

## 인산염 조합에 따른 Transglutaminase를 첨가한 저염 돈육 목심 세절육의 물성 증진 효과

김형상 · 진구복\*

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학연구소

### Evaluation of Textural Properties of Low-salt Pork Shoulder Comminuted Meats with Transglutaminase under Phosphate Combinations

Hyeong Sang Kim and Koo Bok Chin\*

Department of Animal Science and Biotechnology Research Institute, Chonnam National University,  
Gwangju 500-757, Korea

#### Abstract

This study was performed to evaluate functional and textural properties of low-salt pork meat products treated with transglutaminase (TG) using sodium polyphosphate (STPP) and sodium pyrophosphate (SPP). In experiment 1, lightness and yellowness decreased ( $p>0.05$ ), but moisture content and cooking yield (%) increased with increased salt level ( $p<0.05$ ). Based on these results, at least 1.0% salt was required to manufacture comminuted pork meat without quality defects. The effect of STPP and SPP with TG in low-salt (1%) pork comminuted shoulder meat products was evaluated in experiment 2. pH values increased with the addition of phosphate ( $p<0.05$ ), with pH values in treatments containing TG and PP alone or in combination being higher than those with STPP alone ( $p<0.05$ ). Cooking yield of treatments with TG and phosphates was higher than those without phosphates, but lower than CTL (1.5% salt and 0.4% STPP;  $p<0.05$ ). Springiness of pork comminuted meat containing SPP was higher than those of CTL ( $p<0.05$ ). These results indicate that low-salt meat products can be produced by the combination of TG and phosphate either alone or in combination to maintain cooking yield and textural properties.

**Key words:** transglutaminase, sodium polyphosphate, sodium pyrophosphate, low-salt pork comminuted meat

#### 서 론

식염은 식품을 장기 저장하기 위해 많이 사용되어 왔으며 그 역사가 매우 깊다. 육제품에 있어 식염은 방부제의 기능이 있고 단백질의 보수력을 조절하며 염용성 단백질을 추출하는 중요한 기능을 한다. 추출된 염용성 단백질은 가열을 통해 서로 결합하고, 지방의 유화와 보수력에 기여하여 가열감량을 감소시키고 조직감을 향상시키는 역할을 한다(Acton, 1972). 뿐만 아니라 육제품의 향미와 소비자의 선호도를 향상시키는 역할을 하기 때문에 육제품 제조에 있어서 필수 첨가물로 인식되어왔다(Sofos, 1983a; 1983b). 육제품에서 식염 처리에 따른 보수력과 단백질 용

해성의 변화는 특히 중요하며 경제적 가치에 큰 영향을 미친다(Kenney and Hunt, 1990).

식품을 통한 과도한 식염섭취는 고혈압 및 심장혈관 질환의 위험을 증가시키기 때문에 조절해야 하며 보다 적은 양의 섭취가 권장된다(Chobanian and Hill, 2000). 따라서 건강 지향성의 식품을 선호하는 요즘 추세에 맞춰 육제품 제조에 있어서 식염을 저감화해야 할 필요성이 있다. 하지만 육제품에 식염의 첨가량을 감소시킬 경우 보수력이 감소되고 가열수율이 감소되며 조직감이 떨어지는 여러 문제점을 안고 있다(Girard *et al.*, 1990). 따라서, 이런 문제점을 보완하기 위해서는 식염감소에 따른 조직감의 저하를 대체할 수 있는 연구가 요구된다.

인산염은 육제품에 첨가되어 제품의 pH를 높여주고, 가열수율과 보수력을 증진시키는데 중요한 역할을 한다(Kim and Kim, 1990). 하지만 과량의 인산염이 첨가될 경우 비누 맛이 나고 체내 칼슘, 마그네슘, 철의 불균형을 초래하

\*Corresponding author: Koo B. Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea, Tel: 82-62-530-2121, Fax: 82-62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

고 뼈 관련 질병의 위험을 높이는 단점이 있다(Dhingra *et al.*, 2007). 따라서 육제품에 첨가되는 인산염의 농도는 미국에서 최종 제품의 0.5%를 초과하지 않도록 제한하고 있다. 이러한 저염 육제품의 기능성을 보완할 수 있는 첨가물로 transglutaminase(TG)가 있는데, TG는 육제품에 첨가되어 육단백질의 glutamine잔기와 lysine잔기의 공유결합을 촉매하여 단백질의 교차결합을 형성케 하므로(Babiker, 2000), 육제품의 조직감을 향상시키기 위해 TG의 특성을 이용하고 있다(Imm *et al.*, 2000).

따라서 본 연구는 식염농도별로 돈육 목심 세절육의 이화학적 성상과 조직감을 평가하였고, 저염 조건에서 2종류의 인산염(sodium tripolyphosphate, STPP, Sodium pyrophosphate, SPP)을 단독 혹은 혼합하여 TG와 함께 첨가함으로써 저염 육제품에서 조직적인 결합을 보완할 수 있는지를 평가하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

삼호축산 현대유통에서 도축 후 하루가 지난 A등급 3원교잡(Landrace×Large Yorkshire×Duroc) 거세돈 목심 부위를 구입하여 외부지방과 결체조직을 제거한 후 0.6 mm plate의 만육기(M-12s, 한국 후지공업사, 부산, 대한민국)를 이용하여 2번 분쇄하였고 실험 전까지 동결 저장하였다.

### 실험 디자인

저염 돈육 목심 세절육의 물성을 증진시키기 위해 두 가지의 실험이 수행되었다. 실험 1에서는 목심 세절육의 식염농도별(0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%) 이화학적 성상과 조직감을 평가하여 식염첨가에 따른 품질변화를 실시하였고, 실험 2에서는 저염 조건하에서 목심 세절육의 물성을 증진시키기 위해 sodium tripolyphosphate(STPP), sodium pyrophosphate(SPP) 그리고 TG(Activa TI, Aginomoto Food Ingredients, Chicago, IL., USA)를 이용하였다. 실험 2에서 SPP가 첨가된 T3, T4, T5에 MgCl<sub>2</sub>를 첨가한 이유는 Mg 이온의 존재 하에서 pyrophosphate가 actomyosin 복합체를 해리시키는 역할을 하기 때문이며(Martonosi *et al.*, 1960), 이를 통해 SPP의 조직감 증진 효과에 상승제로 작용하게 하기 위함이다. 실험 1과 2의 제조 배합비는 Table 1과 같다.

### 모델 소시지 제조

모델 소시지의 제조는 Lee와 Chin(2009)의 방법을 이용하였다. 동결 저장된 원료육을 해동한 후 실험에 사용하였으며, 고기에 첨가물을 혼합한 염지액을 균질기(Ace Homogenizer, AM-3, Nissei, Tokyo, Japan)를 이용하여 15,000 rpm에서 2분 간 균질화하였다. 원료육에 배합비에 따라 첨가물들을 혼합한 후 균질한 고기 혼합물을 원심분

**Table 1. The formulation of comminuted pork shoulder meat at various salt levels and of low-salt comminuted pork meats manufactured with TG, and various combinations of phosphates**

Experiment 1	Salt level					
	0%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	
Experiment 2	Treatments <sup>1)</sup>					
	CTL	T1	T2	T3	T4	T5
Salt (%)	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
STPP (%)	0.4	0.0	0.4	0.27	0.13	0.0
SPP (%)	0.0	0.0	0.0	0.13	0.27	0.4
MgCl <sub>2</sub> (%)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
TG-I (%) <sup>2)</sup>	0	1	1	1	1	1
Cure blend (%) <sup>3)</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
SE (%) <sup>4)</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

<sup>1)</sup>Treatments: CTL= tube sausage (TS) containing 1.5% salt and 0.4% sodium tripolyphosphate (STPP); T1= TS containing 1.0% salt and 1.0% Transglutaminase (TG); T2= TS containing 1.0% salt, 0.4% STPP and 1.0% TG; T3= TS containing 1.0% salt, 0.27% STPP, 0.13% sodium pyrophosphate (SPP) and 1.0% TG; T4= TS containing 1.0% salt, 0.13% STPP, 0.27% SPP and 1.0% TG; T5= TS containing 1.0% salt, 0.4% SPP and 1.0% TG.

<sup>2)</sup>TG-I: Consists of 99% maltodextrin and 1% TG.

<sup>3)</sup>Cure blend: Containing 93.75% NaCl and 6.25% NaNO<sub>2</sub>.

<sup>4)</sup>SE: Sodium erythorbate.

리 튜브에 25 g씩 넣고 기공을 제거하기 위해 원심분리기(J2-21, Beckman, USA)를 이용하여 3000 rpm에서 1분간 각 튜브를 원심분리 하였다. 각 튜브들은 항온수조(VS-1901W, Vision Scientific Co. Ltd., Korea) 내에서 외부온도가 20°C일 때부터 가열하여 내부온도가 72°C가 될 때까지 가열을 실시하였으며, 온도 측정은 디지털 온도계(Fluke 52II, Fluke Co., USA)를 이용하였다. 가열이 완료된 튜브들은 얼음을 이용하여 15분간 급속 냉각시킨 후, 수율 측정 전까지 2시간 동안 4°C 냉장보관하였다.

### pH 및 일반성분

가열 후의 샘플을 식품혼합기로 균질화한 후 샘플 10 g을 증류수 90 mL와 희석한 다음, pH-meter(Mettler-Toledo, 340, Schwarzenbach, Switzerland)를 이용하여 pH를 측정하였다. 일반성분은 AOAC(1995) 방법을 이용하여, 수분함량은 샘플을 102°C에서 16시간 건조하여 시료의 건조 전 후의 무게차이를 계산하여 산출하였고, 지방함량은 Soxhlet 추출법을 이용하여 시료의 지방성분을 추출하기 위해 diethyl-ether를 사용하여 60°C에서 5시간 동안 추출하였고, 추출 전 후 시료의 무게 차이를 이용하여 조지방함량(%)을 구하였다.

### 육색검사

육색검사는 Minolta Color Reader(CR-10, Minolta Co.,

Ltd., Japan)를 이용하여 hunter value를 측정하였다. Color reader기를 흰색표준평판에 3회 측정하여 표준화시킨 다음 (흰색 표준 평판 값: L=92.1, a=1.00, b=-0.27), 가열 후 샘플의 내부 절단면을 5회 측정하여 Hunter L(lightness, 명도), a(redness, 적색도), b(yellowness, 황색도)의 평균값을 각각 구하였다.

### 가열수율

가열수율은 가열 전 무게에 대한 가열 후의 무게의 % 함량으로 산출하여 구하였다.

$$\text{가열수율(Cooking yield, \%)} \\ = \frac{\text{가열후의 시료의 무게}}{\text{가열전의 시료의 무게}} \times 100$$

### 유리수분

Jauregui 등(1981)의 방법을 변형하여 시료 1.5 g을 Whatman #3 여과지로 3번 짰 후, 원심분리기(Ha-1000-3, Hanil Industrial Co., Korea)를 이용하여 3000 rpm에서 15 분간 원심분리시킨 후, 유리된 수분의 양(expressible moisture, EM, %)을 측정하였다.

### 조직감 검사

가열처리된 샘플의 조직감을 측정하기 위해 시료를 높이 1.3 cm, 직경 1.25 cm로 균일하게 자른 후 Instron Universal Testing Machine(Model 3344, Canton, MA, USA)을 이용하여 조직감을 측정하였다. Bourne(1978)의 방법에 따라 두 번 물림 측정으로 각각 샘플의 경도(hardness, gf), 탄력성(springiness, cm), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)을 측정하고 평균값을 구하였다. 압착 시험을 위해 500 N load cell에 probe를 장착하고 300 mm/min의 crosshead speed로 시료의 75% 높이 만큼 압착하였다.

### 통계처리(Statistical analysis)

반복 실험 결과에 대한 통계처리는 SPSS 14.0(2006) program을 이용하였고 일원배치법을 이용하여 분산분석

(one-way analysis of variance, ANOVA)을 실시하였다. 분산분석 결과 0.05% 수준( $p < 0.05$ )에서 유의차가 발견되었을 때 Duncan's 다중검정법에 의하여 평균 간의 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 실험 1: 식염농도에 따른 돈육 목심 세절육의 이화학적 및 조직성상 평가

#### pH 및 일반성분

식염농도를 달리하여 제조한 목심 세절육의 이화학적 성상을 평가한 실험 1의 pH 및 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 식염농도에 따른 pH는 유의적으로 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 수분함량은 식염 0-0.5% 처리구 그리고 1.0-2.0% 처리구 간에는 유의적 차이를 보이지 않았으나( $p > 0.05$ ), 식염 함량 1.0% 이상부터 수분 함량이 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 반면에 지방함량은 식염농도가 높아질수록 유의적으로 낮아지는 경향이 있었다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 식염농도가 높아짐에 따라 상대적으로 지방의 함량이 감소한 것으로 사료된다(Moore *et al.*, 1976).

#### 육색검사

식염농도에 따른 육색검사 결과는 Table 2와 같다. 명도는 식염농도가 높아지면 유의적으로 낮아졌고( $p < 0.05$ ), 식염 1.0-2.0% 처리구 간에는 유의적 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 또한 적색도는 차이가 없었고 황색도의 경우 식염농도가 높아지면 낮아지는 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). Dimitrakopoulou 등(2005)은 식염 농도를 달리하여 목심 재구성육의 품질을 평가하였는데, 식염농도가 증가함에 따라 명도와 황색도가 감소하고 적색도는 증가하는 경향을 보여 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과는 식염농도가 증가함에 따라 metmyoglobin의 생성이 증가하여 육색의 변화가 이루어진 것으로 판단된다(Trout, 1990).

Table 2. pH, chemical composition and Hunter color values of comminuted pork shoulder meat with various salt levels

Parameters	Salt level (%)				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
pH	6.05±0.20 <sup>a</sup>	6.02±0.14 <sup>a</sup>	6.01±0.13 <sup>a</sup>	6.00±0.13 <sup>a</sup>	5.99±0.12 <sup>a</sup>
Moisture (%)	71.3±1.50 <sup>b</sup>	71.9±1.25 <sup>b</sup>	74.2±0.33 <sup>a</sup>	75.1±0.31 <sup>a</sup>	75.0±0.32 <sup>a</sup>
Fat (%)	5.87±0.57 <sup>a</sup>	5.41±0.72 <sup>ab</sup>	4.92±0.74 <sup>bc</sup>	4.23±0.52 <sup>c</sup>	4.03±0.36 <sup>c</sup>
Hunter L* <sup>1)</sup>	77.3±1.35 <sup>a</sup>	75.4±1.75 <sup>b</sup>	73.3±0.49 <sup>c</sup>	72.7±0.87 <sup>c</sup>	72.3±0.48 <sup>c</sup>
a*	7.38±1.05 <sup>a</sup>	7.98±1.22 <sup>a</sup>	8.16±1.61 <sup>a</sup>	7.70±1.85 <sup>a</sup>	6.78±0.56 <sup>a</sup>
b*	9.45±0.50 <sup>a</sup>	8.99±0.65 <sup>ab</sup>	8.71±0.17 <sup>bc</sup>	8.28±0.35 <sup>bc</sup>	8.05±0.47 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Hunter color: L\*=lightness, a\*=redness, b\*=yellowness.

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are different ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. Cooking yield, expressible moisture and textural characteristics of comminuted pork shoulder manufactured with various salt levels**

Parameters	Salt level (%)				
	0	0.5	1.0	1.5	2.0
CY (%)	65.1±2.67 <sup>d</sup>	70.6±3.38 <sup>c</sup>	80.8±1.87 <sup>b</sup>	85.3±1.28 <sup>a</sup>	87.9±1.25 <sup>a</sup>
EM (%)	31.5±1.31 <sup>a</sup>	31.0±2.01 <sup>a</sup>	34.4±1.63 <sup>a</sup>	33.3±1.95 <sup>a</sup>	31.2±3.93 <sup>a</sup>
Hardness (gf)	3524±778 <sup>a</sup>	3509±958 <sup>a</sup>	3056±910 <sup>a</sup>	2759±568 <sup>a</sup>	3203±943 <sup>a</sup>
Springiness (cm)	0.26±0.07 <sup>a</sup>	0.28±0.09 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>	0.21±0.06 <sup>a</sup>	0.21±0.05 <sup>a</sup>
Gumminess	32.9±9.15 <sup>a</sup>	34.0±12.6 <sup>a</sup>	31.0±12.0 <sup>a</sup>	23.0±4.76 <sup>a</sup>	29.3±10.8 <sup>a</sup>
Chewiness	7.75±0.70 <sup>a</sup>	8.81±3.19 <sup>a</sup>	6.92±1.76 <sup>a</sup>	4.56±0.65 <sup>a</sup>	5.70±2.54 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.009±0.001 <sup>a</sup>	0.009±0.001 <sup>a</sup>	0.010±0.001 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>a</sup>	0.009±0.001 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in the same row are different ( $p < 0.05$ ).

### 가열수율

식염농도에 따른 가열수율의 결과는 Table 3과 같다. 식염농도가 증가할수록 가열수율은 유의적으로 증가하였고 ( $p < 0.05$ ), 식염 1.5와 2.0% 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ ). 이는 식염함량의 증가함에 따라 결합력이 증가되어 수율의 증진이 이루어진 것으로 사료된다 (Moore *et al.*, 1976). Kim 등(2003)은 정상육과 DFD(dark, firm, dry)육에 식염 농도를 달리하여 돈육 batter의 이화학적 특성에 미치는 영향을 평가하였는데, 소금의 농도가 높아짐에 따라 가열감량이 낮아진다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였으며, 또한 수분첨가 비율과 소금 농도가 돈육 homogenate의 물성학적 특성과 열 안정성에 미치는 영향을 평가한 Kim 과 Kim(1990)도 식염함량이 높아짐에 따라 낮은 가열감량을 나타내었다고 보고하였다.

### 유리수분

유리수분의 결과는 Table 3과 같다. 모든 처리구가 유의적으로 차이가 없으므로 저지방 조건에서 식염 농도 변화에 따른 보수력의 차이가 없음을 알 수 있었다 ( $p > 0.05$ ). 이와 관련하여 Young 등(1987)은 식염 농도를 0, 1.5, 3.0%로 각기 달리하여 계육 패티의 특성을 조사하였는데, 식염 1.5, 3.0% 처리구는 대조구(0%)보다 유의적으로 낮게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 일반적으로 식육의 보수력은 pH와 상관관계가 있는데, pH가 등전점에 가까울수록 양전하의 수와 음전하의 수가 같아져 서로 끌어당기게 되어 물을 함유할 수 있는 단백질 분자 사이의 공간을 축소시켜 보수력이 감소하게 된다 (Aberle *et al.*, 2001). 따라서 본 실험에서는 식염첨가 수준에 따라 pH의 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문에 ( $p > 0.05$ ) 유리수분에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

### 조직감 검사

식염함량에 따른 조직감 검사의 결과는 Table 3과 같다. 모든 항목에서 조직감은 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 이는 식염함량이 높을수록 조직감에 차이를 보

인다는 이전연구(Huffman *et al.*, 1981)와 상반되는데, 본 연구에서 사용한 Homogenizer는 2 cm의 칼날이 8개가 장착된 것으로 일반 소시지 제조공정에 사용되는 가공공정과 차이가 있는 것으로 식염첨가에 의한 처리구간의 차이가 미미하게 나타났다. Kim 등(2003)은 이와 관련하여 식염농도가 상승함에 따라 돈육 등심의 정상육과 DFD육의 식염농도에 따른 batter의 경도가 증가하였으며, 일반적으로 식염의 첨가비율이 일정 수준까지 높아질수록 염용성 단백질의 용해도가 높아지고, 이에 따라 주위의 지방입자와 육입자의 결합이 용이하다고 보고하였다. 반면 소규모의 제조공정시 사용되는 Homogenizer 칼날의 수와 크기가 가공공정에 영향을 미치며 본 연구에서는 이와 같이 세절방법에 따른 차이가 나타났다.

### 실험2: Transglutaminase(TG)를 첨가하고 인산염의 농도와 종류를 달리하여 제조한 목심 세절육의 이화학적 및 기능적 특성 평가

#### pH 및 일반성분

Transglutaminase(TG)를 첨가하고 인산염의 농도와 종류를 달리하여 제조한 목심 세절육의 이화학적 성상을 평가한 실험2의 pH 및 일반성분 분석에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. pH는 인산염을 첨가한 모든 처리구가 인산염을 첨가하지 않은 처리구보다 유의적으로 높은 결과를 나타냈다 ( $p < 0.05$ ). 식염함량을 1.0%로 낮추고 TG 1.0%와 sodium tripolyphosphate(STPP)를 0.4% 첨가한 처리구(T2)는 식염 1.5% 조건에 STPP 0.4%를 첨가한 대조구와 차이가 없었으며, 식염함량을 1.0%로 낮추고 Sodium pyrophosphate(SPP)만 첨가하거나(T5) STPP와 조합한 처리구들(T3, T4)이 대조구보다 높게 나타나 식염함량을 낮추었음에도 SPP 첨가를 통한 pH 상승효과가 STPP보다 더욱 뛰어난 결과를 나타냈다. 이와 관련하여 Trout와 Schmidt(1984)는 인산염 종류와 농도 그리고 식염 농도를 달리하여 재구성 beef roll의 특성을 평가하였는데 tetrasodium pyrophosphate를 첨가한 처리구가 STPP 처리구보다

**Table 4. pH, chemical composition and Hunter color values of reduced-salt (1%) comminuted pork shoulder with various combinations of phosphate in combined with TG**

Parameters	Treatments <sup>1)</sup>					
	CTL	T1	T2	T3	T4	T5
pH	6.33±0.02 <sup>b</sup>	6.03±0.03 <sup>c</sup>	6.33±0.02 <sup>b</sup>	6.40 ±0.05 <sup>a</sup>	6.44±0.03 <sup>a</sup>	6.41±0.02 <sup>a</sup>
Moisture (%)	79.2±0.65 <sup>a</sup>	74.2±1.36 <sup>c</sup>	77.4±0.90 <sup>b</sup>	77.6±0.83 <sup>ab</sup>	78.1±0.64 <sup>ab</sup>	77.1±0.79 <sup>b</sup>
Fat (%)	2.41±0.32 <sup>a</sup>	4.36±0.77 <sup>a</sup>	3.48±0.51 <sup>b</sup>	2.91±0.53 <sup>bc</sup>	2.84±0.29 <sup>bc</sup>	3.32±0.27 <sup>bc</sup>
Hunter L* <sup>1)</sup>	71.8±1.41 <sup>a</sup>	71.9±0.29 <sup>a</sup>	71.2±1.41 <sup>a</sup>	70.5±0.85 <sup>a</sup>	70.9±2.03 <sup>a</sup>	71.5±2.02 <sup>a</sup>
a*	12.7±2.86 <sup>a</sup>	15.5±0.05 <sup>a</sup>	15.3±0.52 <sup>a</sup>	15.2±0.19 <sup>a</sup>	15.3±0.41 <sup>a</sup>	15.1±0.34 <sup>a</sup>
b*	5.43±1.31 <sup>a</sup>	5.27±0.02 <sup>a</sup>	4.69±0.34 <sup>a</sup>	4.61±0.32 <sup>a</sup>	4.85±0.14 <sup>a</sup>	4.83±0.15 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Treatments: As shown in Table 1.

<sup>2)</sup>Hunter color: L\*=lightness, a\*=redness, b\*=yellowness.

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are different ( $p<0.05$ ).

높은 pH를 나타내었다는 보고와 본 실험의 결과는 유사하였다. 수분함량은 인산염 무첨가구(T1)가 74.2%의 값을 나타내 유의적으로 가장 낮았으며( $p<0.05$ ), STPP 혹은 SPP만 단독으로 첨가한 처리구들(T2, T5)은 대조구보다 유의적으로 낮은 결과를 나타냈고( $p<0.05$ ), 이 두가지 인산염을 조합한 처리구들(T3, T4)은 대조구와 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 지방함량은 2.41-4.36%의 범위를 나타냈으며 대조구가 2.41%로 모든 처리구 중 가장 낮은 지방 함량을 보였고( $p<0.05$ ) 인산염 무첨가구(T1)가 4.36%로 가장 높았다. 나머지 처리구 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ).

#### 육색검사

TG와 인산염을 달리한 처리구들의 육색검사 결과, 모든 처리구가 대조구와 유의적으로 차이가 없었다( $p>0.05$ ). Fernández-López 등(2004)은 식염농도와 인산염 농도를 달리하여 돈육 목심의 육색을 평가한 결과, 식염과 인산염 농도가 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육표면에 수분 방출이 덜 이루어져 명도가 감소한다고 보고하였고, 적색도 역시 육색소인 미오글로빈의 방출을 억제하여 높은 적색도 값을 가졌다고 보고하였다. 본 실험에서는 모든 처

리가 동일한 보수력 값을 나타냈기 때문에 수분의 표면 방출과 육색소의 방출을 동일하게 억제하여 육색의 변화가 처리구별로 나타나지 않은 것으로 판단된다. 특히, 육색검사의 결과에서 소비자의 기호도와 관련 있는 적색도의 경우 대조구와 차이가 없음을 나타내 식염함량을 줄였음에도 일반적인 식염농도의 시제품과 외관상 비슷한 기호도를 가질 수 있을 것으로 사료된다.

#### 가열수율

TG와 인산염을 달리하여 제조한 목심 세절육의 가열수율은 68.5-93.7%의 값을 나타냈다(Table 5). 식염 1.5%와 STPP 0.4%를 첨가한 대조구가 93.7%로 유의적으로 가장 높았으며( $p<0.05$ ), 식염함량을 줄이고 TG 1.0%와 인산염을 단독 또는 혼합 첨가한 처리구는 85.9-87.7%의 범위를 나타내 대조구 보다는 유의적으로 낮았으나( $p<0.05$ ), 68.5%의 수율을 나타낸 인산염 무첨가구(T1) 보다는 유의적으로 높은 결과를 나타냈는데( $p<0.05$ ), 이는 저염 조건에서 인산염의 첨가로 인해 가열수율이 향상되었지만(Pepper and Schmidt, 1975), 첨가된 TG의 영향으로 육단백질간의 교차결합을 촉진시킴에 따라 수분을 함유할 수 있는 공간을 축소시켜 수분의 방출이 이루어진 것으로 사료된다.

**Table 5. Cooking yield, expressible moisture and textural characteristics of reduced-salt (1%) comminuted pork shoulder manufactured with various combinations of phosphate in combined with TG**

Parameters	Treatments <sup>1)</sup>					
	CTL	T1	T2	T3	T4	T5
CY (%)	93.7±2.30 <sup>a</sup>	68.5±1.52 <sup>c</sup>	85.9±2.51 <sup>b</sup>	86.2±1.95 <sup>b</sup>	86.8±1.07 <sup>b</sup>	87.7±4.01 <sup>b</sup>
EM (%)	25.0±7.87 <sup>a</sup>	39.0±3.01 <sup>a</sup>	34.2±3.67 <sup>a</sup>	27.8±6.94 <sup>a</sup>	30.5±8.87 <sup>a</sup>	34.6±4.52 <sup>a</sup>
Hardness (gf)	2816±262 <sup>a</sup>	2752±149 <sup>a</sup>	3269±63.7 <sup>a</sup>	4332±1155 <sup>a</sup>	4325±760 <sup>a</sup>	3242±264 <sup>a</sup>
Springiness (cm)	0.40±0.03 <sup>bc</sup>	0.34±0.00 <sup>c</sup>	0.38±0.03 <sup>bc</sup>	0.43±0.03 <sup>ab</sup>	0.46±0.06 <sup>ab</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>
Gumminess	22.5±3.64 <sup>a</sup>	23.5±3.39 <sup>a</sup>	27.1± 0.75 <sup>a</sup>	37.0±7.29 <sup>a</sup>	37.7±11.0 <sup>a</sup>	25.3±1.66 <sup>a</sup>
Chewiness	9.56±1.38 <sup>a</sup>	7.59±1.06 <sup>a</sup>	10.2±1.48 <sup>a</sup>	15.7±1.66 <sup>a</sup>	17.1±6.35 <sup>a</sup>	12.5±0.71 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.008±0.001 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>a</sup>	0.009±0.001 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Treatments: See as shown in Table 1.

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are different ( $p<0.05$ ).

### 유리수분

TG 첨가 및 인산염 종류와 조합을 달리하여 처리한 결과 모든 처리구가 유의적으로 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ) (Table 5). 일반적으로 단백질의 등전점에서는 정전기적 반발력의 감소로 인하여 수분을 함유할 수 있는 공간의 형성이 어려워지고 그에 따라 삼출물이 많아지게 되는 반면 등전점에서 멀어질수록 단백질끼리 그물 구조를 형성하게 되어 보수력을 향상시키게 된다(Ju and Kilara, 1998). 따라서 본 실험에서는 처리구들이 식육단백질의 등전점보다 높은 6.03에서 6.44의 범위의 pH값을 나타냈기 때문에 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다.

### 조직감 검사

TG 를 첨가한 돈육 저염 목심 세절육의 다양한 인산염 조합에 따른 조직감 검사의 결과를 Table 5에 나타내었다. 탄력성을 제외한 모든 항목은 유의적인 차이를 보이지 않았다( $p>0.05$ ). 탄력성은 0.34-0.50의 범위를 나타냈고, 대조구가 0.40을 나타내었으며, 인산염 무첨가구(T1)와 STPP 단독 또는 혼합된 처리구들(T2-T4)이 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았으며( $p>0.05$ ), SPP가 단일로 첨가된 처리구(T5)가 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내어 SPP가 육제품의 탄력성 상승에 큰 효과가 있었던 것으로 판단된다. 이와 관련하여 Min과 Green(2008)은 저염에 인산염을 첨가하지 않은 catfish를 이용한 육제품의 기능성을 증진시키기 위하여 TG와 비육류 단백질을 이용하였는데, SPP첨가와 식염함량 증가에 따른 조직감 증진효과는 나타나지 않았으나 TG 첨가에 의한 조직감 증진의 효과를 보였다고 보고하였다. 본 실험에서는 비록 통계적인 유의차는 없었으나 TG와 인산염을 첨가한 처리구들이 비교적 높은 수치를 나타냈으며 이는 TG가 이용할 수 있는 기질인 카제인염 단백질과 같은 비육류 단백질 첨가를 통해 조직감을 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

### 요 약

본 연구는 돈육 목심 세절육에서 식염함량의 저하에 따른 기능성 및 조직감을 분석하였고, 저염 육제품의 transglutaminase(TG)와 두 종류의 인산염(sodium polyphosphate, STPP; sodium pyrophosphate, SPP)을 첨가하여 저염 돈육 제품의 물성을 증진시키기 위해 수행되었다. 식염함량에 따른 목심 균질육의 특성을 평가한 실험 1에서는 식염함량이 증가함에 따라 지방 함량, 명도 그리고 황색도는 감소한( $p<0.05$ ), 반면, 수분 함량과 가열수율은 증가하였다( $p<0.05$ ). 실험 1의 결과에 따라 1.0% 식염함량을 저염조건으로 저염 돈육 목심 세절육에서 TG와 두 종류의 인산염(STPP, SPP)의 단일 혹은 복합첨가 효과를 조사하였다(실험2). 실험 2에서는 인산염을 첨가함에 따라 pH가 유

의적으로 상승하였으며( $p<0.05$ ), 특히 SPP가 단일 또는 STPP와 혼합하여 첨가된 처리구는 STPP를 단일 첨가한 처리구에 비해 높은 pH값을 보였다( $p<0.05$ ). TG와 인산염을 첨가한 처리구들은 대조구 보다는 낮고 인산염 무첨가구 보다는 높은 가열수율의 결과를 나타냈다( $p<0.05$ ). 조직감 검사에서는 탄력성 항목에서 SPP를 단일 첨가한 처리구가 대조구보다 높은 값을 나타냈다( $p<0.05$ ). 따라서 저염 조건에서 인산염의 첨가를 통한 가열수율의 저하를 보완하고, TG 첨가를 통하여 조직감을 증진시켜 기능성 저염 육제품의 제조가 가능할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 BK21 프로그램(전남대, 동물위해인자 제어를 위한 인력양성사업단)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., Mills, E. W., Hedrick, H. B., Judge, M. D., and Merkel, R. A. (2001) Principles of Meat Science. 4th ed. Kendall Hunt Publ. Co., Dubuque, IA. pp. 110-111.
2. Acton, J. C. (1972) Effect of heat processing on extractability of salt-soluble protein, tissue binding strength and cooking loss in poultry meat loaves. *J. Food Sci.* **37**, 244-246.
3. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
4. Babiker, E. E. (2000) Effect of transglutaminase treatment on the functional properties of native and chymotrypsin-digested soy protein. *Food Chem.* **70**, 139-145.
5. Bourne, M. C. (1978) Texture profile analysis. *Food Technol.* **32**, 62-66, 72.
6. Chobanian, A. V. and Hill, M. (2000) National Heart, Lung, and Blood Institute workshop on sodium and blood pressure. A critical review of current scientific evidence. *Hypertension* **35**, 858-863.
7. Dhingra, R., Sullivan, L. M., Fox, C. S., Wang, T. J., D'Agostino, R. B., Gaziano, J. M., and Vasan, R. S. (2007) Relations of serum phosphorus and calcium levels to the incidence of cardiovascular disease in the community. *Arch. Intern. Med.* **167**, 879-885.
8. Dimitrakopoulou, M. A., Ambrosiadis, J. A., Zetou, F. K., and Bloukas, J. G. (2005) Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Sci.* **70**, 743-749.
9. Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A., and Aranda-Catalá, V. (2004) Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color Res. Appl.* **29**, 67-64.
10. Girard, J. P., Culioli, J., Maillard, T., Denoyer, C., and Tou-

- raille, C. (1990) Influence of technological parameters on the structure of the batter and the texture of frankfurter type sausages. *Meat Sci.* **27**, 13-28.
11. Huffman, D. L., Ly, A. M., and Cordray, J. C. (1981) Effect of salt concentration on quality of restructured pork chops. *J. Food Sci.* **46**, 1563-1565.
12. Imm, J. Y., Lian, P., and Lee, C. M. (2000) Gelation and water binding properties of transglutaminase-treated skim milk powder. *J. Food Sci.* **65**, 200-205.
13. Jauregui, C. A., Regenstein, J. N., and Baker, R. C. (1981) A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water binding property of muscle foods. *J. Food Sci.* **46**, 1271-1273.
14. Ju, Z. Y. and Kilara, A. (1998) Gelation of pH-aggregated whey protein isolate solution induced by heat, protease, calcium salt, and acidulant. *J. Agric. and Food Chem.* **46**, 1830-1835.
15. Kenney, P. B. and Hunt, M. C. (1990) Effect of water and salt content on protein solubility and water retention of meat preblends. *Meat Sci.* **27**, 173-180.
16. Kim, C. J. and Kim, C. B. (1990) Studies on rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate\*×-effect of added water, NaCl and protein concentration on the rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. *Kor. J. Anim. Sci.* **32**, 43-48.
17. Kim, C. J., Lee, E. S., Jeong, J. Y., and Kweon, T. S. (2003) The effects of NaCl on the physicochemical properties of DFD and normal pork meat batter. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**, 206-210.
18. Lee, H. C. and Chin, K. B. (2009) Effect of transglutaminase, acorn, and mungbean powder on quality characteristics of low-fat/salt pork model sausages. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 374-381.
19. Martonosi, A., Gouvea, M. A., and Gergely, J. (1960) Studies on actin. *J. Biol. Chem.* **235**, 2369-2373.
20. Min, B. and Green, B. W. (2008) Use of microbial transglutaminase and nonmeat proteins to improve functional properties of low NaCl, phosphate-free patties made from channel catfish (*Lctalurus punctatus*) belly flap meat. *J. Food Sci.* **73**, E218-226.
21. Moore, S. L., Theno, D. M., Anderson, C. R., and Schmidt, G. R. (1976) Effect of salt, phosphate and some nonmeat proteins on binding strength and cook yield of a beef roll. *J. Food Sci.* **41**, 571-574.
22. Pepper, F. H. and Schmidt, G. R. (1975) Effect of blending time, salt, phosphate and hot-boned beef on binding strength and cook yield of beef rolls. *J. Food Sci.* **40**, 227-230.
23. Sofos, J. N. (1983a) Effects of reduced salt (NaCl) levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. *J. Food Sci.* **48**, 1692-1695, 1699.
24. Sofos, J. N. (1983b) Effects of reduced salt (NaCl) levels on the stability of frankfurter. *J. Food Sci.* **48**, 1684-1691.
25. SPSS. (2006) SPSS 14.0 for windows. SPSS Inc. USA
26. Trout, G. R. (1990) The rate of metmyoglobin formation in beef, pork, and turkey meat as influenced by pH, sodium chloride, and sodium tripolyphosphate. *Meat Sci.* **28**, 203-210.
27. Trout, G. R. and Schmidt, G. R. (1984) Effect of phosphate type and concentration, salt level and method of preparation on binding in restructured beef rolls. *J. Food Sci.* **49**, 687-694.
28. Young, L. L., Lyon, C. E., Searcy, G. K., and Wilson, R. L. (1987) Influence of sodium tripolyphosphate and sodium chloride on moisture-retention and textural characteristics of chicken breast meat patties. *J. Food Sci.* **52**, 571-574.

---

(Received 2010.1.22/Revised 2010.3.29/Accepted 2010.3.29)