

## 닭 다리 분쇄육에 초고압 처리시 Phosvitin의 첨가가 미생물학적 품질과 지방 및 단백질 산화에 미치는 효과

정사무엘 · 강민구 · 김일석<sup>1</sup> · 남기창<sup>2</sup> · 안동욱<sup>3,4</sup> · 조철훈\*

충남대학교 동물자원생명과학과, <sup>1</sup>경남과학기술대학교 동물소재공학과, <sup>2</sup>순천대학교 동물자원과학과, <sup>3</sup>서울대학교 바이오모듈레이션 전공, <sup>4</sup>아이오와주립대학교 축산학과

### Effect of Addition of Phosvitin and High Pressure Processing on Microbiological Quality and Lipid and Protein Oxidation of Minced Chicken Leg Meat

Samooel Jung, Mingu Kang, Il Suk Kim<sup>1</sup>, Ki Chang Nam<sup>2</sup>, Dong Uk Ahn<sup>3,4</sup>, and Cheorun Jo\*

Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>1</sup>Department of Animal Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 600-758, Korea

<sup>2</sup>Department of Animal Science and Technology, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

<sup>3</sup>Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

<sup>4</sup>Department of Animal Science, Iowa State University, Ames, IA 50011, USA

#### Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of high pressure (HP) processing on shelf life, as well as the addition of phosvitin on lipid and protein oxidation stability of minced chicken leg meat. Minced chicken leg meat was mixed with yolk phosvitin at 500 or 1000 mg/kg meat levels, and divided into raw and cooked groups. Then, the samples were subjected to HP at 0.1, 300, and 600 MPa. The total aerobic bacteria, lipid and protein oxidation, along with instrumental meat color (L\*, a\*, and b\*value) of the samples were measured during storage for 7 d at 4°C. In raw meat, the number of total aerobic bacteria was decreased by HP at 300 MPa (4 Log reductions) and 600 MPa (5 Log reductions) after 7 d of storage ( $p < 0.05$ ). HP at 600 MPa increased lipid oxidation of samples at all storage days and protein oxidation of samples during storage at 3 and 7 d. HP induced the changes of meat color by increase of L\* value and decrease of a\* value ( $p < 0.05$ ). The total aerobic bacteria was not detected in the cooked samples, regardless of HP pressure, and the lipid or protein oxidation of the cooked sample treated by 600 MPa was higher than that of the control (0.1 MPa) on day 7 or control on day 3, respectively ( $p < 0.05$ ). The results suggested that HP can improve the shelf life of minced chicken leg meat. However, phosvitin might be a limited antioxidative agent for the improvement of oxidation stability induced by HP.

**Key words:** high pressure, phosvitin, minced chicken leg meat, lipid oxidation, protein oxidation

#### 서 론

계육은 필수 지방산 및 필수 아미노산의 함량이 높고 지방과 콜레스테롤의 함량은 낮아 영양학적으로 매우 우수하여 소비량이 매년 증가하는 추세이다(Jeon *et al.*, 2010). 최근 소비자 편의성 증진을 통한 계육 소비 증진 방안으로 부분육 및 정육의 형태로 유통되는 계육의 양이 증가

하고 있으며 국내 수입되는 계육 중 99% 이상이 부분육 및 정육의 형태로 수입되고 있다(KMTA, 2010). 하지만 부분육 및 정육의 경우 세절 및 발골 과정에서 미생물에 의한 재 감염이 있을 수 있어 통닭으로 유통되는 계육에 비해 저장기간의 단축을 초래하는 단점이 있다(Kanatt *et al.*, 2010). 그러므로 식품으로서의 안전성 확보 차원에서 미생물의 증식을 억제함과 동시에 저장성을 개선할 수 있는 방안이 필요한 실정이다.

초고압 처리는 병원성 및 부패 미생물의 비공유 결합 및 소수성 결합에 영향을 주어 세포막을 붕괴 시키고 세포막에 존재하는 단백질의 변성을 일으켜 미생물의 사멸

\*Corresponding author: Cheorun Jo, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: 82-42-821-5774, Fax: 82-42-825-9754, E-mail: cheorun@cnu.ac.kr

을 유발하며, 또한 비열처리 기술이기 때문에 영양소의 파괴를 최소화하여 안전하고 영양적인 고품질 식품을 원하는 소비자의 기대를 만족시킬 수 있는 기술이다(Bover-Cid *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2010). 또한 포장된 식품에 처리하므로 초고압 처리 후 미생물의 재감염 위험이 없는 장점을 가진 식품 살균기술로서 이미 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius, 2007)와 미국 식품의약국(US FDA, 2008)의 승인을 받았다(Bover-Cid *et al.*, 2011). 초고압 처리의 미생물 사멸 효과는 수 차례 보고가 되었는데 돈육 균질물에서 그람 음성균 및 진균류가 6 Log(400 MPa에서 10분, 25°C) 정도 감소하였으며 우유의 경우 총균수가 2.5 Log(520 MPa에서 260초) 정도 감소하였다고 보고하였다(Jung *et al.*, 2003; Shigehisa *et al.*, 1991). 또한 계육의 경우 병원성 미생물이 7 Log(600 MPa에서 5분, 15°C) 정도 감소함이 확인되었다(Kruk *et al.*, 2011). 하지만 식육 제품에 초고압 처리시 식육의 세포막을 파괴시킬 뿐만 아니라 헴 단백질의 변성과 금속이온에 의한 지방 및 단백질의 산화가 가속화 된다고 보고되고 있는데 600 MPa에서 초고압 처리된 계육 및 건조 염지헴에서 지방 및 단백질의 산화가 확인되었다(Cheftel and Culioli, 1997; Fuentes *et al.*, 2010; Kruk *et al.*, 2011; Ma *et al.*, 2007). 이러한 지방 및 단백질의 산화는 식육 및 육가공품의 품질을 저하시키는 주 원인이기에 초고압 처리된 식육의 지방 및 단백질 산화를 막기 위한 방법이 필요한 실정이다.

Phosvitin은 계란의 난황 과립(*granules*)의 구조를 이루는 인당단백질로 그 아미노산 사슬의 50% 이상을 인산화된 serine이 차지하고 있는 특이한 구조로 되어있다(Clack, 1985). 이러한 특이구조로 인해 phosvitin은 강력한 금속 킬레이트제(*metal chelator*)로 작용하는데 phosvitin 한 분자당 65-70개의 철원자를 결합할 수 있다고 보고되고 있다(Tarborsky, 1963). Phosvitin의 금속 킬레이트 능력으로 인해 phosvitin이 항산화제로서 금속이온에 의해 발생하는 지방 산패를 억제할 수 있으며, 또한 미생물의 전이금속 이온 결핍을 일으켜 미생물 사멸효과가 있음이 보고되고 있다(Choi *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2002; Lu and Baker, 1986).

따라서 본 연구는 부분육으로 유통되는 닭 다리육을 분쇄 후 phosvitin 첨가하여 초고압 처리에 따른 미생물 사멸 효과와 phosvitin의 첨가가 초고압 처리에 의해 촉진되는 지방 및 단백질 산화에 미치는 효과를 확인하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 공시 재료

본 실험에 사용한 phosvitin은 Ko 등(2011)의 방법에 따라 계란 난황으로부터 다음과 같이 추출하였다. 난황을 증

류수에 희석하여(1:2, v:v) 난장을 제거 후 얻어진 난황 과립으로부터 에탄올 및 NaCl을 이용하여 phosvitin을 추출하였으며, 추출된 phosvitin 용액을 초미세여과 장치(Quixstand Benchtop System using a membrane column with a 10 kDa molecular weight cut-off, GE Healthcare, USA)를 이용하여 NaCl 제거 후 동결건조하여 가루형태의 phosvitin을 추출하였다. 추출된 phosvitin을 sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel에 표준 phosvitin(Sigma-Aldrich, USA)과 전기영동 하여 분자량을 비교 확인하였다. 추출된 phosvitin의 순도는 80% 정도였으며 ferric ion 킬레이팅 능력 측정결과 표준 phosvitin 대비 84% 정도의 능력을 보임이 확인되었다(*data not shown*). 실험 재료로서 사용한 계육은 세절 및 발골 과정을 거친 후 수입되기에 미생물 오염 위험성이 높은 수입 다리 정육(냉동)을 지역 식육 판매점으로부터 3회에 나누어 구입하였다.

### 분쇄육 제조 및 초고압 처리

닭 다리육의 껍질, 외부지방 및 결체조직을 제거한 후 만육기를 이용하여 분쇄하였다. Phosvitin은 분쇄육에 첨가량이 500 mg/kg 및 1000 mg/kg이 되도록 1%(v:w) 수준으로 3차 증류수에 용해시켜 첨가하였다. Phosvitin이 첨가된 분쇄육과 비첨가된 분쇄육을 플라스틱 통에 담아 4°C 냉장 수조에서 2분간 손으로 혼합 후 만육기에서 재분쇄하고, 다시 4°C 냉장 수조에서 2분간 손으로 다시 혼합하였다. 시료를 비가열 처리군과 가열처리군으로 나누어 진공포장(10 cm×10 cm 저밀도 폴리 에틸렌-나이론 진공백, 산소 투과도: 22.5 mL/m<sup>2</sup>/24 h atm at 60% RH/25°C, 투습성: 4.7 g/m<sup>2</sup>/24 h at 100% RH/25°C, 진공도: - 650 mmHg)하였다. 가열 처리군은 75°C 가열수조에서 40분간 가열하여 drip을 제거 후 다시 진공포장 하였다. 진공포장 된 시료를 hydrostatic fluid medium으로 채워진 고압기(Quintus food processor 6; ABB Autoclave System, Inc., Columbus, OH, USA)의 chamber에 넣고 기존 연구에서 미생물 사멸 효과가 확인된 압력 수준인 300 MPa 또는 600 MPa 압력으로 5분간 처리하였으며, 이 때 chamber의 온도는 15±3°C였다. 이러한 전 과정을 3번 반복하였다. 초고압 처리 후 시료의 진공 포장을 열어 4°C 냉장고에서 7일간 함기저장하면서 실험에 사용하였다.

### 총 호기성 미생물

총 호기성 미생물의 검출은 Kim 등(2011)의 방법에 따랐다. 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85% NaCl) 90 mL을 첨가하여 10배 희석 후 Bag Mixer<sup>®</sup>(Modoel 400, Interscience, France)를 사용하여 30분 동안 혼합 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 tryptic soy agar(TSA, Difco Laboratories, USA)에 도말하였다. 미생물의 증식은 표준한천 배양방법으로 37°C에서 48시간 배양한 후 집락을 계수 하

여 Log CFU/g으로 나타내었다.

### 지방산화도 측정

시료의 저장 중 지방 산화도의 측정은 Stalikas와 Konidari (2001)의 방법을 수정하여 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)값을 측정하였다. 시료 3 g에 1 N NaOH 9 mL을 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene(Sigma-Aldrich) 100  $\mu$ L을 첨가하여 60°C 수욕상에서 1시간 가수분해하였다. 가수분해물에 40% trichloroacetic acid(TCA, Alfa Aesar, Heysham, UK)를 첨가하여 1분간 교반 후 여과(filter paper, Watman No.1)하였다. 여과액 1 mL과 20 mM 2-thiobarbituric acid(Sigma-Aldrich) 1 mL을 시험관에 넣어 혼합하였으며 혼합액을 30분간 90°C 수욕상에서 가열 후 5분간 냉각한 혼합액을 분광광도계(DU<sup>®</sup>530, Beckman Instruments Inc., USA)를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지방 산화도는 mg malondialdehyde/kg 시료로 표시하였으며 malondialdehyde의 함량은 tetraethoxypropane(Sigma-Aldrich)을 이용한 표준곡선으로부터 구하였다.

### 단백질 산화도 측정

단백질 산화도 측정을 위해 단백질 산화물인 carbonyl의 양을 Fagan 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 2 g과 15 mL pyrophosphate buffer(pH 7.4, consisting of 2.0 mM Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 10 mM tris-maleate, 100 mM KCl, 2.0 mM MgCl<sub>2</sub> and 2.0 mM ethylenebis tetraacetic acid)를 혼합한 후 균질화하였다(T25b, Ika Werke GmbH & Co. KG, Janke & Kunkel, Germany). 균질액 2 mL씩 두 개의 시험관으로 나누어 2 mL TCA를 첨가 후 원심분리(2,090 g, 15분)하였으며, 침전물에 2 mL TCA를 다시 첨가한 후 원심분리하여 침전물을 실험에 사용하였다. 두 개의 시험관중 하나의 시험관은 단백질 정량을 위해, 나머지 하나의 시험관은 carbonyl류 함량 측정을 위해 사용하였다. Carbonyl 함량 측정을 위해 시험관에 2 N HCl에 용해시킨 10 mM 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNPH) 4 mL을 첨가한 후 실온에서 30분간 반응시켜 hydrazone을 생성하였고, 단백질 정량 시험관에는 2 N HCl을 4 mL 첨가하여 동시간 반응시켰다. 잔여 DNPH 제거를 위해 20% TCA를 4 mL 첨가 후 원심분리(2,090 g, 15분)하였으며 침전물에 10 mM HCl(in ethanol:ethyl acetate = 1:1, v:v)을 4 mL 첨가하여 교반 후 다시 원심분리(2,090 g, 15분)하였다. 이 과정을 3회 반복하였다. 단백질 정량을 위한 시험관은 20% TCA를 첨가 후 원심분리(2,090 g, 15분)하여 침전물을 얻었다. 두 시험관의 침전물은 6 M guanidine hydrochloride(in 20 mM potassium dihydrogen phosphate, pH 2.3) 4 mL을 첨가하여 4°C 냉장고에서 12시간 동안 용해시켰다. 단백질 정량은 분광광도계를 이용하여 280 nm에서 흡광도를 측정하였으

며, 280 nm에서의 bovine serum albumin의 표준곡선을 이용하여 산출하였다. Carbonyl의 함량은 분광광도계를 이용하여 370 nm에서 흡광도 측정 후 hydrazone의 몰 흡광계수인 22,000 M<sup>-1</sup>을 이용하여 산출하였으며, carbonyl nmol/mg 단백질로 나타내었다.

### 표면 육색

육색의 측정은 시료를 석영 셀(3 cm×1.5 cm)에 넣어 색차계(Spectrophotometer, CM-3500d, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter 값의 L\*(명도), a\*(적색도), b\*(황색도)값을 측정하였으며 측정된 값은 Spectra Magic Software(Minolta, Japan)로 자동 분석 하였다. 색차계는 시료 측정 전 표준 흑판과 백판으로 표준화하였으며, 시료의 2부분을 측정하여 그 평균값을 한 반복 값으로 처리하였다.

### 통계 분석

실험은 3반복 수행하였으며, 실험의 결과는 SAS(2000)을 사용하여 분산분석(One-way Analysis of Variance)을 시행하였고 유의한 차이를 보이는 경우 Duncan의 다중검정을 사용하여 평균값간의 차이를 비교하였다. 평균값과 표준오차(SEM)를 나타내었으며, 유의적인 차이는 5% 수준에서 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물학적 품질

생육 및 가열육에 초고압 처리 후 7일간 4°C 냉장저장하면서 총 호기성 미생물 수를 측정하였다(Table 1). 초고압 처리(300 및 600 MPa)에 의해 처리 직후 생육의 총 호기성 미생물이 검출한계(<1 Log CFU/g) 수준까지 사멸됨이 확인되었다( $p < 0.05$ ). 저장 3일 후 600 MPa 처리군에서는 총 호기성 미생물이 증식되지 않았지만, 300 MPa 처리군에서는 phosvitin 무첨가군과 500 mg/kg 첨가군에서 총 호기성 미생물이 약 4 Log CFU/g 증식하였다. 하지만 phosvitin 1000 mg/kg 첨가에 의해 총 호기성 미생물 증식이 검출한계 수준으로 억제되어 병용처리 효과를 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 저장 7일 후 초고압 무처리군에서 총 호기성 미생물의 증식이 부패시점으로 고려되는 7 Log CFU/g(ICMSF, 1986)을 넘어선 8 Log CFU/g 수준을 보인 반면, 300 및 600 MPa 처리군에서는 총 호기성 미생물 증식이 유의적으로 각각 4 Log 및 5 Log정도 억제되었다( $p < 0.05$ ). Phosvitin 첨가에 따른 총 호기성 미생물 증식 억제효과는 600 MPa 처리군에서만 유의적인 차이를 보였으나 1 Log 미만의 증식 억제효과를 보여 phosvitin의 총 호기성 미생물에 대한 항균 효과는 크지 않은 것으로 보인다( $p < 0.05$ ). 가열육의 경우 초고압 처리 및 phosvitin 첨가와 무관하게 전 저장기간에 걸쳐 총 호기성 미생물이 검

**Table 1. Number of total aerobic bacteria (Log CFU/g) in high pressure-treated raw minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C.**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
0.1	0	4.64 <sup>aZ</sup>	4.98 <sup>bY</sup>	8.56 <sup>aX</sup>	0.019
	500	4.53 <sup>bZ</sup>	4.94 <sup>aY</sup>	8.64 <sup>aX</sup>	0.092
	1000	4.52 <sup>bZ</sup>	4.91 <sup>aY</sup>	8.58 <sup>aX</sup>	0.019
300	0	ND <sup>cZ</sup>	4.03 <sup>bY</sup>	4.60 <sup>bX</sup>	0.097
	500	ND <sup>cY</sup>	3.97 <sup>bX</sup>	3.93 <sup>bcX</sup>	0.177
	1000	ND <sup>cY</sup>	ND <sup>cY</sup>	3.94 <sup>bcX</sup>	0.042
600	0	ND <sup>cY</sup>	ND <sup>cY</sup>	3.67 <sup>cX</sup>	0.061
	500	ND <sup>cY</sup>	ND <sup>cY</sup>	3.42 <sup>dX</sup>	0.121
	1000	ND <sup>cY</sup>	ND <sup>cY</sup>	2.96 <sup>dX</sup>	0.294
SEM <sup>2)</sup>		0.007	0.038	0.225	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)

<sup>2)</sup>(n=27)

ND: viable cells are not found at a detection limit less than 1 Log CFU/g.

<sup>a-d</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).

<sup>X-Z</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

출한계 수준을 보였다(data not shown). 초고압 처리에 따른 계육내 총 호기성 미생물의 증식 억제효과는 기존 연구에서도 이미 보고되고 있는데 계육 패티에 500 MPa 처리시 4-6°C의 냉장저장 14일 및 21일 후 총 호기성 미생물의 증식이 각각 3 Log 및 6 Log정도 억제되었다고 보고 하였다(Pietrzak *et al.*, 2011). 또한 병원성 미생물인 *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli*, 및 *Listeria monocytogenes*를 8-9 Log CFU/g 수준으로 계육 가슴육에 접종 후 초고압 처리(600 MPa, 5분, 15±3°C)한 결과 4°C 냉장 저장 7일 후에도 병원성 미생물이 검출한계 수준을 보였다(Kruk *et al.*, 2011). Choi 등(2004)과 Khan 등(2000)은 phosvitin의 항균 효과를 확인하였는데 *E. coli*가 접종된 액체 배지에 phosvitin 첨가 후 50°C로 가열처리하였을 때 phosvitin 무첨가구에서는 *E. coli*가 검출되었지만 phosvitin 첨가구에서는 검출되지 않았으며, 동일조건 하에 37°C 가열처리 하였을 때는 항균효과가 없었다고 보고하고 있어 phosvitin과 가열처리를 병행하였을 때 항균 활성에 상승 효과가 있었던 것으로 보인다. 본 연구의 결과에서도 초고압 처리 및 phosvitin 첨가를 병행 하였을 때 총 호기성 미생물 증식억제에 상승효과가 나타났지만 phosvitin 무첨가군과 차이가 크지 않아 phosvitin의 항균 효과는 낮은 것으로 생각된다.

#### 지방 및 단백질 산화

초고압 처리된 생육 및 가열육에서 TBARS값이 증가되는 것이 확인되었다(Tables 2 and 3). 생육에 초고압 처리 직후 초고압 처리에 따른 TBARS값의 증가는 나타나지

**Table 2. 2-Tiobarbituric acid reactive substances in high pressure-treated raw minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
0.1	0	0.31 <sup>cY</sup>	0.39 <sup>bXY</sup>	0.42 <sup>cX</sup>	0.025
	500	0.35 <sup>abcY</sup>	0.41 <sup>bXY</sup>	0.45 <sup>bcX</sup>	0.020
	1000	0.38 <sup>abcY</sup>	0.41 <sup>bY</sup>	0.51 <sup>bX</sup>	0.014
300	0	0.34 <sup>bcY</sup>	0.36 <sup>bY</sup>	0.48 <sup>bcX</sup>	0.025
	500	0.38 <sup>abcY</sup>	0.37 <sup>bY</sup>	0.47 <sup>bcX</sup>	0.014
	1000	0.39 <sup>abY</sup>	0.39 <sup>bY</sup>	0.48 <sup>bcX</sup>	0.021
600	0	0.38 <sup>abcY</sup>	0.54 <sup>aX</sup>	0.58 <sup>aX</sup>	0.029
	500	0.38 <sup>abcY</sup>	0.37 <sup>bY</sup>	0.47 <sup>bcX</sup>	0.014
	1000	0.42 <sup>aY</sup>	0.57 <sup>aX</sup>	0.60 <sup>aX</sup>	0.013
SEM <sup>2)</sup>		0.021	0.020	0.024	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)

<sup>2)</sup>(n=27)

<sup>a-c</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).

<sup>X,Y</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

**Table 3. 2-Tiobarbituric acid reactive substances in high pressure-treated cooked minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
0.1	0	1.99 <sup>Z</sup>	6.49 <sup>aY</sup>	8.72 <sup>cX</sup>	0.185
	500	2.20 <sup>Z</sup>	5.72 <sup>bcY</sup>	8.82 <sup>cX</sup>	0.125
	1000	2.15 <sup>Z</sup>	5.24 <sup>cY</sup>	8.70 <sup>cX</sup>	0.178
300	0	2.08 <sup>Z</sup>	6.56 <sup>aY</sup>	9.10 <sup>cX</sup>	0.166
	500	2.24 <sup>Z</sup>	5.89 <sup>bY</sup>	9.42 <sup>bcX</sup>	0.133
	1000	2.26 <sup>Z</sup>	5.77 <sup>bcY</sup>	9.51 <sup>bcX</sup>	0.232
600	0	2.24 <sup>Z</sup>	6.60 <sup>aY</sup>	10.59 <sup>aX</sup>	0.316
	500	2.25 <sup>Z</sup>	5.98 <sup>bY</sup>	10.15 <sup>abX</sup>	0.171
	1000	2.14 <sup>Z</sup>	5.44 <sup>bcY</sup>	10.60 <sup>aX</sup>	0.347
SEM <sup>2)</sup>		0.149	0.169	0.305	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)

<sup>2)</sup>(n=27)

<sup>a-c</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).

<sup>X,Z</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

않았다. 하지만 저장 3일 및 7일 후 초고압 비처리군과 300 MPa 처리군에 유의적인 TBARS값의 차이는 나타나지 않은 반면 600 MPa 처리군에서 TBARS 값이 비처리군에 비하여 유의적으로 높음이 확인되었으며( $p<0.05$ ), 지방산패취를 감지할 수 있는 TBARS 범위인 0.5-1.0에 포함되었다(Kanner, 1994). 금속이온 킬레이트제로서 첨가한 phosvitin의 TBARS값의 증가 억제효과는 나타나지 않았다. 가열육에 초고압 처리한 결과 저장 7일 후 600 MPa 초고압 처리군에서 TBARS값이 유의적으로 증가됨이 나타났다( $p<0.05$ ). Phosvitin 첨가에 따른 효과는 저장 3일 후 phosvitin 500 및 1000 mg/kg 첨가군에서 유의적으로

TBARS값이 비침가군에 비하여 낮았지만( $p<0.05$ ), 저장 7일 후 처리군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단백질의 산화에 따른 생성물은 아미노산에 따라 다른데 arginine, lysine 및 proline과 같은 아미노산의 산화에 의해 carbonyl류가 생성되며, carbonyl류가 단백질 산화물의 70% 이상을 차지하여 carbonyl류 함량에 따라 단백질 산화 정도를 측정할 수 있다고 보고되고 있다(Lund *et al.*, 2011). 초고압 처리된 생육 및 가열육의 carbonyl류 함량 측정 결과를 Tables 4 및 5에 나타내었다. 생육의 경우 초고압 처리 직후에는 carbonyl류 함량이 초고압 처리 압력간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 3 및 7일 후 600 MPa

**Table 4. Carbonyl content in high pressure-treated raw minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
0.1	0	0.54 <sup>Z</sup>	0.93 <sup>bY</sup>	1.21 <sup>bX</sup>	0.026
	500	0.50 <sup>Z</sup>	0.94 <sup>bY</sup>	1.10 <sup>bX</sup>	0.029
	1000	0.58 <sup>Z</sup>	0.99 <sup>bY</sup>	1.24 <sup>bX</sup>	0.026
300	0	0.53 <sup>Z</sup>	0.95 <sup>bY</sup>	1.26 <sup>bX</sup>	0.030
	500	0.58 <sup>Z</sup>	0.96 <sup>bY</sup>	1.17 <sup>bX</sup>	0.043
	1000	0.51 <sup>Z</sup>	0.99 <sup>bY</sup>	1.21 <sup>bX</sup>	0.026
600	0	0.54 <sup>Z</sup>	1.12 <sup>aY</sup>	2.18 <sup>aX</sup>	0.064
	500	0.55 <sup>Z</sup>	1.15 <sup>aY</sup>	2.31 <sup>aX</sup>	0.110
	1000	0.55 <sup>Z</sup>	1.09 <sup>aY</sup>	2.13 <sup>aX</sup>	0.030
SEM <sup>2)</sup>		0.036	0.025	0.076	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)

<sup>2)</sup>(n=27)

<sup>a,b</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).

<sup>X-Z</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Carbonyl content in high pressure-treated cooked minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C.**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
0.1	0	0.61 <sup>aZ</sup>	1.54 <sup>cY</sup>	2.11 <sup>bX</sup>	0.060
	500	0.53 <sup>cdZ</sup>	1.55 <sup>cY</sup>	2.70 <sup>aX</sup>	0.160
	1000	0.58 <sup>abcZ</sup>	1.59 <sup>cY</sup>	2.43 <sup>abX</sup>	0.025
300	0	0.51 <sup>dZ</sup>	1.61 <sup>cY</sup>	2.95 <sup>aX</sup>	0.197
	500	0.55 <sup>abcdZ</sup>	1.60 <sup>cY</sup>	2.73 <sup>aX</sup>	0.079
	1000	0.60 <sup>abZ</sup>	1.54 <sup>cY</sup>	2.98 <sup>aX</sup>	0.047
600	0	0.57 <sup>abcdY</sup>	3.03 <sup>aX</sup>	2.86 <sup>aX</sup>	0.184
	500	0.55 <sup>bcdZ</sup>	2.10 <sup>bY</sup>	2.77 <sup>aX</sup>	0.114
	1000	0.59 <sup>abZ</sup>	2.21 <sup>bY</sup>	2.65 <sup>abX</sup>	0.116
SEM <sup>2)</sup>		0.016	0.124	0.173	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)

<sup>2)</sup>(n=27)

<sup>a-d</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).

<sup>X-Z</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

처리군에서 carbonyl류 함량이 초고압 무처리 및 300 MPa 처리군에 비해 유의적으로 높음이 확인되었다( $p<0.05$ ). 가열육에서는 저장 3일 후 600 MPa 처리군에서 carbonyl류 함량이 유의적으로 높았지만( $p<0.05$ ), 저장 7일 후에는 초고압 처리 압력간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. Phosvitin 첨가에 따른 단백질 산화 억제 효과는 초고압 처리된 생육에서는 나타나지 않았으며, 가열육의 경우 저장 0일 초고압 무처리군에서 phosvitin 500 mg/kg 첨가에 의해 carbonyl류 함량이 비침가군에 비하여 유의적으로 낮았다. 그러나, 저장 7일 후에는 carbonyl류 함량이 유의적으로 높아 phosvitin 첨가에 따른 단백질 산화 억제효과가 일정하게 나타나지 않았다. 또한 저장 3일 후 600 MPa 처리군에서도 phosvitin 첨가에 의해 carbonyl류 함량이 비침가군에 비해 유의적으로 낮았지만 저장 7일 후 carbonyl류 함량이 phosvitin 첨가에 유의적인 영향을 받지 않았다. 이상의 결과는 본 연구와 동일조건 하에 phosvitin의 첨가 및 초고압 처리된 분쇄 우육의 지방 산화 결과와 일치하지 않았는데, 분쇄 우육의 경우 비가열 분쇄 우육과 가열 처리된 분쇄 우육 모두에서 첨가된 phosvitin에 의해 초고압 처리에 따른 지방산화가 유의적으로 억제되었으며, 단백질 산화 억제효과는 나타나지 않았다(unpublished data).

초고압 처리된 식육의 경우 육 내 근섬유의 손상으로 인해 지방의 산화가 촉진되며 특히 헴 함유 단백질의 변성으로 인해 헴으로부터 유리 또는 노출된 철 이온에 의해 지방 및 단백질의 산화가 촉진된다고 보고되고 있다(Cheftel and Culioli, 1997; Fuentes *et al.*, 2010). 그리고 철 이온에 의한 지방 및 단백질의 산화는 주로 2가 및 3가 철 이온( $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$ )과 과산화 수소( $H_2O_2$ )가 만나 자유라디칼을 생성하는 Fenton 반응에 의한 것이며, phosvitin이 Fenton 반응을 억제하여 지방 산화를 억제할 수 있다고 보고되고 있다(Ishikawa *et al.*, 2004). Cheah과 Ledward (1997)에 따르면 분쇄돈육에 400 MPa 이상의 초고압 처리 시 지방 산패가 증가하며, 금속 킬레이트제인 citric acid와 EDTA 첨가에 의해 초고압 처리에 따른 지방산화를 억제할 수 있다고 보고하고 있다. Ma 등(2007)은 초고압 처리된 우육과 계육의 지방산화가 우육은 200 MPa 이상에서 계육은 600 MPa 이상에서 증가하며, 우육(200 MPa) > 돈육(300 MPa) > 계육(600 MPa)의 순으로 초고압 처리에 따른 지방산화가 민감하며, 이러한 이유는 종 간 근섬유의 견고성 차이로 인해 초고압 처리에 따른 손상의 정도가 다르기 때문이라고 보고하고 있다. 본 연구에서 300 MPa 처리에 따른 단백질 산화 증가는 일어나지 않았는데, 이와 유사하게 200-300 MPa 처리에 의해 단백질 산화가 증가하지 않음이 보고되고 있다(Cava *et al.*, 2009). Orlien 등(2000)은 계육 내 헴단백질로부터 철이온의 유리는 적어도 800 MPa 이상의 초고압 처리에 의해 발생하는 반면 우육은 500 MPa 처리에 의해 비헴철의 양이 증가하여,

500 MPa 처리에 따른 계육의 지방산화 축진은 비헬철의 지방 산화 촉매작용에 의한 것이 아니라 근섬유의 손상에 따른 것이라고 보고하고 있다. 이상의 결과들로 인해 본 연구에서 비헬철에 의한 지방 산화를 억제하기 위해 금속 킬레이트제로서 첨가된 phosvitin이 초고압 처리된 분쇄 계육의 지방 및 단백질 산화 증가를 효과적으로 억제하지는 못한 것으로 사료된다.

**Table 6. Instrumental color of high pressure-treated raw minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
<i>L*-value</i>					
0.1	0	53.90 <sup>c</sup>	54.14 <sup>g</sup>	54.22 <sup>d</sup>	0.381
	500	54.25 <sup>cY</sup>	56.61 <sup>eX</sup>	56.27 <sup>eX</sup>	0.279
	1000	54.21 <sup>c</sup>	55.41 <sup>f</sup>	54.33 <sup>d</sup>	0.439
300	0	59.27 <sup>bX</sup>	57.68 <sup>dY</sup>	59.53 <sup>bX</sup>	0.322
	500	59.20 <sup>bY</sup>	60.37 <sup>cX</sup>	59.97 <sup>bX</sup>	0.270
	1000	59.50 <sup>bY</sup>	60.75 <sup>cX</sup>	59.72 <sup>bX</sup>	0.287
600	0	69.49 <sup>a</sup>	68.34 <sup>b</sup>	69.06 <sup>a</sup>	0.328
	500	69.42 <sup>aY</sup>	69.90 <sup>aX</sup>	69.15 <sup>aY</sup>	0.137
	1000	69.60 <sup>a</sup>	69.52 <sup>a</sup>	69.45 <sup>a</sup>	0.108
SEM <sup>2)</sup>		0.163	0.294	0.397	
<i>a*-value</i>					
0.1	0	9.46 <sup>a</sup>	9.81 <sup>a</sup>	8.85 <sup>ab</sup>	0.343
	500	9.33 <sup>a</sup>	9.34 <sup>a</sup>	9.22 <sup>a</sup>	0.337
	1000	9.61 <sup>aX</sup>	9.04 <sup>aXY</sup>	8.37 <sup>bY</sup>	0.199
300	0	8.26 <sup>b</sup>	7.81 <sup>b</sup>	7.45 <sup>c</sup>	0.408
	500	6.66 <sup>cY</sup>	9.12 <sup>bX</sup>	7.65 <sup>cY</sup>	0.321
	1000	6.20 <sup>cZ</sup>	9.44 <sup>bX</sup>	7.64 <sup>cY</sup>	0.354
600	0	4.38 <sup>d</sup>	4.36 <sup>c</sup>	4.23 <sup>d</sup>	0.157
	500	4.20 <sup>dX</sup>	3.75 <sup>cY</sup>	3.82 <sup>dY</sup>	0.093
	1000	3.77 <sup>d</sup>	3.78 <sup>c</sup>	3.69 <sup>d</sup>	0.098
SEM <sup>2)</sup>		0.257	0.347	0.223	
<i>b*-value</i>					
0.1	0	21.28 <sup>a</sup>	20.71 <sup>ab</sup>	21.06 <sup>b</sup>	0.366
	500	21.59 <sup>aXY</sup>	21.00 <sup>aY</sup>	21.81 <sup>aX</sup>	0.224
	1000	21.49 <sup>aX</sup>	20.57 <sup>abcY</sup>	20.52 <sup>bcY</sup>	0.144
300	0	19.48 <sup>b</sup>	18.10 <sup>d</sup>	19.16 <sup>d</sup>	0.396
	500	18.69 <sup>cY</sup>	19.68 <sup>cX</sup>	19.89 <sup>cdX</sup>	0.144
	1000	18.65 <sup>cZ</sup>	19.95 <sup>bcX</sup>	19.38 <sup>dY</sup>	0.157
600	0	17.29 <sup>dXY</sup>	16.56 <sup>eY</sup>	17.43 <sup>eX</sup>	0.213
	500	16.88 <sup>eX</sup>	16.36 <sup>eY</sup>	17.22 <sup>eX</sup>	0.124
	1000	16.78 <sup>eY</sup>	16.47 <sup>eY</sup>	17.58 <sup>eX</sup>	0.134
SEM <sup>2)</sup>		0.120	0.295	0.246	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)  
<sup>2)</sup>(n=27)  
<sup>a-d</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).  
<sup>x-z</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

**표면 육색**

생육의 육색은 초고압 처리에 의해 명확한 차이를 보였다(Table 6). 초고압 처리 압력이 증가할수록 L\* 값은 대략 10%(300 MPa) 또는 28%(600 MPa) 증가하였고, a\* 값과 b\*값은 감소하는 것이 확인되었다( $p<0.05$ ). 이러한 육색의 차이는 모든 저장 기간에서 유사한 경향을 보였다. 하지만 가열육의 경우 생육의 육색 변화와 다른 경향을 보였는데, 초고압 처리 압력 차이에 의해 L\* 및 a\* 값의

**Table 7. Instrumental color of high pressure-treated cooked minced chicken leg meat added with phosvitin during storage at 4°C**

Pressure (MPa)	Phosvitin (mg/kg meat)	Storage (d)			SEM <sup>1)</sup>
		0	3	7	
<i>L*-value</i>					
0.1	0	68.67 <sup>cdY</sup>	69.47 <sup>aX</sup>	69.16 <sup>abcdXY</sup>	0.145
	500	69.57 <sup>abX</sup>	68.87 <sup>abY</sup>	69.81 <sup>aX</sup>	0.155
	1000	69.78 <sup>a</sup>	69.28 <sup>a</sup>	69.44 <sup>ab</sup>	0.171
300	0	68.31 <sup>d</sup>	68.83 <sup>ab</sup>	68.68 <sup>cde</sup>	0.245
	500	69.19 <sup>bc</sup>	69.27 <sup>a</sup>	69.34 <sup>abc</sup>	0.210
	1000	69.22 <sup>b</sup>	68.85 <sup>ab</sup>	69.29 <sup>bcd</sup>	
600	0	68.14 <sup>d</sup>	68.18 <sup>b</sup>	68.14 <sup>e</sup>	0.200
	500	68.68 <sup>cd</sup>	68.19 <sup>b</sup>	68.62 <sup>de</sup>	0.157
	1000	68.62 <sup>d</sup>	68.31 <sup>b</sup>	68.52 <sup>de</sup>	0.189
SEM <sup>2)</sup>		0.168	0.209	0.208	
<i>a*-value</i>					
0.1	0	3.61 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>abc</sup>	3.31 <sup>ab</sup>	0.262
	500	2.89 <sup>c</sup>	2.63 <sup>c</sup>	2.92 <sup>b</sup>	0.106
	1000	2.74 <sup>c</sup>	2.63 <sup>c</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	0.224
300	0	3.69 <sup>aX</sup>	2.74 <sup>bcY</sup>	3.88 <sup>aX</sup>	0.148
	500	3.01 <sup>de</sup>	2.86 <sup>abc</sup>	3.06 <sup>b</sup>	0.060
	1000	3.04 <sup>deX</sup>	2.84 <sup>abcXY</sup>	2.63 <sup>bY</sup>	0.046
600	0	3.52 <sup>abcX</sup>	2.90 <sup>abcY</sup>	2.62 <sup>bY</sup>	0.132
	500	3.29 <sup>bcd</sup>	3.19 <sup>a</sup>	3.11 <sup>b</sup>	0.055
	1000	3.26 <sup>cd</sup>	3.09 <sup>ab</sup>	2.89 <sup>b</sup>	0.228
SEM <sup>2)</sup>		0.106	0.112	0.232	
<i>b*-value</i>					
0.1	0	18.27 <sup>aXY</sup>	17.87 <sup>cY</sup>	18.41 <sup>cX</sup>	0.139
	500	18.39 <sup>bcd</sup>	18.18 <sup>abc</sup>	18.55 <sup>abc</sup>	0.150
	1000	18.56 <sup>abcdX</sup>	18.07 <sup>cdY</sup>	18.49 <sup>bcX</sup>	0.070
300	0	18.30 <sup>cdY</sup>	18.33 <sup>abcY</sup>	18.82 <sup>abX</sup>	0.136
	500	18.60 <sup>abc</sup>	18.34 <sup>abc</sup>	18.72 <sup>abc</sup>	0.157
	1000	18.60 <sup>abcXY</sup>	18.36 <sup>abY</sup>	18.70 <sup>abcX</sup>	0.093
600	0	18.62 <sup>abXY</sup>	18.34 <sup>abcY</sup>	18.96 <sup>aX</sup>	0.101
	500	18.81 <sup>aX</sup>	18.43 <sup>abY</sup>	18.94 <sup>aX</sup>	0.071
	1000	18.74 <sup>a</sup>	18.63 <sup>a</sup>	18.82 <sup>ab</sup>	0.132
SEM <sup>2)</sup>		0.093	0.143	0.121	

<sup>1)</sup>Standard errors of mean (n=9)  
<sup>2)</sup>(n=27)  
<sup>a-e</sup>Different letters within same column differ significantly ( $p<0.05$ ).  
<sup>x,y</sup>Different letters within same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

일정한 경향의 유의적인 차이가 없었다(Table 7). Phosvitin의 첨가가 육색의 변화에 미치는 영향은 생육 및 가열 육의 L\*, a\* 및 b\* 값에서 일부 유의적인 차이를 보였지만 그 경향이 일정치 않았으며 값의 차이 또한 크지 않았다. 본 연구의 초고압 처리와 phosvitin 첨가에 따른 육색의 변화는 동일 조건 하에 실험된 분쇄 우육의 결과와 일치하였다(unpublished data). 초고압 처리된 닭 가슴육의 경우 처리 압력이 증가함에 따라 L\* 값의 증가와 a\* 값의 감소가 일어났다고 보고되고 있고(Omana *et al.*, 2011), 분쇄 우육과 건조 염지햄에서도 초고압 처리 압력이 증가함에 따라 L\* 값의 증가와 a\* 값의 감소가 보고되고 있어(Carlez *et al.*, 1995; Fuentes *et al.*, 2010) 본 연구결과와 일치하였다. 또한 초고압 처리된 돈육에서도 L\* 값이 증가하고 a\* 및 b\* 값이 감소하는 것이 보고 되었다(Souza *et al.*, 2011). 초고압 처리로 인한 육색의 변화는 육색을 결정하는 가장 중요한 요인인 myoglobin의 변성에 따른 헴의 유리 및 이동, 철이온의 유리 또는 oxymyoglobin의 산화에 의한 metmyoglobin의 형성으로 인해 발생하며, 식육에 초고압 처리시 고려해야 할 하나의 요인이다(Carlez *et al.*, 1995; Fuentes *et al.*, 2010).

이상의 결과를 종합하여 보면 초고압 처리는 분쇄 계육의 총 호기성 미생물 증식을 효과적으로 억제하였다. 난황 phosvitin의 첨가는 효과가 확인되기는 하였지만 농도에 따른 일관성 있는 결과를 얻지는 못하였고, 특히 600 MPa 처리시 발생하는 지방 및 단백질의 산화를 효과적으로 억제하지 못하였다. 또한 생육의 경우 초고압 처리에 의한 육색의 변화가 확연히 발생하였다. 따라서 초고압 처리는 부분육으로 유통되는 닭 다리 분쇄육의 저장 안전성을 높일 수 있지만, 초고압 처리시 발생하는 계육의 지방 및 단백질의 산화와 육색의 변화를 억제할 수 있는 항산화제로서 phosvitin의 이용은 제한적일 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구는 초고압 처리가 부분육으로 유통되는 닭 다리 분쇄육의 저장 안전성에 미치는 효과와 난황 phosvitin 첨가가 지방 및 단백질의 산화 안정성에 미치는 효과를 확인하기 위하여 수행되었다. 분쇄된 닭 다리육에 phosvitin을 각각 500 및 1000 mg/kg 첨가 후 비가열 또는 가열하고, 초고압 처리(300 및 600 MPa, 5분, 15±3°C)에 따른 총 호기성 미생물, 지방 및 단백질산화 및 육색의 변화를 4°C에서 7일간 저장 하면서 측정하였다. 연구 결과 생육에서 300 및 600 MPa 처리에 의해 총 호기성 미생물의 증식이 저장 7일 후 각각 4 및 5 Log CFU/g 정도 억제 되었으며 ( $p<0.05$ ), 600 MPa 처리에 의해 지방 및 단백질산화가 촉진됨이 확인되었다( $p<0.05$ ). 초고압 처리압력 증가에 따른 L\* 값의 증가와 a\* 및 b\* 값의 감소가 확인되었다( $p<0.05$ ).

가열육은 초고압 처리와 무관하게 총 호기성 미생물의 증식이 일어나지 않았으며, 저장 7일 후 600 MPa 처리에 의한 지방의 산화가 확인되었고, 단백질의 산화는 저장 3일 차에서만 600 MPa 처리에 의해 유의적으로 증가함이 나타났다( $p<0.05$ ). 이상의 결과를 종합해 볼 때 초고압 처리는 부분육으로 유통되는 닭 다리 분쇄육의 저장 안전성을 높일 수 있으며, 초고압 처리시 발생하는 지방 및 단백질의 산화와 육색의 변화를 억제하기 위한 항산화제로서 phosvitin의 이용은 제한적일 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 2010-2011년도 충남대학교 학술연구비와 일부 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업(과제번호: PJ0081330)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Ahn, C. N., Chae, H. S., Yoo, Y. M., Cho, J. H., Kim, Y. T., Lee, J. M., and Chio, Y. I. (2003) The effect of different electrical stunning methods on meat quality in broilers. *Korean J. Food Sci. An.* **23**, 221-226.
- Bover-Cid, S., Belletti, N., Garriga, M., and Aymerich, T. (2011) Model for *Listeria monocytogenes* inactivation on dry-cured ham by high hydrostatic pressure processing. *Food Microbiol.* **28**, 804-809.
- Carlez, A., Veciananogues, T., and Cheftel, J. C. (1995) Changes in Color and Myoglobin of Minced Beef Meat Due to High-Pressure Processing. *LWT Food Sci. Technol.* **28**, 528-538.
- Cava, R., Ladero, L., Gonzalez, S., Carrasco, A., and Ramirez, M. R. (2009) Effect of pressure and holding time on colour, protein and lipid oxidation of sliced dry-cured Iberian ham and loin during refrigerated storage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **10**, 76-81.
- Cheah, P. B. and Ledward, D. A. (1997) Catalytic mechanism of lipid oxidation following high pressure treatment in pork fat and meat. *J. Food Sci.* **62**, 1135-1139.
- Cheftel, J. C. and Culioli, J. (1997) Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Sci.* **46**, 211-236.
- Choi, I., Jung, C., Seog, H., and Choi, H. (2004) Purification of phosvitin from egg yolk and determination of its physicochemical properties. *Food Sci. Biotechnol.* **13**, 434-437.
- Clark, R. C. (1985) The primary structure of avian phosvitins. Contributions through the Edman degradation of methylmercaptovitins prepared from the constituent phosphoproteins. *Int. J. Biochem.* **17**, 983-988.
- Fagan, J. M., Slecicka, B. G., and Sohar, I. (1999) Quantitation of oxidative damage to tissue proteins. *Int. J. Biochem. Cell B.* **31**, 751-757.
- Fuentes, V., Ventanas, J., Morcuende, D., Estévez, M., and Ventanas, S. (2010) Lipid and protein oxidation and sensory

- properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure. *Meat Sci.* **85**, 506-514.
11. ICMSR (1986) International commission on microbiological specifications for foods. Sampling plans for fish and shellfish. In: ICMSF, Microorganism in foods. ICMSF (ed) University of Toronto Press, Toronto, Vol. 2, pp. 181-196.
  12. Ishikawa, S., Yano, Y., Arihara, K., and Itoh, M. (2004) Egg yolk phosphatidylcholine inhibits hydroxyl radical formation from the Fenton reaction. *Biosci. Biotech. Biochem.* **68**, 1324-1331.
  13. Jung, S., Ghoul, M., and de Lamballerie-Anton, M. (2003) Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *LWT Food Sci. Technol.* **36**, 625-631.
  14. Kanatt, S. R., Rao, M. S., Chawla, S. P., and Sharma, A. (2010) Shelf-life extension of convenience meat products sold in Indian supermarkets by radiation processing. *Radiat. Phys. Chem.* **79**, 1259-1263.
  15. Kanner, J. (1994) Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.* **36**, 169-189.
  16. Khan, M. A. S., Nakamura, S., Ogawa, M., Akita, E., Azakami, H., and Kato, A. (2000) Bactericidal action of egg yolk phosphatidylcholine against *Escherichia coli* under thermal stress. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 1503-1506.
  17. Kim, B., Yun, H., Jung, S., Jung, Y., Jung, H., Choe, W., and Jo, C. (2011) Effect of atmospheric pressure plasma on inactivation of pathogens inoculated onto bacon using two different gas compositions. *Food Microbiol.* **28**, 9-13.
  18. Ko, K. Y., Nam, K. C., Jo, C., Lee, E. J., and Ahn, D. U. (2011) A simple and efficient method for preparing partially purified phosphatidylcholine from egg yolk using ethanol and salts. *Poultry Sci.* **90**, 1096-1104.
  19. Korea Meat Trade Association (2011). Statistics of current meat import status. Available from: <http://www.kmta.or.kr/html/sub6-1.html?scode=233&kej>. Accessed Oct. 9, 2011.
  20. Kruk, Z. A., Yun, H., Rutley, D. L., Lee, E. J., Kim, Y. J., and Jo, C. (2011) The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control* **22**, 6-12.
  21. Lee, S. K., Han, J. H., and Decker, E. A. (2002) Antioxidant activity of phosphatidylcholine in phosphatidylcholine liposomes and meat model systems. *J. Food Sci.* **67**, 37-41.
  22. Lu, C. L. and Baker, R. C. (1986) Characteristics of egg yolk phosphatidylcholine as an antioxidant for inhibiting metal-catalyzed phospholipid oxidations. *Poultry Sci.* **65**, 2065-2070.
  23. Lund M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., and Estévez, M. (2011) Protein oxidation in muscle foods: a review. *Mol. Nutr. Food Res.* **55**, 83-95.
  24. Ma, H. J., Ledward, D. A., Zamri, A. I., Frazier, R. A., and Zhou, G. H. (2007) Effects of high pressure/thermal treatment on lipid oxidation in beef and chicken muscle. *Food Chem.* **104**, 1575-1579.
  25. Omana, D. A., Plastow, G., and Betti, M. (2011) Effect of different ingredients on color and oxidative characteristics of high pressure processed chicken breast meat with special emphasis on use of beta-glucan as a partial salt replacer. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **12**, 244-254.
  26. Orlien, V., Hansen, E., and Skibsted, L. H. (2000) Lipid oxidation in high-pressure processed chicken breast muscle during chill storage: critical working pressure in relation to oxidation mechanism. *Eur. Food Res. Technol.* **211**, 99-104.
  27. Park, J., Na, S., and Lee, Y. (2010) Present and future of non-thermal food processing technology. *Food Sci. Ind.* **75**, 1-20.
  28. Pietrzak, D., Cegiela, A., Fonberg-Broczek, M., and Ziarno, M. (2011) Effects of high pressure treatment on the quality of chicken patties. *High Pressure Res.* **31**, 350-357.
  29. Shigehisa, T., Ohmori, T., Saito, A., Taji, S., and Hayashi, R. (1991) Effects of High Hydrostatic-Pressure on Characteristics of Pork Slurries and Inactivation of Microorganisms Associated with Meat and Meat-Products. *Int. J. Food Microbiol.* **12**, 207-216.
  30. Souza, C. M., Boler, D. D., Clark, D. L., Kutzler, L. W., Holmer, S. F., Summerfield, J. W., Cannon, J. E., Smit, N. R., McKeith, F. K., and Killefer, J. (2011) The effects of high pressure processing on pork quality, palatability, and further processed products. *Meat Sci.* **87**, 419-427.
  31. Stalikas, C. D. and Konidari, C. D. (2001) Analysis of malondialdehyde in biological matrices by capillary gas chromatography with electron-capture detection and mass spectrometry. *Anal. Biochem.* **290**, 108-115.
  32. Tarborsky, G. (1963) Interaction between phosphatidylcholine and its effect on a rearrangement of phosphatidylcholine structure. *Biochem.-US.* **2**, 266-271.

(Received 2011.10.19/Revised 2012.3.20/Accepted 2012.3.21)