일정시간 처리한 후 시료를 회수하여 분석하였다.

### 온도 측정

LPDP 처리시간에 따른 시료표면의 온도변화는 적외선온도계(TN408LC ThermoTwin, ZyTemp, HsinChu, Taiwan)를 사용하여 측정하였다.

### 균수 측정

LPDP 처리 후 슬라이드글라스와 계란표면을 각각 10 ml와 100 ml의 멸균 생리식염수를 사용하여 반복적으로 씻어내는 방식으로 균체를 회수한 후 단계적으로 희석하고 표준평판법(KFDA, 2005)으로 생균수를 계수하였다. 배양에 사용한 배지는 모두 Difco(Difco Laboratories)제품이었으며, 일반세균은 PCA를, 대장균군은 desoxycholate lactose agar를, *Salmonella*는 XLD agar를 사용하여 37°C에서 24시간 배양한 후 집락수를 계수하였다. 모든 미생물 실험은 3회 반복하여 실시하였다.

### 살균패턴 조사

LPDP 살균패턴은 Mok & Song(2010)의 방법으로 1차 반응에 의거하여 살균패턴을 해석하였고, 구간별 직선의 기울기로부터 살균속도상수( $k$ )와  $D$ 값을 계산하였다.

## 결과 및 고찰

### LPDP 처리 시 온도변화

생성기체를 달리하여 LPDP 처리 시 처리시간에 따른 온도변화는 Fig. 1과 같이 직선적으로 상승하였으나 공기, 산소, 질소 등 3가지 생성기체 모두 10분 처리 후의 온도가 50°C 미만의 값을 보여 열에 의한 살균효과는 없을 것으로 추정되었다. 비가열살균기술은 ethylene oxide 처리 온도인 55°C 이하의 온도를 요건으로 하고 있으며(Moisan et al., 2001), 따라서 LPDP는 가열살균을 대체할 수 있는

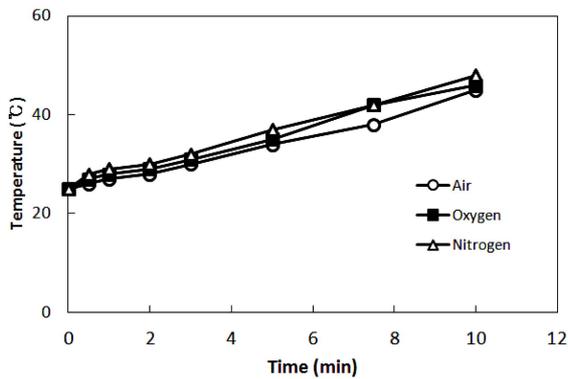


Fig. 1. Temperature increase on LPDP treated spots with respect to plasma generating gases.

비열가공기술로서의 요건을 충족하는 것으로 나타났다. 플라즈마 온도는 기체량에 비례하여 상압에서 연속적으로 플라즈마를 생성할 경우 급격하게 온도가 상승한다 (Moisan et al., 2001). 그러나 본 연구에서 사용한 LPDP는 온도상승이 크지 않으므로 살균효과가 확인될 경우 단백질 변성 등 가열살균의 단점을 극복하며 식품안전성을 높일 수 있는 대체기술로의 사용이 가능한 것으로 확인되었다.

생성기체 종류별 LPDP 살균효과

기체를 달리하여 생성한 LPDP처리 시 *S. Typhimurium* 살균효과를 비교한 결과는 Fig. 2와 같이 공기플라즈마의 살균효과가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 그 다음이 산소플라즈마로 공기플라즈마보다는 약간 낮은 살균력을 보였다. 이에 비해 질소플라즈마의 살균력은 공기나 산소플라즈마에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 *E. coli*의 경우에도 관찰된 바 있으며(Mok & Song, 2010), 공기와 산소플라즈마는 1중항 산소, 오존 등이 존재하므로 질소플라즈마보다 높은 살균력을 보이는 것으로 추정되며, 특히 공기플라즈마에는 플라즈마에 의해 생성된 NO, NO<sub>2</sub>,

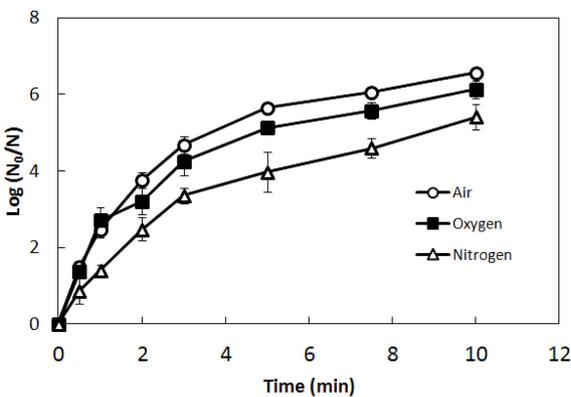


Fig. 2. Inactivation of *Salmonella* Typhimurium by LPDP generated with different gases.

Table 1. Inactivation rate constants of *S. Typhimurim* by LPDP with different gases.

Inactivation rate constant	Gas		
	Air	Oxygen	Nitrogen
$k_1$	3.427±0.164	3.005±0.345	2.510±0.090
$k_2$	0.590±0.083	0.818±0.424	0.668±0.037

NO<sub>3</sub> 등 NO<sub>x</sub> 화합물이 존재하고, 특히 NO<sub>2</sub>의 강력한 살균작용에 의해 산소플라즈마보다도 높은 살균력을 보이는 것으로 사료된다(Fang, 2004; Mannick, 2006). 산소플라즈마가 질소플라즈마보다 살균력이 크다는 사실은 기존의 Soloshenko et al.(2000)의 연구에서도 확인된 바 있다.

LPDP 살균속도

LPDP처리시간에 따른 *S. Typhimurium* 살균값으로부터 구한 살균속도상수를 구간별로 나누어 비교하면 Table 1과 같이 초기살균속도상수( $k_1$ )는 공기플라즈마가 3.427 min<sup>-1</sup>로 가장 높았으며 이어 산소플라즈마가 3.005 min<sup>-1</sup>, 질소플라즈마가 가장 낮은 2.510 min<sup>-1</sup>을 보였다. 후기살균속도상수( $k_2$ )는 초기살균속도상수에 비해 훨씬 낮은 0.590-0.818 min<sup>-1</sup>을 보였으며, 이러한 경향은 *E. coli*의 경우에서도 관찰된 바 있다(Mok & Song, 2010).

플라즈마 살균은 일반적으로 초기 사멸속도는 크고 후기에는 작은 2 단계 패턴을 보인다(Moisan et al., 2001; Mok & Song, 2010). 플라즈마에 의한 살균은 자외선, 자외선 광자에 의해 방출된 휘발성 물질, 플라즈마 내 반응성 화합물의 흡착 등에 의해 이루어지는데, 이 중 자외선 조사효과는 신속하여 초기 사멸에 관여하고, 휘발성 물질의 방출과 반응성 물질의 흡착은 서서히 일어나므로 후기 사멸에 관여하는 것으로 알려져 있다(Moisan et al., 2002). 이와 함께 표면에서 불활성화된 미생물이 그 아래에 있는 미생물을 보호하는 그림자 효과(shadowing effects)로 설명되기도 한다(Keudell et al., 2010). 이러한 2 단계 살균양상은 ethylene oxide처리(Lucas et al, 2003), PEF살균(Oshima and Sato, 2004), 자외선살균(Mok and Lee, 2009)에서도 나타나는 일반적인 현상이다.

처리실 내 위치별 LPDP 살균효과

공기를 생성기체로 사용하여 처리실 내 위치를 달리하여 LPDP 처리했을 경우 처리시간에 따른 *S. Typhimurium* 살균효과를 보면 Fig. 3과 같이 처리 위치별 살균력 차이는 없는 것으로 나타났다. LPDP 2분간 처리에 의해 4 log 정도의 살균효과를 보였고, 이후 살균효과는 다소 둔화되어 5분 후 약 6 log 정도, 10분 처리에 의해 6.5 log 이상의 감소를 보였다.

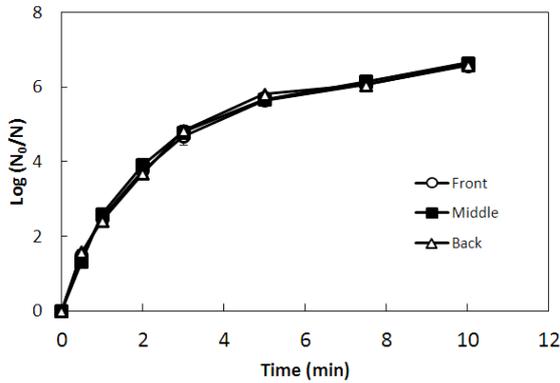


Fig. 3. Effect of treatment position on inactivation of *S. Typhimurium* by LPDP with air.

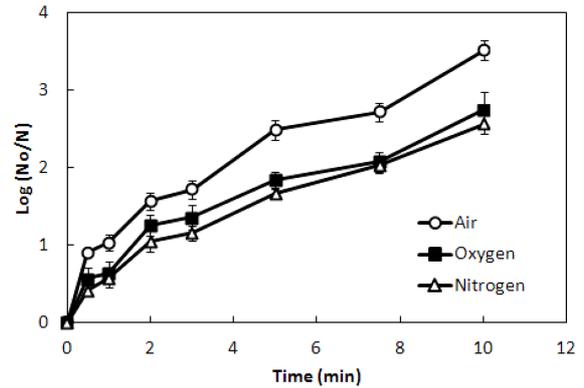


Fig. 4. Effects of plasma generating gases on LPDP inactivation of *S. Typhimurium* on egg shell.

Table 2. Microbial contamination of commercial egg shells.

Sample No.	Log(CFU/g)		
	Total aerobes	Coliform bacteria	Salmonella
1	4.606±0.132	-	-
2	4.096±0.094	-	-
3	4.053±0.217	-	-
4	3.690±0.976	-	-
5	3.301±0.301	3.100±0.506	-
6	4.430±0.271	3.401±0.174	3.000±0.032
Positive mean	4.029±0.478	3.251±0.213	3.000±0.032

Table 3. LPDP inactivation rate constants and D values of *S. Typhimurium* on the egg shell with respect to generating gases.

Gas	<i>k</i> (min <sup>-1</sup> )	D-value (min)
Air	0.931	2.474
Oxygen	0.712	3.235
Nitrogen	0.654	3.519

계란의 LPDP 살균

시중에서 구입한 계란의 오염도를 조사한 결과 Table 2와 같이 일반세균은 평균 4.029 log(CFU/g)을 보였다. 대장균군은 조사한 6개의 시료 중 2개에서 발견되었으며 발견된 시료에서는 평균 3.251 log(CFU/g)을 보였다. 살모넬라는 6개의 시료 중 1개에서만 3.000 log(CFU/g) 수준으로 존재하였다. Cho & Shin(1985)은 분석한 계란의 0.38%에서 살모넬라가 검출되었다고 보고하였고, Shin et al.(2009)은 시판 계란 36개의 시료에서 간이키트 사용 시에는 6개, 면역리포좀 분석 시에는 1개의 살모넬라 양성반응 결과를 확인하였다. 반면에 Kim et al.(2008)은 대전과 전북 지역에서 판매하는 10개사의 계란의 오염미생물을 분석한 결과 살모넬라는 검출되지 않았다고 보고하였다.

계란껍질에 *S. Typhimurium*를 오염시킨 후 생성기체를 달리하여 LPDP 살균한 결과 Fig. 4와 같이 공기플라즈마가 가장 양호한 살균력을 보였으며, 산소와 질소플라즈마는 공기플라즈마에 비해서는 낮았지만 서로 유사한 살균력을 나타냈다. 계란껍질에서의 *S. Typhimurium* 살균효과는 Fig. 2의 유리표면에서 보다 낮아지는 것으로 나타났으며, 살균양상도 1 단계로 구성되어 유리표면과는 다른 경향을 보였다. 이는 계란과 같이 거친 표면과 기공에 존재하는 미생물은 유리와 같이 매끈한 표면에 비해 LPDP에 노출되기 어렵기 때문에 나타난 현상으로 보인다.

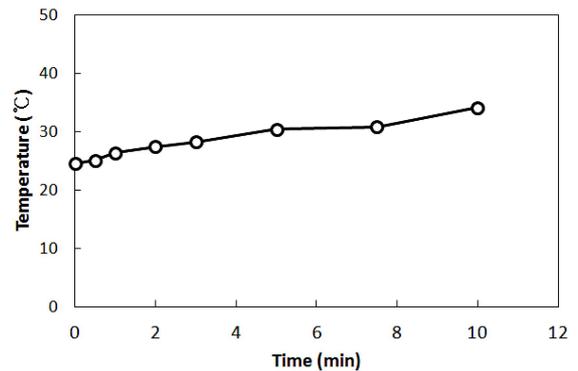


Fig. 5. Changes in temperature of egg shell during air LPDP treatment.

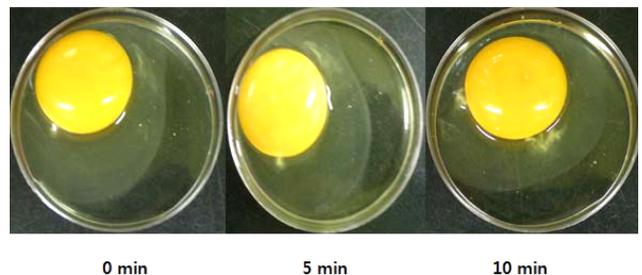


Fig. 6. Appearance of air LPDP treated egg contents for different treatment time.

생성기체별 살균속도상수와 이로부터 산출한 D값은 Table 3과 같이 공기플라즈마가 가장 높은 살균속도상수 0.931 min<sup>-1</sup>와 가장 낮은 D값 2.474 min을 보여 살균력이 가장 우수하였다. 반면 질소플라즈마의 살균속도상수는

0.654 min<sup>-1</sup>, D값 3.519 min으로 가장 떨어지는 살균력을 보였다.

한편 LPDP 처리 시 계란표면의 온도상승은 Fig. 5에 나타난 바와 같이 유리표면(Fig. 1)에 비해 훨씬 적었으며, 이는 계란의 내부물질이 heat sink로 작용하여 표면에 도달한 열을 흡수하기 때문에 나타난 현상으로 생각되며 계란의 가열효과는 무시할 만한 수준으로 추정되었다. LPDP 처리가 계란의 품질, 특히 단백질 변성에 영향을 미치지 않음은 계란 내부물질의 성상을 보여주는 Fig. 6에서도 확인되었다.

이상의 결과로부터 LPDP 처리는 계란의 품질을 저하시키지 않으면서 계란껍질의 미생물을 사멸시킴으로써 위생성을 향상하는 비가열살균기술임을 확인하였으며, 향후 장치의 개선, scale-up 및 경제성 분석을 통한 개발기술의 현장 적용이 기대된다.

## 요 약

계란의 비열살균기술을 개발하고자 생성기체를 달리한 감압방전플라즈마(low-pressure discharge plasma, LPDP) 처리에 의한 *Salmonella* Typhimurium 살균패턴을 조사하였고 이를 활용한 계란의 위생성 향상기법을 모색하였다. 플라즈마 생성기체를 달리하여 생성한 LPDP 처리 시 *S. Typhimurium* 살균력은 공기플라즈마가 가장 우수하였으며, 산소플라즈마, 질소플라즈마 순으로 낮아졌다. 공기를 사용한 LPDP의 처리시간별 *S. Typhimurium*의 살균효과는 2분, 5분, 10분 처리에 의해 각각 4, 6, 6.5 log 정도로 나타났다. 계란껍질의 *S. Typhimurium*에 대한 살균효과도 공기플라즈마가 가장 양호하였으며, 살균효과는 유리표면에 비해 약간 저하되어 5분 처리에 의해 3 log 정도 감소하였다. LPDP 처리 시 계란표면의 온도상승은 10°C 이하로 미미하였으며, 계란의 흰자와 노른자 모두 변성되지 않았다. 이러한 결과로부터 LPDP는 계란의 품질을 저하시키지 않으면서 안전성을 향상하는 비가열살균기술로 활용 가능성을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 고부가가치식품 기술개발사업과 농촌진흥청 국책기술개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것으로서 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

Calvert N, Murphy L, Smith A, Copeland D. 2007. A hotel-based outbreak of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis (*Salmonella* Enteritidis) in the United Kingdom, 2006. *Euro. Surveill.* 12: 222.  
 CDC. 2003. *Salmonella: Annual Summary 2001*. Centers for Dis-

ease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA. pp. 1-154.  
 Cho DI, Shin KS. 1985. Isolation and identification of *Salmonella* and *Escherichia coli* from chicken eggs. *Korean J. Vet. Publ. Hlth.* 9: 13-18.  
 Choe JH, Nam KC, Jung S, Kim B, Yun HJ, Jo C. 2010. Difference in the quality characteristics between commercial Korean native chickens and broilers. *Korean J. Food Sci. Ani.* 30: 13-19.  
 Choi GH, Lee KH. 2012. Effect of ozone treatment for sanitation of egg. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 32: 198-203.  
 Deng S, Ruan R, Mok C, Huang G, Lin X, Chen P. 2007. Inactivation of *Escherichia coli* on almonds using nonthermal plasma. *J. of Food Sci.* 72: M62-M65.  
 Fang FC. 2004. Antimicrobial reactive oxygen and nitrogen species: concepts and controversies. *Nat. Rev. Microbiol.* 2:820-832.  
 Gast RK, Holt PS, Murase T. 2005. Penetration of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella heidelberg* into egg yolks in an *in vitro* contamination model. *Poultry Sci.* 84: 621-625.  
 Jones FT, Rives DV, Carey JB. 1995. *Salmonella* contamination in commercial eggs and an egg production facility. *Poultry Sci.* 74: 753-757.  
 Keudell A, Awakowicz P, Benedikt J, Raballand V, Yanguas-Gil A, Opretzka J, Fltgen C, Reuter R, Byelykh L, Halfmann H, Stapelmann K, Denis B, Wunderlich J, Muranyi P, Rossi F, Kylin O, Hasiwa N, Ruiz A, Rauscher H, Sirghi L, Comoy E, Dehen C, Challier L, Deslys JP. 2010. Inactivation of bacteria and biomolecules by low-pressure plasma discharges. *Plasma Process. Polym.* 7: 327-352.  
 KFDA. 2005. *Food Codes Vol. II*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea, p. 97.  
 Kim DH, Yun HJ, Song HP, Lim BL, Jo CR. 2008. Isolation of egg-contaminating bacteria and evaluation of bacterial radiation sensitivity. *Korean J. Food Preserv.* 15: 774-781.  
 Kim JW, Kim HC, Hur JW. 1998. Quality changes of egg product during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1480-1483.  
 Lerouge S, Wertheimer MR, Yahia L. 2001. Plasma sterilization: a review of parameters, mechanisms, and limitations. *Plasmas and Polymers* 6: 175-188.  
 Lucas AD, Merritt K, Hitchins VM, Woods TO, McMamee SG, Lyle DB, Brwon SA. 2003. Residual ethylene oxide in medical devices and device material. *J. Biomed. Mater. Res.* 66: 548-552.  
 Mannick JB. 2006. Immunoregulatory and antimicrobial effects of nitrogen oxides. *Proc. Amer. Thoracic Soc.* 3: 161-165.  
 Moisan M, Barbeau J, Crevier MC, Pelletier J, Philip N, Saoudi B. 2002. Plasma sterilization: methods and mechanisms. *Pure Appl. Chem.* 74:349-358.  
 Moisan M, Barbeau J, Moreau S, Pelletier J, Tabrizian M, Yahia LH. 2001. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *Int. J. Pharm.* 226: 1-21.  
 Mok C, Jeon H. 2012. Reduction of microorganisms in red pepper powder by low pressure discharge plasma. *Food Eng. Prog.* 16: 107-112.  
 Mok C, Lee NH. 2009. Ultraviolet inactivation of *Escherichia coli* in stainless steel cups. *Food Eng. Prog.* 13: 122-129.  
 Mok C, Song DM. 2010. Low-Pressure Plasma Inactivation of

- Escherichia coli*. Food Eng. Prog. 14: 202-207.
- Oshima T, Sato M. 2004. Bacterial sterilization and intracellular protein release by a pulsed electric field. Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 90:113-133.
- Schoeni JL, Glass KA, McMernott JL, Wong ACL. 1995. Growth and penetration of *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Heidelberg and *Salmonella* Typhimurium in egg. Int. J. Food Microbiol. 24: 385-396.
- Shin WS, Kim Y, Lee J, Kim M. 2009. Analysis of *Salmonella* species from eggs using immunoliposomes and comparison with a commercial test kit. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 29: 533-538.
- Soloshenko IA, Tsiolko VV, Khomich VA, Shchedrin AI, Ryabtsev AV, Bazhenov VY, Mikhno IL. 2000. Sterilization of medical products in low-pressure glow discharges. Plasma Physics Reports 26:792-800.
- Song HP, Shin EH, Yun H, Jo C, Kim D. 2009. Establishing the genotoxicological safety of gamma-irradiated egg white and yolk. Korean J. Food Preserv. 16: 782-788.