

## 도계과정 중 이온화칼슘 냉침이 닭고기 신선도 및 칼슘 함량에 미치는 영향

최두형<sup>1</sup> · 박병성<sup>1†</sup> · 진지영<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 동물생명과학대학, <sup>2</sup>주식회사 지투지  
(2016년 7월 20일 접수; 2016년 9월 20일 수정; 2016년 9월 29일 채택)

### Effects of cooling water treatment with ionized calcium on calcium content and quality of fresh chicken meat in poultry slaughtering process

D.H. Choi<sup>1</sup> · B.S. Park<sup>1†</sup> · J.Y. Jin<sup>2</sup>

*1 College of Animal Life Science, Kangwon National University,  
Chuncheon 200-701, g2g Co. Ltd, Yonginsi Kyungkido 446-901, Korea  
(Received July 20, 2016; Revised September 20, 2016; Accepted September 29, 2016)*

**Abstract** : An experiment was carried out to determine the effect of cooling water treatment with ionized calcium on calcium content, extending the shelf-life and quality of fresh chicken meat in poultry slaughtering process. The subjects were divided into four groups: control (0% without ionized calcium) and treatment groups (0.5, 0.7, 0.9% ionized calcium). The results indicated that the cooling water treatment with ionized calcium exhibited the bacterial counts of  $10^5$  CFU/cm<sup>2</sup> in surface of chicken meat, and maintained the quality of fresh chicken meat with extending the shelf-life above seven days when compared with that of control group. The results found that the cooling water treatment with ionized calcium could produce the calcium enrichment of chicken meat as nine times higher in calcium content of chicken meat when compared with that of control group. pH, water holding capacity, TBARS (MDA mg/kg) in chicken meat via the cooling water treatment with ionized calcium showed 6.4, above 50, below 0.10, respectively, with preventing the oxidation of unsaturated fatty acids. Lightness (L\*) as a chicken meat color, shear force indicated above 60, below 1.70 kg/0.5 inch<sup>2</sup>, respectively.

*Keywords* : Ionized calcium, meat quality, calcium, shelf-life

---

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: bspark@kangwon.ac.kr)

## 1. 서론

닭고기는 세계 육류 소비량의 30%를 차지하고 있으며 우리나라 국민 1인당 소비량은 2014년 12.6 kg으로써 계속 증가하는 추세이다. 닭고기는 도계장에서 가공할 때 소비자가 구입할 수 있는 마트로 납품하기 위하여 개별 포장되며 특히, 도계 후 초기 미생물 오염도가 높은 닭고기를 포장하게 되면 저장, 유통과정 중에서 닭고기 신선도가 떨어진다[1]. 도계 시 미생물의 교차오염은 탕침, 세척, 냉침 과정 중에서 쉽게 일어날 수 있다[2-3]. 닭은 41°C의 높은 체온으로 인하여 생닭을 저장, 유통할 경우 미생물의 증식이 높아지기 때문에 도계과정 중 냉각수에 담그는 냉침과정이 반드시 필요하다. 그러나 대부분의 도계장에서 실행되고 있는 냉침과정 중 미생물의 교차오염은 매우 높아서 문제가 되고 있다[4-5]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 냉침수에 다양한 물질을 첨가하는 방안이 시도되고 있다[6-7].

칼슘은 뼈를 튼튼하게 하여줌으로써 골다공증을 예방하고 식품을 통한 칼슘의 섭취는 신경기능, 혈압, 상처치료에 도움이 된다. 칼슘은 성장기 청소년 및 운동선수에게 있어서 근육수축에 도움을 주는 것으로 알려졌다[8]. 닭고기의 칼슘은 100 g 당 4-37 mg으로 적은 양이 포함된 것으로 알려져 있다. 따라서 닭고기를 비롯한 식육 제품에 칼슘을 강화하기 위한 방법이 보고되었으나 이온화칼슘을 이용한 칼슘이 강화된 닭고기 생산기술은 보고된 것이 거의 없다[9-10].

수용성 이온화칼슘(CaO, Calcium oxide, ionized calcium)의 제조[11-12] 및 항균활성[13-14], 채소의 염소 살균소독 대체 효과[15] 및 식품의 저장기간을 연장하는 효과가 보고되었다[16]. 그러나 이온화칼슘을 이용한 냉침 처리가 계육표면 미생물의 교차오염 방지를 통한 생닭의 신선도 유지 및 칼슘이 강화된 닭고기 생산과 관련한 보고는 알려진 것이 거의 없다. 저자 등은 이전의 보고에서 이온화칼슘이 *Escherichia coli*의 성장을 억제함과 동시에 도계과정 중 이온화칼슘 용액을 이용하여 탕침을 실시하였을 때 생닭 도체표면과 탕침수 내 미생물의 교차 오염도를 낮춘다는 새로운 사실을 확인하였다[17]. 식품산업 분야에서 이온화칼슘을 이용한 다양한 효능이 보고되었으나 도계 시 냉침과정에서 미생물의 교차오염 방지 및 닭고기 내 칼슘 축적율은 보고되지 않았음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 목적

은 도계과정에서 냉침 중 이온화칼슘을 처리했을 때 미생물의 교차오염 방지를 통한 생닭의 신선도 유지 및 닭고기 속으로 칼슘 축적을 조사를 통한 칼슘 강화 닭고기 생산에 관한 기초자료를 얻는데 있다.

## 2. 실험

### 2.1. 실험재료

본 연구에 사용된 닭고기는 춘천시 도계장에서 당일 도계 후 4°C 냉장고에서 3시간 경과한 생닭을 얼음이 채워진 아이스박스에 넣고 연구실로 이송하여 실험에 이용하였다.

### 2.2. 생닭의 저장성 실험 전처리

생닭의 신선도 유지에 관한 이온화칼슘의 처리 효과를 조사하기 위하여 대조구(이온화칼슘 0%)와 처리구(이온화칼슘 0.5, 0.7, 0.9%)로 구분하였다. 이온화 칼슘의 농도 설정에 관한 예비실험 결과 1.0% 이상은 용해도가 떨어졌기 때문에 본 연구의 최대 농도를 0.9%로 설정하였으며 (주)지투지는 이온화칼슘의 활용도를 높여서 신제품 개발을 추진하고자 용해도를 높이는 연구를 계속 진행하고 있다. 이온화칼슘은 (주)지투지로부터 공급받았다. 이온화칼슘 0, 0.5, 0.7, 0.9% 용액은 일반음수 8,000 mL에 이온화칼슘을 각각 0, 40, 56, 72 g을 용해하여 제조 후 4°C 저온실에 유지하면서 실험하였다. 처리과정 중 냉침 횟수에 따라서 줄어드는 냉침수의 양을 동일한 이온화칼슘 용액으로 다시 채워주면서 8,000 mL 용량의 냉침수를 일정하게 유지하였다. 도계과정에서 1차적으로 탕침을 거치고 냉침 단계에 접어든 생닭 계육 표면에 존재하는 미생물의 교차오염을 유지하기 위하여 총 60마리의 생닭을 이용하여 1차 냉침을 하였다. 처리구 당 20마리씩 나누어 마리 당 3분씩 20회 연속적으로 냉침을 실시하였다. 1회부터 9회까지의 냉침 후 생닭을 다시 반복적으로 10회 연속하여 냉침을 실시하였다. 10회 이상 냉침을 실시한 생닭 20마리를 이용하여 각각 50분 동안 2차 냉침을 실시하였다. 냉침 후 생닭을 상업용 지퍼백에 포장하여 4°C 저온실에서 0, 5, 7, 9일 동안 저장하면서 저장일수에 따른 생닭의 신선도 유지와 관련한 품질평가를 진행하였다. 저장기간은 실제로 시중 마트에서 판매

되는 저온 진열장의 생닭에 관한 저장일수를 기준으로 설정하였다.

## 2.2. 계육 표면의 세균수

냉침 생닭에 대한 계육 표면의 미생물 교차오염도를 측정하기 위하여 등, 다리, 가슴 표면에 멸균된 알루미늄 포일 틀(10 cm<sup>2</sup>)을 부착하였다. 포일 틀이 부착된 부위에 멸균 증류수 1 mL를 흡착시킨 멸균 면봉을 사용하여 상하, 좌우로 각각 3회씩 시료를 채취하였다. 면봉시료를 멸균 증류수 9 mL 튜브에 넣어서 10<sup>4</sup>까지 단계별로 희석을 실시하였다. 희석액 1 mL를 aerobic count plate petrifilm (RAC, Rapid Aerobic Count plate, 3M Co, St Paul, Mn, USA)에 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였으며 생닭 계육 표면의 균락수(CFU/cm<sup>2</sup>)를 계수하였다.

## 2.3. 계육 표면의 pH

대기온도에서 pH 4.0과 7.00 완충액으로 보정한 유리전극이 부착된 휴대용 pH meter (Crison 507, Crison, Milan, Italy)를 이용해서 유리전극을 생닭고기의 다리껍질이 제거된 살코기 좌, 우측 안쪽에 직접 접촉하여 각각 측정한 다음 평균값으로 제시하였다.

## 2.4. 보수력

보수력(WHC, water holding capacity) 측정을 위해 생닭의 다리껍질이 제거된 살코기 10 g을 70°C의 항온수조에서 30분간 유지하였다. 4°C에서 48시간 동안 보존한 다음 1,000 rpm에서 20분간 원심분리에 의해서 육즙 손실량을 측정하였다. 이와 동시에 수분 함량을 측정해서 보수력(%)을 (수분 함량-육즙 손실량)/수분 함량×100으로 계산하였다[18].

## 2.5. 지방산패도(TBARS)

지방산패도(TBARS, thiobarbituric acid reactive substances)를 측정하기 위해 처리구 당 생닭의 다리껍질이 제거된 살코기 10 g을 polypropylene plastic bag에 넣고 70°C water bath에서 10분 동안 가열해서 지질산화물을 일으켰다. 그 다음, oxygen-permeable polyethylene zip-lock bag에 넣어 저온실에서 저장하면서 지질 산화생성물, TBARS를 측정하였다. 즉, 닭 다리살 0.5 g과 증류수 15 mL를 혼합하여 homogenizer (Tissue grinder, 1102-1, Japan)로

13,500 rpm에서 5분간 균질화하였다. 균질액 1 mL와 butylated hydroxyanisole 50 μL, 60°C에서 용해한 thiobarbituric acid 1.3% (wt/vol)를 함유하는 50%의 trichloroacetic acid 혼합용액 (TBA/TCA) 2 mL를 가하여 혼합하였다. 발색을 위하여 혼합물을 60°C 항온수조에서 1시간 동안 가온한 다음, 실온까지 냉각시켜서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상등액을 얻었다. 상등액을 spectrophotometer (Shimadzu, UV mini-1240, Japan)에서 532 nm의 흡광도를 측정한 다음, 증류수 1 mL와 TBA/TCA 혼합 용액 2 mL를 함유하는 맹검의 측정치와 비교하고, 그 차이 값에 상용계수 5.88을 곱해서 TBARS 양을 MDA (malondialdehyde) mg/kg으로 표시하였다. MDA 형성을 위해 수용액에서 스스로 분해되는 tetrathoxypropane (Sigma, St. Louis, MO)을 표물질로 사용하였다[18].

## 2.6. 지방산 조성

생닭의 다리껍질이 제거된 살코기를 가정용 믹서기로 분쇄하여 10 g을 혼합 유기용매 (chloroform : methanol, 2 : 1) 200 mL와 0.88% KCl 6 mL를 가한 후 homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKL-Laborstechnik, Germany)를 이용하여 3분간 균질화하였다. 균질물을 4°C로 조절된 automatic refrigerated centrifuge (RC-3, Sorvall Co., USA) 3,000 ppm에서 30분간 원심분리 후 지질층을 1차로 분리하였으며 이 과정을 3회 반복해서 지질이 용해되어있는 클로로포름 층을 분리하였다. 회전식 진공농축기(Rotary evaporator N-100, Eyela., Japan)를 이용하여 질소 가스를 서서히 유입하면서 45°C에서 농축하여 지질을 얻었다. 농축된 지질 분획 중 50 mg을 검화용 반응용기에 넣고 새롭게 제조한 0.5N methanolic NaOH (2 g NaOH/ 100 mL methanol)를 1 mL 첨가하여 15분간 가열해서 검화한 후 흐르는 물로써 냉각하였다. 냉각 후 14% BF<sub>3</sub>-methanol 2 mL를 가하여 메칠화 후 다시 15분간 가열하였다. 실온까지 충분히 냉각시킨 다음 1 mL의 heptane과 2 mL의 NaCl 포화용액을 가하여 1분간 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치하였다. 상등액 1 μL를 취하여 flame-ionization detector가 부착된 Gas chromatographic system (model GC-15A, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)에 주입하여 지방산을 분석하였다. omegawax 250 capillary

column (30 m X 0.25 mm i.d., 0.25  $\mu$ m film thickness, Supelco, Bellefonte, PA)을 사용하였다. 분석기기의 조건은 injector temp. 240°C, detector temp. 250°C, oven temp. 160°C, carrier gas로써 helium (4.7 mL/min)을 이용하였으며 split ratio는 1:20이었다. 표준용액으로는 미국 Supelco사 제품(37 component FAME mix, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO)을 이용하였으며 내부 표준물질로써 nonadecanoic acid (19:0)를 사용하였다[19].

## 2.7. 닭고기 칼슘

총 20마리의 생닭을 이용하여 4개의 처리구, 처리구 당 5마리씩 반복하여 냉침을 실시한 후 다리껍질이 제거된 살코기의 칼슘 함량을 측정하였다. 이온화칼슘 처리구 수준은 대조구(이온화칼슘 0%)와 3개의 처리구(0.5, 0.7, 0.9%) 등으로 구분하였으며, 이온화칼슘 0, 40, 56, 72 g을 각각 물 8,000 mL에 용해하여 제조하였다. 처리구 당 4°C로 유지되는 냉침수 8,000 mL를 이용하여 50분씩 저온실에서 냉침을 실시하였다. 다리살의 칼슘 함량은 ICP-OES (Perkinelmer Optima 7300 DV, USA)의 메뉴얼에 따라서 정량하였다. 전처리 과정은 식품공전에 제시된 마이크로웨이브 방법 (식품의약품안전처 고시 제 2014-174호, 2014. 10. 21)으로 진행하였다.

## 2.8. 육색

닭고기의 육색은 Chroma meter (CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 생닭의 다리껍질이 제거된 살코기에서 굳어진 표면 근육을 제거한 다음에 4°C에서 1시간 동안 발색을 시켜서 각각의 시료에 대하여 3반복으로 측정하였다. While tile ( $L^*=92.30$ ,  $a^*=0.32$ ,  $b^*=0.33$ )을 표준으로서 사용하였으며 Hunter 값 ( $L^*$ =명도,  $a^*$ =색도,  $b^*$ =황색도)으로 육색을 나타냈다[18].

## 2.9. 전단력

생닭의 가슴살 60 g을 사각형으로 잘라서 쿠키 호일을 이용하여 포장한 후 80°C로 유지되는 water bath에서 1시간 동안 배양하였다. 가열 후 시료를 근섬유 방향으로 0.5인치 크기로써 자른 후 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter, USA)를 이용하여 측정하였다[20]

## 2.10. 통계처리

이온화칼슘을 이용한 생닭의 냉침 처리 및 계육의 저장일수에 따른 신선도 유지와 관련하여 얻어진 품질평가 자료에 대한 통계처리는 SPSS /Windows 21.0 (statistical package for the social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 처리구의 평가 항목별로 분석된 평균값에 대하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 던칸의 다중검정법으로 95% 신뢰수준에서 통계적인 유의차를 검증하였다( $p<0.05$ ).

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 계육 표면의 세균수

이온화칼슘이 첨가된 용액으로 냉침 후 저온 저장하였을 때 계육 표면의 세균수 변화는 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

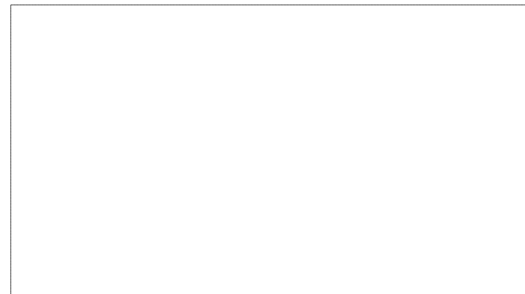


Fig. 1. Changes of total bacterial counts in surface of chicken meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium. Bars represent standard error of mean values ( $n=5$ ). <sup>a,b,c</sup>differ between control and treatment groups ( $p<0.05$ ). <sup>X,Y,Z</sup>differ among storage days ( $p<0.05$ ).

계육 표면의 세균수(CFU/cm<sup>2</sup>)는 이온화칼슘 처리구가 대조구와 비교할 때 낮았고 저장일수가 지남에 따라 모든 처리구에서 증가하였으며 각 처리구 사이의 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 대조구는 0일 3.22에서 5, 7, 9일로 저장일수가 지남에 따라 각각 3.61, 4.81, 5.61로 증가하였다( $p<0.05$ ).

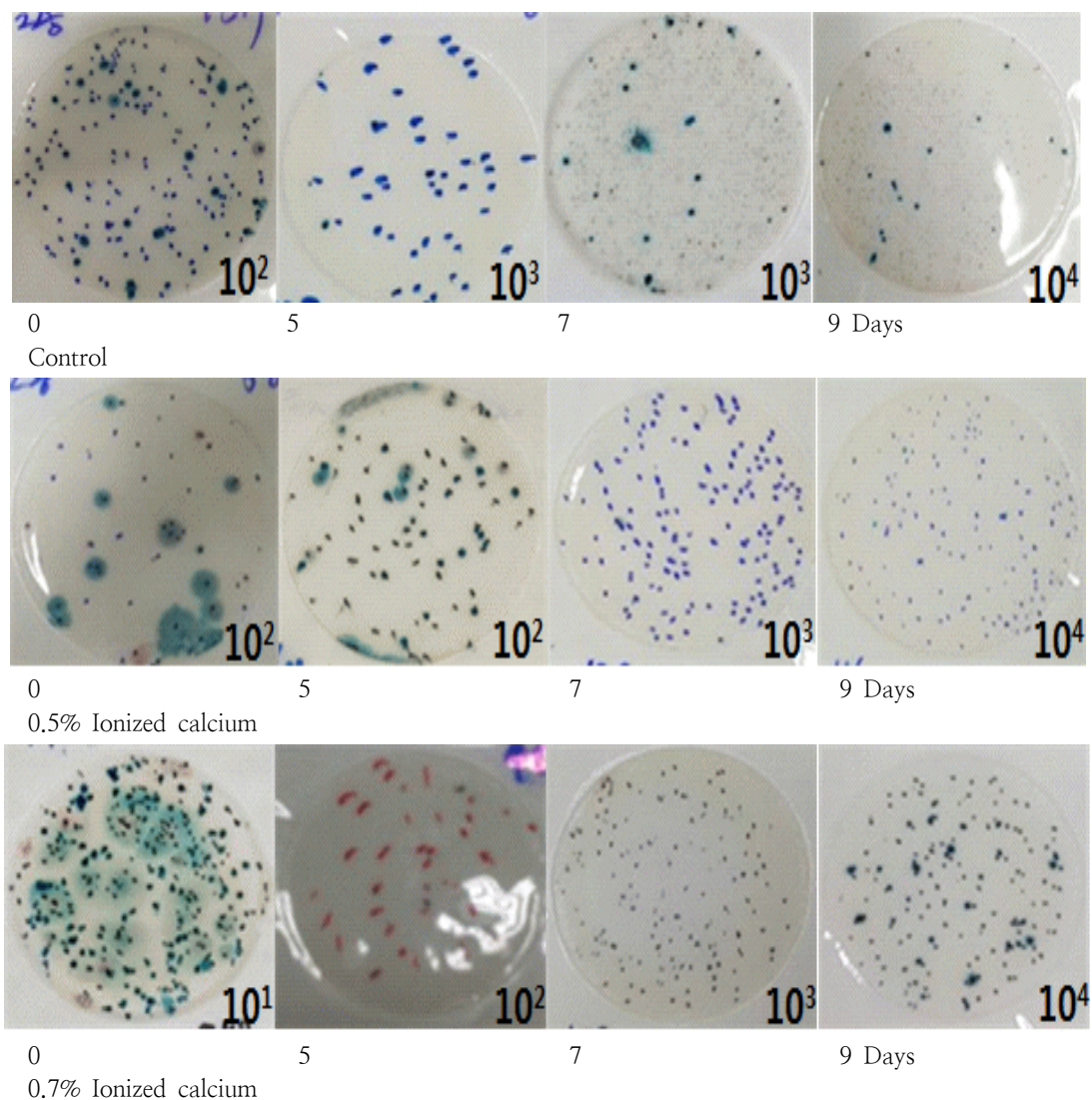


Fig. 2. Pictures of total bacterial counts in surface of chicken meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium.

이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일 2.74에서 5, 7, 9 일에 각각 2.71, 4.19, 5.11로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.7, 0.9% 처리구에서 0일에 각각 2.41, 2.37로써 약간의 차이가 있었음을 제외하면 0.7, 0.9% 처리구가 비슷하게 5, 7, 9일에 각각 2.61, 4.17, 5.17로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 처리구 사이의 저장일수별 계육 표면의 세균수는 각처리구 사이의 차이가 없었다. 이온화칼슘 처리구의 세균수가 대조구에 비하여 낮았던 점은 이온화칼슘 처리구 닭고기의

pH가 대조구에 비하여 낮았기 때문일 것으로 볼 수 있다. pH는 세균의 증식에 영향을 미치는 중요한 요인으로써 pH가 높을수록 유해 세균의 증식속도가 빠르게 증가하는 것으로 알려졌다. 식육의 저장기간 동안 유해세균이 단백질을 분해하여 암모니아를 생성함으로써 닭고기 가슴육의 pH를 상승시켰다는 보고는 본 결과를 지지해준다[21]. 결과의 새로운 발견은 도계과정에서 이온화칼슘 0.5%를 포함하는 용액을 이용하여 50분 동안 냉침 처리를 실시해줌으로써 계육 표면의 세균수

(CFU/cm<sup>2</sup>)를 10<sup>5</sup> 이하로 유지함과 동시에 닭고기의 신선도 및 저장성을 연장할 수 있다는 사실이었다.

### 3.2. 계육 표면의 pH

이온화칼슘의 서로 다른 농도별 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 계육 표면의 pH 변화는 Fig. 3과 같다. 계육 표면의 pH는 이온화칼슘 처리구가 대조구와 비교할 때 낮았으며 저장일수가 길어짐에 따라서 계육 표면의 pH는 5일까지 모두 증가하였다( $p < 0.05$ ). 모든 처리구에서 계육 표면의 pH는 5일 이후에는 더 이상 증가하지 않는 안정점(plateau)에 도달하였다. 대조구에서 측정된 계육 표면의 pH는 0일자 6.6에서 5, 7, 9일자 각각 7.2로써 5일자 이후 더 이상 증가하지 않는 안정점에 도달하였다. 이온화칼슘 처리구 사이의 계육 표면의 pH는 0, 5, 7, 9일자에서 처리구 사이의 차이가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 6.4에서 5일자 6.7로 증가하였으나 7, 9일자에서 6.9로써 동일하였다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.7% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 6.4, 6.8, 6.9, 7.0으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.9% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 6.4, 6.6, 6.8, 6.8로 증가하였으나( $p < 0.05$ ) 7일과 9일자 사이의 차이는 나타나지 않았다. 식육의 pH 변화는

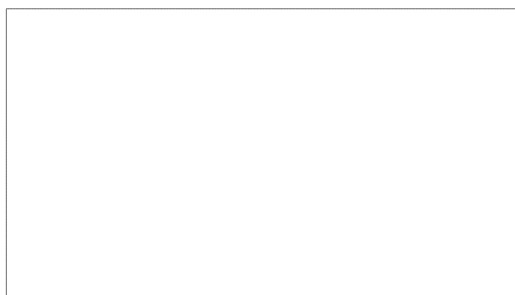


Fig. 3. Changes of pH in chicken thigh meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium. Bars represent standard error of mean values (n=5). <sup>a,b</sup>differ between control and treatment groups ( $p < 0.05$ ). <sup>x,y,z</sup>differ among storage days ( $p < 0.05$ ).

신선도, 보수력, 육색 및 조직감 등의 닭고기 품질변화에 영향을 미치는 것으로 보고되었다[22]. 식육의 저장일수가 지남에 따라서 pH는 증가하는 것으로 알려져 있으며[23] 본 연구결과는 이와 비슷하게 나타났다. 저장 기간이 지남에 따라서 pH가 증가하는 이유는 히스타민, 히스티딘 등의 유도체인 imidazol group이 노출되고 숙성 중에 단백질의 완충물질 변화, 전해질 해리 감소 및 암모니아 생성에 의한 것으로 알려져 있다[24]. 결과는 도계과정에서 이온화칼슘을 이용한 냉침 처리가 닭고기의 pH를 6.4로써 낮게 유지하여 균을 억제해주기 때문에 저장일수를 늘릴 수 있음을 보여준다.

### 3.3. 보수력

서로 다른 농도별 이온화칼슘 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 닭고기 보수력은 Fig. 4와 같다. 닭고기 보수력은 이온화칼슘 처리구와 대조구 사이의 차이가 없었으며 저장일수가 길어짐에 따라서 보수력은 모든 처리구가 감소하였다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 처리구 사이의 보수력은 저장일수가 길어짐에 따라서 차이가 나타나지 않았다. 대조구의 보수력은 0일자 62.86에서 5, 7, 9일자 각각 62.13, 58.35, 56.64로써 9.9%까지 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 63.01에서 5, 7, 9일자 62.88, 62.28, 60.95로써 3.22% 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.7% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 62.85, 62.33, 61.48, 60.72%로써 3.39% 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 0.9% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 62.95, 62.51, 60.83, 60.27로써 4.26% 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 고기 근육 내 수분은 굵고 가는 근섬유 사이의 모세관 압력에 의해 myofibril 내 존재하게 된다[25]. 보수력은 신선한 식육의 품질에 영향을 주는 중요한 요인 중의 하나이다. 보수력이 높으면 식육의 가공 시 제품의 수분량을 증가시키고 조직감을 높이기 때문에 이온화칼슘을 이용한 용액의 냉침처리는 닭고기의 품질을 증가시키는 것으로 판단된다. 결과는 도계과정에서 이온화칼슘을 이용하여 냉침 처리를 실시해줌으로써 닭고기의 보수력을 50 이상으로 유지하고 닭고기의 신선도를 유지할 수 있다는 점을 나타낸다.

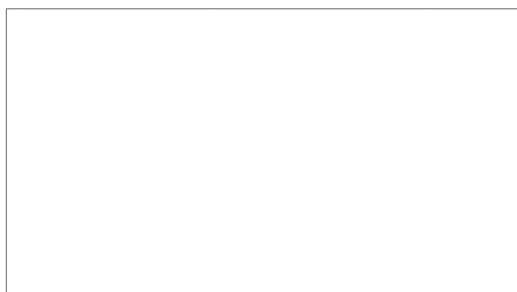


Fig. 4. Changes of water holding capacity (WHC) in chicken thigh meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium. Bars represent standard error of mean values (n=5). <sup>a,b</sup>differ between control and treatment groups (p<0.05). <sup>x,y,z</sup>differ among storage days (p<0.05).

### 3.4. 지방산패도

이온화칼슘 농도가 서로 다른 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 지방산패도(TBARS)는 Fig. 5와 같다. 닭고기 TBARS는 이온화칼슘 처리구가 대조구와 비교할 때 낮았으며 저장일수가 길어짐에 따라서 TBARS는 모두 증가하였다(p<0.05). 저장일수가 길어짐에 따라서 닭 다리살의 TBARS는 모두 증가하였으나 이온화칼슘 처리구가 대조구에 비해서 낮게 나타났다(p<0.05). 대조구의 TBARS는 0일자 0.13에서 5, 7, 9일자 각각 0.66, 0.90, 0.93으로써 7.15배 증가하였다(p<0.05). 이온화칼슘 처리구 사이의 TBARS는 저장일수가 길어짐에 따라서 농도 의존적으로 낮아졌다(p<0.05). 이온화칼슘 처리구 사이의 닭고기의 TBARS는 0, 5, 7, 9일자 모두에서 이온화칼슘 0.9% 처리구가 가장 낮았다(p<0.05). 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 0.10에서 5, 7, 9일자 0.27, 0.60, 0.69로써 6.9배 증가하였다(p<0.05). 이온화칼슘 0.7% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 0.10, 0.14, 0.53, 0.57로써 10배 증가하였다(p<0.05). 이온화칼슘 0.9% 처리구는 저장일수가 0, 5, 7, 9일로 길어짐에 따라서 각각 0.08, 0.13, 0.23, 0.27로써 3.38배 낮아졌다(p<0.05). TBARS는 지질산화에 의해서 malondialdehyde와 thiobabaturic acid가 결합하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정할 값으로 지질산화가 진행될수록 증가한다[26]. 그러나 본 연구와 관련된 보고는 알

려진 것이 거의 없다. 결과의 새로운 발견은 도계과정에서 이온화칼슘 용액을 이용한 냉침 후 닭고기의 TBARS(MDA mg/kg)를 0.10 이하로 유지하여 닭고기의 지방산화를 낮춰줌으로써 저장성을 연장할 수 있다는 사실이었다.

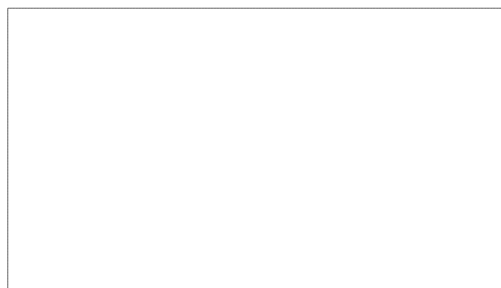


Fig. 5. Changes of TBARS in chicken thigh meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium. Bars represent standard error of mean values (n=5). <sup>a,b,c,d</sup>differ between control and treatment groups (p<0.05). <sup>x,y,z</sup>differ among storage days (p<0.05).

### 3.5. 지방산 조성

서로 다른 농도별 이온화칼슘 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 지방산 조성 변화는 Table 1과 같다. 닭 다리살의 불포화지방산 함량은 이온화 칼슘 처리구가 대조구와 비교할 때 높았으나 포화지방산은 낮았으며, 저장일수가 길어짐에 따라서 불포화지방산은 모두 감소하였으며 그 반대로 포화지방산은 높아졌다(p<0.05). 저장일수가 길어짐에 따라서 닭 다리살의 불포화지방산은 모두 감소하였고 포화지방산은 증가하였으나 그 변화율은 이온화칼슘 처리구가 대조구에 비해서 낮은 것으로 나타났다(p<0.05). 불포화지방산은 대조구의 0일자 65.35%에서 5일자 62.12%로써 4.95% 감소하였다(p<0.05). 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 65.44%에서 5일자 63.93%로써 2.30% 감소하였다(p<0.05). 특히, 올레인산은 대조구의 0일자 38.95%에서 5일자 37.82%로써 2.90% 감소하였으나(p<0.05) 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 39.46%에서 5일자 39.46%로써 변화가 나타나지 않았다. 팔미토레인산은 대조구의 0일자 8.11%에서 5일자 7.87%로써 2.96% 감소하였으나 이와

Table 1. Fatty acid composition of chicken thigh according to storage days after cooling water by 0.5% ionized calcium solution

Fatty acids	(% of total fatty acid)				SEM
	Control		0.5% Ionized calcium		
	0	5	0	5 Days	
C8:0	1.19 <sup>b</sup> ±0.06	1.66 <sup>a</sup> ±0.07	0.50 <sup>d</sup> ±0.01	0.84 <sup>c</sup> ±0.03	0.023
C10:0	0.00	1.15 <sup>a</sup> ±0.01	0.00	0.60 <sup>b</sup> ±0.02	0.002
C12:0	0.25 <sup>b</sup> ±0.01	0.68 <sup>a</sup> ±0.02	0.16 <sup>c</sup> ±0.01	0.41 <sup>d</sup> ±0.17	0.021
C14:0	1.40 <sup>a</sup> ±0.05	1.17 <sup>b</sup> ±0.02	1.19 <sup>b</sup> ±0.04	1.20 <sup>b</sup> ±0.05	0.045
C16:0	23.42 <sup>a</sup> ±0.97	23.06 <sup>a</sup> ±0.77	22.11 <sup>b</sup> ±0.58	23.87 <sup>a</sup> ±0.80	0.881
C16:1n-9	8.11 <sup>b</sup> ±0.42	7.87 <sup>c</sup> ±0.36	5.25 <sup>d</sup> ±0.20	9.97 <sup>a</sup> ±0.48	0.315
C18:0	7.86 <sup>d</sup> ±0.26	9.34 <sup>b</sup> ±0.32	10.15 <sup>a</sup> ±0.45	8.62 <sup>c</sup> ±0.38	0.338
C18:1n-9	38.95 <sup>a</sup> ±1.71	37.82 <sup>b</sup> ±1.44	39.46 <sup>a</sup> ±1.77	39.04 <sup>a</sup> ±1.89	1.676
C18:2n-6	17.22 <sup>b</sup> ±0.68	15.60 <sup>c</sup> ±0.61	19.64 <sup>a</sup> ±0.84	14.03 <sup>d</sup> ±0.63	0.684
C18:3n-3	1.15 <sup>a</sup> ±0.03	0.71 <sup>c</sup> ±0.02	0.99 <sup>b</sup> ±0.04	0.71 <sup>c</sup> ±0.02	0.238
C20:0	0.09 <sup>b</sup> ±0.001	0.40 <sup>c</sup> ±0.03	0.13 <sup>a</sup> ±0.01	0.11 <sup>a</sup> ±0.01	0.003
C22:0	0.04 <sup>a</sup> ±0.001	0.03 <sup>b</sup> ±0.001	0.04 <sup>a</sup> ±0.001	0.05 <sup>a</sup> ±0.001	0.001
C22:1	0.06 <sup>c</sup> ±0.001	0.11 <sup>a</sup> ±0.001	0.09 <sup>ab</sup> ±0.001	0.17 <sup>a</sup> ±0.02	0.001
C24:0	0.27 <sup>b</sup> ±0.07	0.40 <sup>a</sup> ±0.14	0.27 <sup>b</sup> ±0.08	0.39 <sup>a</sup> ±0.02	0.016
Total	100	100	100	100	-
UFA	65.35 <sup>a</sup> ±2.87	62.12 <sup>c</sup> ±2.33	65.44 <sup>a</sup> ±2.67	63.93 <sup>b</sup> ±1.92	2.795
SFA	34.65 <sup>c</sup> ±1.50	37.88 <sup>a</sup> ±1.22	34.56 <sup>c</sup> ±0.98	36.07 <sup>b</sup> ±1.62	1.368
UFA/SFA	1.89 <sup>a</sup> ±0.02	1.64 <sup>b</sup> ±0.01	1.89 <sup>a</sup> ±0.02	1.77 <sup>b</sup> ±0.01	0.067

UFA: unsaturated fatty acids, SFA: saturated fatty acids.

<sup>a,b,c,d</sup>Means with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05, n=3).

반대로 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 5.25%에서 5일자 9.97%로써 4.72% 증가하였다(p<0.05). 리놀레산은 대조구의 0일자 17.22%에서 5일자 15.60%로써 9.41% 감소하였으며 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 19.64%에서 5일자 14.03%로써 28.56% 감소하였다(p<0.05). 리놀렌산은 대조구의 0일자 1.15%에서 5일자 0.71%로써 38.26% 감소하였으며 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 0.99%에서 5일자 0.71%로써 28.28% 감소하였다(p<0.05). 포화지방산은 대조구의 0일자 34.65%에서 5일자 37.88%로써 1.09배 증가하였다(p<0.05). 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 34.65%에서 5일자 36.07%로써 1.04배 증가하였다(p<0.05). 특히, 스테아린산은 대조구의 0일자 7.86%에서 5일자 9.34%로써 2.90% 증가하였으나 이와 반대로 이온화칼슘 0.5% 처

리구는 0일자 10.15%에서 5일자 8.62%로써 감소하였다(p<0.05). 팔미틴산은 대조구의 0일자 23.42%에서 5일자 23.06%로써 차이가 없었으나 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 22.11%에서 5일자 23.87%로써 1.07배 증가하였다(p<0.05). 본 연구에서 시료 보관상 부주의로 인하여 0.7%, 0.9% 시료가 손상되었기에 대조군과 0.5% 처리구 밖에 데이터가 없음을 밝힌다. 결과는 도계과정에서 이온화칼슘을 이용한 냉침 처리가 닭고기의 불포화지방산이 포화지방산으로 산화되는 속도를 낮춰줌으로써 닭고기의 저장일수 연장 가능성을 시사해준다.

### 3.6. 생닭의 칼슘

서로 다른 이온화칼슘의 농도별 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 생닭에서 조사한 닭고기의



칼슘 함량은 Table 2와 같다. 칼슘 함량은 다리살이 가슴살에 비해서 146.4 ppm (1.70배) 높았으며 이온화칼슘을 처리한 생닭의 칼슘은 대조구와 비교할 때 농도 의존적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 다리살의 칼슘은 대조구 생닭에서 41.25 ppm으로 나타났으나 이온화칼슘 0.5, 0.7, 0.9% 냉침처리 후 각각 346.7, 375.6, 366.5 ppm으로 9.11배 증가하였다( $p < 0.05$ ). 가슴살의 칼슘은 대조구 생닭에서 16.60 ppm으로 나타났으나 이온화칼슘 0.5, 0.7, 0.9% 냉침처리 후 각각 28.7, 155.5, 220.1 ppm으로 13.26배 증가하였다( $p < 0.05$ ). 다리살과 가슴살 모두에서 이온화칼슘 처리구 사이의 통계적인 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 이온화칼슘 처리구 사이의 가슴살의 칼슘 함량은 0.9, 0.7, 0.5%, 그리고 다리살의 칼슘 함량은 0.9와 0.7%, 0.5% 순서로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 결과의 새로운 발견은 도계과정에서 이온화칼슘 0.5% 이상을 포함하는 4°C 냉침수를 이용하여

냉침을 실시하게 되면 칼슘 함량이 일반 생닭에 비하여 9배 이상 강화된 고칼슘 생닭을 생산할 수 있다는 사실이었다.

### 3.7 육색

이온화칼슘의 농도가 서로 다른 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 생닭의 다리살에서 조사한 육색은 Table 3과 같다. 닭고기의 육색은 소비자의 기호도와 저장 기간을 결정하며 명도( $L^*$ , lightness), 적색도( $a^*$ , redness) 및 황색도( $b^*$ , yellowness)로 나타낸다. 육색( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )은 이온화칼슘 용액을 이용한 처리구가 대조구와 비교할 때 높아지는 경향을 보였으나 차이는 없었다. 명도는 대조구에서 0일자 59.07로 나타났고 5, 7 일로써 저장일수가 지남에 따라서 57.58로 감소하였으나 유의차는 없었다. 이온화칼슘 0.5% 처리구는 0일자 60.62에서 5, 7일차에서 각각 60.80, 59.87로써 감소하는 경향을 나

Table 2. Changes of calcium content in chicken thigh meat according to cooling water treatment using ionized calcium (mg/kg)

	Ionized calcium, %				SEM
	0	0.5	0.7	0.9	
Breast meat	16.62 <sup>a</sup> ±0.56	28.74 <sup>c</sup> ±1.16	155.5 <sup>b</sup> ±8.07	220.1 <sup>a</sup> ±8.36	4.287
Thigh meat	41.55 <sup>c</sup> ±1.89	346.7 <sup>b</sup> ±17.35	376.5 <sup>a</sup> ±15.83	366.5 <sup>a</sup> ±16.55	11.12

<sup>a,b,c</sup>Means with different superscripts within a row differ significantly ( $p < 0.05$ ,  $n=3$ ).

Table 3. Effect of ionized calcium on meat quality(CIE) of chicken thigh meat according to storage days after water cooling

Days	CIE	Ionized calcium				SEM
		0%	0.5%	0.7%	0.9%	
0	$L^*$	58.07±5.62	60.62±5.13	60.59±6.07	61.04±7.07	5.049
	$a^*$	3.01±0.38	3.15±0.78	3.02±0.81	3.08±0.76	0.252
	$b^*$	8.47±2.48	8.60±3.01	8.36±2.15	8.37±2.08	0.860
5	$L^*$	57.94±6.59	60.80±7.87	61.03±8.45	60.77±8.72	4.734
	$a^*$	2.66±0.36	2.70±0.34	2.53±0.45	2.38±0.29	0.248
	$b^*$	8.01±1.55	8.22±2.05	8.07±1.76	8.30±2.18	0.732
7	$L^*$	57.58±7.07	59.87±7.45	59.64±7.51	60.08±6.97	4.576
	$a^*$	2.43±0.38	2.50±0.33	2.38±0.29	2.25±0.30	0.312
	$b^*$	7.87±1.06	7.87±1.18	7.70±0.93	7.81±0.86	0.727

( $n=3$ ).

타냈으나 유의차는 없었다. 이온화칼슘 0.7% 처리구는 0일자 60.59에서 5, 7일자에서 각각 61.03, 59.64로써 감소하는 경향을 나타냈으나 유의차는 없었다. 이온화칼슘 0.9% 처리구는 0일자 61.04에서 5, 7일자에서 각각 60.77, 60.08로써 감소하는 경향을 나타냈으나 유의차는 없었다. 이온화칼슘 처리구 사이의 다리살의 육색( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )은 서로 간에 차이가 없었다. 본 실험 결과, 이온화칼슘 용액을 이용하여 냉침처리를 하면 myoglobin 내의 ferrous ion이 ferric ion으로 산화되어 식육이 갈색으로 변색되는 것을 억제시켜서 지방산화를 억제하는 것으로 볼 수 있다[27]. myoglobin은 육색소 내의 산소 유무에 의해 크게 영향을 받으며 고기의 조직 내 효소활동, 온도, 유해세균 및 pH 변화에 의해 영향을 받는다. 닭고기의  $L^*$ 값은 총색소량, myoglobin, 이온 농도와 마이너스 상관관계를 나타낼 수 있다[23]. 본 연구에서 닭고기의 육색에서 명확한 차이는 볼 수 없었다. 결과는 도계과정에서 이온화칼슘을 이용한 냉침 처리가 닭고기의 육색을 일정하게 유지해줌으로써 닭고기의 신선도 유지에 기여할 것으로 생각된다.

### 3.8. 전단력

서로 다른 농도별 이온화칼슘 용액을 이용하여 냉침을 실시한 후 4°C 저장일수에 따른 생닭의 다리살에서 조사한 전단력은 Fig. 6과 같다. 전단력은 이온화칼슘 용액을 이용한 처리구와 대조구 사이의 유의차가 없었다. 전단력은 모든 처리구에서 저장일수가 지남에 따라서 감소하였으나 유의차는 인정되지 않았다. 전단력(kg/0.5 inch<sup>2</sup>)은 대조구에서 0일자 1.67로 나타났으며 5, 7, 9일로써 저장일수가 지남에 따라서 1.48로 감소하였으나 유의차는 나타나지 않았다. 이온화 칼슘 처리구는 0일자 1.70에서 1.68 범위로 나타났으며 5, 7, 9일자로 저장일수가 지남에 따라서 1.50까지 감소하였으나 유의차는 인정되지 않았다. 이온화칼슘 처리구 사이의 다리살에서 측정된 전단력은 서로 간에 유의차가 없었다. 전단력은 근육의 연도와 밀접한 관계가 있으며[28], 결과는 도계과정에서 이온화칼슘을 이용한 냉침 처리가 생닭고기의 전단력을 1.70 kg/0.5 inch<sup>2</sup> 이하로 유지해 주며 닭고기의 신선도 유지에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

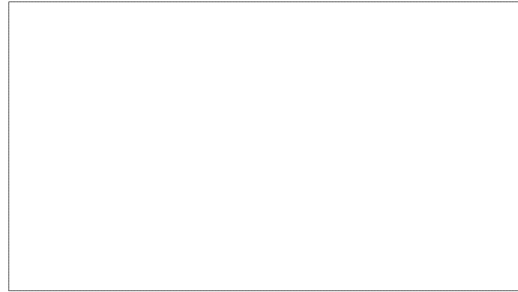


Fig. 6. Changes of shear force in chicken thigh meat according to storage days after cooling water treatment using ionized calcium. Bars represent standard error of mean values (n=5). <sup>X,Y</sup>differ among storage days (p<0.05).

## 4. 결론

본 연구는 도계과정에서 냉침 중 이온화칼슘의 처리가 생닭의 신선도 유지 및 칼슘 강화에 미치는 효과를 조사하였다. 대조구(이온화칼슘 0%)와 처리구(이온화칼슘 0.5, 0.7, 0.9%)로 구분하였다. 본 결과, 이온화칼슘 포함하는 용액을 이용하여 냉침 처리를 실시해줌으로써 계육 표면의 세균수(CFU/cm<sup>2</sup>)를 10<sup>5</sup> 이하로 유지함과 동시에 닭고기의 신선도 및 저장성을 7일 이상으로 연장할 수 있다는 새로운 사실을 발견하였다. 일반 생닭에 비하여 9배 이상 강화된 고칼슘 생닭을 생산할 수 있다는 점도 발견하였다. 일반 생닭과 비교할 때 닭고기의 pH 6.4, 보수력 50 이상, TBARS (MDA mg/kg) 0.10 이하 유지 및 불포화지방산의 산화를 방지할 수 있었다. 닭고기의 육색은 명도( $L^*$ ) 60 이상 그리고 전단력은 1.70 kg/0.5 inch<sup>2</sup> 이하로 유지되었다.

## 감사의 글

본 연구는 중소기업산학협력센터 2015년 산학협력 기술개발사업(일반첫걸음)사업(C0329015)의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다. 실험에 도움을 준 대학원생 심준보, 곽동용, 유승태 학생에게 깊은 감사를 드립니다.

## References

1. H.S. Chae, C.N. Ahn, and S.H. Joo, Effect of water uptake rate of chicken on lipid oxidation, color of meat, and microbes of chicken during storage, *Korean J. Poul. Sci*, 35, 247–253 (2008).
2. H.S. Yang, J.Y. Jeong, Y.H. Choi, S.T. Joo, and G.B. Park, Effect of different packaging methods on the quality and storage characteristics of domestic broiler breast meat during cold storage, *Korean J. Poul. Sci*, 36, 69–75 (2009).
3. H.S. Chae, J.C. Na, H.C. Choi, M.J. Kim, H.T. Bang, H.K. Kang, D.W. Kim, O.S. Suh, J.S. Ham, and A. Jang, Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on quality of chicken breast, *Korean J. Food Sci. Ani. Resour*, 31, 100–106 (2011).
4. Y.H. Hong, M.K. Kim, and K.B. Song, Effects of aqueous chlorinedioxide treatment on microbial safety and quality of aamgae chicken, *Korean J. Food Preserv*, 15, 769–773 (2008).
5. A. Patsias, I. Chlouliara, A. Badeka, I.N. Savvaiddis, and M.G. Kontominas, Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes, *Food Microbiol*, 23, 423–429 (2006).
6. E. González-Fandos, and J.L. Dominguez, J.L., Effect of potassium sorbate washing on the growth of *Listeria monocytogenes* on fresh poultry, *Food Control*, 18: 842–846 (2007).
7. Rand, J.L., R. Hofmann, M.Z.B. Alam, C. Chauret, R. Cantwell, R.C. Andrews, and G.A. Gagnon, A field study evaluation for mitigating biofouling with chlorine dioxide or chlorine integrated with UV disinfection, *Water Res*, 41: 1939–1948 (2007).
8. E. Caceras, M.L. Garcia, J. Toro, and M.D. Selgas, Designing of a new cooked meat sausage enriched with calcium, *Meat Science*, 73, 368–377 (2006).
9. B.M.I. Tang, G.D. Eslick C. Nowson, C. Smith, and A. Bensoussan, Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis, *Lancet*, 70, 657–666 (2007).
10. P. Aggarwal, S.S. Ahlawat, and D.P. Sharma, Development of calcium enriched chicken meat rolls, *Indian J. Poul. Sci*, 44, 233–237 (2009).
11. J. Sawai, H. Miyoshi, H. Kojima, Sporocidal kinetics of *Bacillus subtilis* spores by heated scallop shell powder, *J. Food Prot*, 66, 1482–1485 (2003).
12. N.S. Kang, Y.J. Choi, Y.S. Park, E.S. Sohn, S.K. Pyo, S.C. Kang, H.A. Eum, and E.H. Sohn, Development of ionic calcium as food additives: Market and technology trends analysis, *Biomat. Res*, 12, 141–147 (2008).
13. J. Sawai, M. Satoh, S.H. Horikawa, and H. Kojima, Heated scallop –shell powder slurry treatment of shredded cabbage, *J. Food Prot*, 64, 1579–1583 (2001).
14. J. Sawai, Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay, *J. Microbiol. Methods*, 54, 177–182 (2003).
15. J.G. Kim, H. Nimitkeatkai, J.W. Choi, and S.G. Lee, The Effects of calcinated calcium solution washing and heat treatment on the storage quality and microbial growth of fresh-cut broccoli, *J. Bio-Environ. Control*, 21, 411–418 (2012).
16. S.Y. Kim, Y.M. Choi, D.O. Noh, S.Y. Cho, and Y.J. Suh, The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf life of tofu, *Food Chem*, 103, 155–160 (2007).
17. J.B. Sim, D.Y. Kwak, D.H. Choi, S.T. Ryu, B.S. Park, and J.Y. Jin, Effects of

- ionized calcium on microorganism cross-contamination in slaughter process of chickens, *J. of the Korean Oil Chemists' Soc*, In press (2016).
18. B.S. Park, Effect of feeding diet containing cordyceps with fly pupa on blood lipid, fatty acid and TBARS in broiler chickens, *J. of the Korean Oil Chemists' Soc*, 28, 273-283 (2011).
  19. S.O. Park, and B.S. Park, Effect of feeding inulin oligosaccharides on cecum bacteria, egg quality and egg production in laying hens, *African J. Biotech*, 11, 9516-9521 (2012).
  20. H.S. Chae, C.N. Ahn, Y.M. Yoo, J.S. Ham, S.G. Jeong, J.M. Lee, and Y.I. Cho, Effect of different stunning time on meat quality of broiler, *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*, 47, 1017-1024 (2005).
  21. D.S. Kim, Y.R. Song, T.S. Seo, A. Jang, S.K. Lee, and J.I. Pak, The effects of Doenjang (Korean traditional fermented soy bean paste) powder on the quality and shelf-life of chicken sausages during storage, *Korean J. Poult. Sci*, 40, 315-325 (2013).
  22. W.O. Miller, R.L. Saffle, and S.S. Zirkle, Factors which influence the water holding capacity of various types of meat. *J Food Technol*, 22, 1139-1144 (1986).
  23. A. Jang, J.S. Ham, D.W. Kim, H.S. Chae, D.W. Kim, S.H. Kim, K.H. Seo, M.H. Oh, and D.H. Kim, Effect of quercetin and methoxylated quercetin on chicken thigh meat quality during cold storage, *Korean J. Poult. Sci*, 38, 265-273 (2011).
  24. D.I. Deymer, and P. Vandekerckhove, Compounds determining pH in dry sausage, *Meat Sci*, 3, 161-167 (1979).
  25. E. Huff-Lonergan, and S.M. Lonergan, Mechanisms of water holding capacity of meat: The role of post-mortem biochemical and structural changes, *Meat Sci*, 71, 194-204 (2005).
  26. H.K. Kang, S.H. Kim, J.H. Kim, G.H. Kang, D.J. Yu, J.C. Na, D.W. Kim, O.S. Seo, G.H. Kim, and B.S. Park, Effects of dietary fish oil, vitamin E and C supplementation on DHA deposition and shelf-life in broiler chickens, *Korean J. Poult. Sci*, 34, 259-269 (2007).
  27. S.H. Kim, Y.K. Park, Y.S. Jang, J.G. Han, and H.G. Chung, Oxidative stress in the cell and antioxidant activity of *Kalopanax pictus* extracts, *Mokchae Konghak*, 35, 126-134 (2007).
  28. K. Takahashi, T. Fukazawa, and T. Yasui, Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken pectoral muscle, *J. Food Sci*, 32, 409-413 (1967).