

키토산과 인산염의 첨가가 돈육 근원섬유단백질의 겔 특성에 미치는 영향

장미란 · 김형상 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 기능성 식품 센터

Effect of Chitosan and Sodium Tripolyphosphate on Gelling Properties of Pork Myofibrillar Protein

Mi Ran Jang, Hyeong Sang Kim and Koo Bok Chin*

*Department of Animal Science and Functional Food Research Center,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea*

**Corresponding author: kbchin@chonnam.ac.kr*

ABSTRACT

The pH values, cooking yield and gel strength of the heat-induced gel of myofibrillar protein(MP) extracted from pork loin were measured with varying levels of chitosan and sodium tripolyphosphate(STPP). pH values and cooking yields tended to be increased with increased chitosan and STPP level($p<0.05$), however, gel strength decreased with increased chitosan and STPP levels. The addition of chitosan affected pH, cooking yields, and gel strength. There was no difference among the treatments with chitosan and STPP on the SDS-PAGE profile, whereas the addition of 1% chitoan decrease the calorie changes following temperature changes. These results indicated that the addition of chitosan in combined with STPP improved the products yield of meat products.

Additional key words: heat-induced gel strength, chitosan, STPP, gel characteristics

서 론

축산 식품의 물리적 특성을 향상시키기 위하여 다양한 소재의 친수성 콜로이드(hydrocolloid)가 이용되고 있다. 대표적으로 사용되는 친수성 콜로이드는 konjac flour, carrageenan 및 calcium

alginate 등의 다당류가 있으며, 열처리 혹은 특정 화학 성분과의 반응에 의하여 겔을 형성할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 따라서 저지방 및 저염 식육 가공품을 제조하는 데 효과적으로 사용될 수 있다(Chin *et al.*, 2009; Means and Schmidt, 1987). 반면에 이들 다당류는 분자 구조적 특성에

있어서 음이온성으로 분류가 되며, 따라서 등전점 이상의 단백질에 다량 첨가될 경우 서로간의 정전기적 척력에 의하여 상이 분리되거나, 혹은 단백질의 겔 형성을 저해할 수 있다(Tolstoguzov, 2003). 따라서 겔을 형성할 수 있는 양이온성 고분자 화합물을 축산 식품의 제조과정에 첨가하면 보다 효과적으로 식품의 물리적 특성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

키토산이 식육제품의 물성에 미치는 영향에 관한 연구로 Kook 등(2003)은 저지방 소시지에 키토산(30-50 kDa)을 0.3% 첨가한 결과 부서짐성을 제외한 모든 항목에서 키토산의 첨가에 의해 조직감이 상승하였고, 키토산의 분자량이 증가함에 따라 경도가 증가한다고 보고하였다. 또한 Youn 등(1999)도 축육소시지에 키토산을 첨가한 결과 분자량과 첨가량이 증가할수록 그 경도가 증가한다고 보고하였다. 그러나 Park 등(2004)은 돈육에서 추출한 염용성 단백질에 수용성 키토올리고당 및 키토산의 분자량과 첨가량을 달리하여 가열 겔의 경도를 측정한 결과 첨가량에 따른 효과가 나타나지 않았다고 보고하였고, 이것은 가열에 의한 polymer들의 분해가 일어나 고유 분자량이 갖는 물성적인 특성이 변화하게 되어 그 효과가 감소한 것으로 사료된다. 이 외에도 George와 Abraham(2006)은 키토산에 sodium tripolyphosphate(STPP)를 첨가할 경우 STPP에 의한 이온성 비가열처리 키토산 겔을 형성할 수 있다고 보고하였다.

현재 키토산과 관련한 연구는 대부분 키토산의 항균 활성에 초점을 맞추어 진행되고 있는 반면, 키토산이 식육제품의 물성학적 특성에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 키토산 첨가에 의한 물성증진효과가 있는지 그리고 sodium tripolyphosphate 첨가량이 근원섬유 단백질 겔의 보수력 증진효과가 있는지 규명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 실험에 사용된 재료로는 Choi와 Chin(2002)

의 방법에 의해서 국내산 돈육의 뒷다리 부위를 식육도매점에서 구입하여 외부지방과 결체조직을 제거하고 0.32 cm 만육판이 장착된 분쇄기(M-12S, Fufee Plant, Busan, Korea)로 만육시킨 후 시료를 사용하기 전까지 -30℃에서 동결시켰다. 키토산은 분자량 400 kDa(탈아세틸화 85%, 금속화성, 경북 올진, 한국)를 구입하여 0.5, 1.0, 1.5%로 첨가량을 달리하여 첨가하였다.

2. 혼합액 및 가열 겔 제조

Myofibrillar protein(MFP)은 동결시킨 돈육을 냉장고에서 완만 해동 시킨 후, 4배의 pH 6.25의 완충용액(0.1 M NaCl, 50 mM NaH₂PO₄)을 사용하여 믹서에서 1분간 갈아준 후 3회 원심분리(3,000 rpm, 15 min)하여 그 pellet을 다시 8배의 0.1 M NaCl 용액으로 원심분리(3,000 rpm, 15 min)시켜 추출하여 사용하였다(Chin *et al.*, 2009). 추출된 MFP는 Biuret 단백질 정량법(Gornall *et al.*, 1949)을 이용해 단백질 함량을 구한 후 4% 농도로 만든 후 첨가하였다. 키토산은 1% CH₃COOH에 용해시킨 후 0.5, 1.0, 1.5% 농도로 첨가하였고, sodium tripolyphosphate(STPP)는 0.4% 농도로 첨가하였다. 혼합액의 NaCl 농도는 최종 0.25 M이 되도록 조절하였다. 제조된 혼합액은 5 mL씩 glass tube에 넣은 후 20℃에서 80℃까지 항온수조에서 가열한 후 꺼내어 냉각시키고 실험 전까지 냉장 보관하였다.

3. pH values

가열 겔의 pH는 고체용 pH-meter(Model 120, Mettler-Toledo, Switzerland)로 4회 반복하여 측정하였다.

4. 가열수율

실험 전 냉장 보관한 가열 겔을 실온에 1시간가량 방치해 뒀다가 수분의 유실정도를 측정한 후 수율을 퍼센트(cooking yield, %)로 나타내었다.

5. 겔 강도

Instron Universal Testing Machine(Model 3344,

Instron, USA)의 merlin program에서 원형의 플랜저가 50 mm/min 속도로 하강하는 조건에서 겔이 파괴될 때까지의 힘(gf)을 측정하였다.

6. 전기영동

1% 농도의 혼합용액에 시료 양의 20%의 mercaptoethanol을 첨가한 후 단백질 표준액(pre-stained SDS-PAGE Standards, Broad Range 161-0318, BIO-RAD, CA, USA)과 함께 100℃ 끓는 물에 5분간 가열하여 불용성 단백질을 제거하였다. 각 시료에 염색시약(coomassie Brilliant Blue R-250, Bio-Rad, CA, USA)을 한 방울씩 넣어 염색하고, 교반 후 원심분리 하였다. Mini protein 3 electrophoresis assay unit(Bio-Rad Laboratories, Richmond, CA, USA)을 이용하여 Laemmli(1970) 방법에 준하여 9% separating gel과 3% stacking gel을 제조하여 시료를 150 V에서 1시간가량 loading 시켜 단백질을 분리하였다. 전기영동 겔은 1% 염색용액에서 1시간 반 가량 교반하며 염색한 후 탈색용액에서 4시간가량 탈색시킨 후 얻어진 전기영동 겔을 사진촬영 하였다.

7. 시차주사열량분석

단백질의 변성의 온도 의존성을 알아보고자 혼합용액을 알루미늄 캡슐에 35 mg씩 분취하고 캡슐링한 후, 시차주사열량분석기(differential scanning calorimetry, DSC, S-650, Scinco, Seoul, Korea)를 이용하여 25℃-100℃까지 가열온도를 분당 5℃씩 상승시키면서 열량 변화를 측정하였다.

8. 통계처리

SPSS 17.0 프로그램(2008)을 이용하여 pH, cooking yields, gel strength에 대한 결과를 일원배치분산분석으로 통계 분석하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성 있는 그룹의 평균 값 간의 차이를 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 키토산과 인산염의 첨가가 pH values에 미치는 영향

Table 1은 통계분석결과와 각 요인별로 상호관계를 나타내는 표로 키토산과 STPP를 첨가한 가열 겔의 pH는 키토산과 STPP 첨가량 사이의 상호작용에 유의차를 보였으므로($p < 0.05$) 키토산과 STPP 첨가량 별로 통계 분석하였다(Table 2). 키토산과 STPP 첨가에 따른 가열 겔의 pH 변화는 Table 2에 나타내었다. STPP 0.4%와 키토산을 1.5% 첨가한 처리구의 pH가 6.9로 가장 높았고, 대조구의 pH가 5.15로 가장 낮았다. 가열 겔의 pH는 키토산과 STPP 첨가량 증가에 따라 pH가 증가하였고, 첨가량 변화에 따른 유의차를 나타내었다($p < 0.05$). 키토산 첨가 수준에 따라 처리구가 유의적으로 높은 pH를 보였고($p < 0.05$), 또한 STPP 첨가량에 따라 pH는 유의적으로 증가하였다.

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) of gel strength, cooking yields, and pH values

	Gel strength	Cooking yields	pH values
STPP*Chitosan	**	NS	*
STPP	*	**	**
Chitosan	**	**	**
STPP			
0	79.4 ^X	71.8 ^Y	6.0 ^Y
0.4	65.7 ^Y	80.7 ^X	6.5 ^X
Chitosan			
0	109 ^a	53.8 ^c	5.5 ^c
0.5	79.0 ^b	58.8 ^b	6.2 ^b
1.0	49.2 ^c	96.6 ^a	6.6 ^a
1.5	52.4 ^c	95.9 ^a	6.7 ^a

* indicates $p < 0.05$; ** indicates $p < 0.001$ NS = not significant

^{X,Y} Means having same letter into same column are not different($p > 0.05$).

^{a-c} Means having same letter into same column are not different($p > 0.05$).

Table 2. Effects of chitosan and sodium tripolyphosphate levels on gel properties of porcine myofibrillar protein gel

		Chitosan (%)			
		0	0.5	1.0	1.5
<u>Gel strength (gf)</u>					
STPP (%) ¹⁾	0	113 ^a	116 ^{aX}	44.6 ^b	42.3 ^b
	0.4	105 ^a	41.1 ^{cY}	53.9 ^b	62.3 ^b
<u>Cooking yields (%)</u>					
STPP (%) ¹⁾	0	48.8 ^{bY}	52.5 ^{bY}	93.9 ^a	92.1 ^{aY}
	0.4	58.8 ^{cX}	65.0 ^{bX}	99.3 ^a	99.8 ^{aX}
<u>pH values</u>					
STPP (%) ¹⁾	0	5.15 ^{cY}	5.95 ^{bY}	6.45 ^{aY}	6.50 ^{aY}
	0.4	5.85 ^{cX}	6.55 ^{bX}	6.80 ^{aX}	6.90 ^{aX}

¹⁾ STPP, sodium tripolyphosphate.

^{a-c} Means having same letter into same low are not different ($p>0.05$).

^{x,y} Means having same letter into same column are not different ($p>0.05$).

즉, STPP를 0.4% 첨가한 처리구의 pH가 STPP를 첨가하지 않은 처리구의 pH에 비해 높았고, 키토산 첨가량이 증가할수록 pH가 증가하여 유의차를 보였다. 이 결과는 키토산 첨가에 따라 pH가 저하된다는 Youn등(1999)의 보고와 다소 차이가 있었으며, Youn 등(1999)은 키토산을 0.3% 젯산용액을 용해시킨 후 젯산용액을 첨가하지 않은 대조구와 비교한 데 비하여, 본 연구에서는 동일한 함량의 아세트산 용액을 대조구에 첨가하였기 때문에 키토산 함량의 증가에 따라 pH가 유의적으로 증가한 것으로 판단된다.

2. 키토산과 인산염의 첨가가 가열수율 (cooking yield, %)에 미치는 영향

키토산과 STPP 첨가에 따른 가열수율의 변화는 Table 1에서 보는 바와 같이 키토산의 첨가량과 STPP의 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 한편 Table 2에서 키토산 함량의 증가는 근원섬유 단백질 겔의 가열 수율을 유의적으로 향상시키는 결과를 야기하였으며, 특히 이들 겔에 STPP가 첨가되었을 때, 수율의 현저하게 증가하였다($p<0.05$). 이상의 결과는 Chin과 Wang(2004)의 결과와는 상반되는데, 이들은 키토산 첨가가 저지방 소시지의 가열감량에 미치는 효과를 관찰한 결과, 처리구간에

유의차를 보이지 않는다고 하였다. 반면에 Kim과 Choi(1999)는 키토산 첨가는 오히려 보수력에 악영향을 미친다고 보고하였다. 이러한 상반된 결과는 사용된 키토산의 종류 및 키토산 용해제로써 약산 용액의 이용 등에 기인한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 동일한 함량의 아세트산 용액에 키토산을 각 함량별로 용해하여 겔 제조시 첨가하였으며, 따라서 키토산 자체에 의한 보수력의 향상(Knorr, 1982)과 인산염첨가에 의한 pH 증가로 보수력 향상에 기여하는 등의 복합적 효과에 의하여 키토산 첨가량의 증가에 따라 가열 수율을 증가시킨 것으로 판단되었고, 이상의 결과는 Knorr(1982)의 연구결과와 일치하였다.

3. 키토산과 인산염의 첨가가 겔 강도 (gel strength, gf)에 미치는 영향

키토산과 STPP 첨가에 따른 겔 강도는 상호관계의 유의차가 발생함에 따라 Table 2와 같이 나타내었다. 가열 겔의 강도를 측정된 결과 STPP와 키토산 첨가구간에 상호작용의 유의차를 보였다($p<0.001$). STPP 첨가에 따라 겔 강도가 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$) STPP 무 첨가구의 경우 대조구의 겔 강도가 가장 높은 값을 나타냈고, 키토산 1.5% 첨가구의 겔 강도가 가장 낮았다

($p < 0.001$). STPP 0.4% 첨가구 역시 대조구의 겔 강도가 105 gf로 가장 높게 나타났으며 키토산 0.5% 첨가구에서는 겔 강도가 감소되었다가 키토산 1.0과 1.5%에서는 첨가량이 증가됨에 따라 다시 겔 강도가 증가하는 양상을 보였다. 이상의 결과는 이전 연구 결과(Park *et al.*, 2004; Youn *et al.*, 1999)와 상이한 결과를 보이고 있다. 즉 대조구(키토산 및 STPP 무첨가구)의 겔 강도가 처리구에 비해 높은 값을 나타낸 것은 키토산을 용해하기 위해 사용한 1% 아세트산에 의한 근원섬유 단백질의 산성 겔의 형성에 기인한 것으로 판단된다. 일반적으로 단백질을 등전점에 근접하도록 pH를 저하시키면, 단백질의 전반적인 전하가 0에 도달하며, 각 단백질간의 정전기적 척력이 최소화되기 때문에 산성 겔을 형성할 수 있으며(Bryant and McClements, 1998), 이러한 낮은 pH 하에 가열 처리된 겔은 pH가 높은 단백질 겔에 비하여 상대적으로 높은 겔 강도를 보인다고 보고되고 있다. 키토산 첨가가 단백질 겔 강도에 미치는 효과에 대하여 Benjakul 등(2000)은 탈 아세틸화가 낮은 키토산(<70%)을 첨가한 kamaboko 겔에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 겔 강도를 보고하였지만, 대부분의 연구문헌에서는 대조구와 유의적인 차이가 인정되지 않는다고 보고하였다(Kachanechai *et al.*, 2008). 본 연구에서 키토산을 용해하기 위하여 아세트산에 각 첨가량 별 키토산을 용해하였고, 이들 키토산의 용해에 의하여 pH가 유의적으로 상승하였으며, 결국 상승된 pH에 의하여 키토산들의 침전이 야기되어(Kachanechai *et al.*, 2008) 효과적으로 근원섬유 단백질과 혼합되지 않아서 결국 낮은 겔 강도를 생성한 것으로 판단된다. 또한, STPP의 첨가 역시 근원섬유단백질 혼합물의 pH를 유의적으로 증가시켰으며, 이러한 현상은 1.0% 이상의 키토산 함량하에서 STPP 첨가에 의해 약한 겔(>50 g)을 형성할 수 있었지만, 또한 높은 pH에 의한 키토산의 침전물 형성 현상은 키토산 무 첨가구(0% 키토산, 0.4% STPP)에 비하여 낮은 겔 강도를 야기한 것으로 사료된다. 결국, 키토산 첨가에 의한 근원섬유 단백질 겔 향상을 위해서는 STPP의 용해 속도, 또는 pH 증가 속도를 조절할 수 있는 방법이 모색되어야 할 것으로 판단

Table 3. Pearson's correlation coefficients between independent parameters and dependent variables

	GS(gf)	CY(%)	pH values
Gel strength (GS, gf)	1	-0.78*	-0.81*
Cooking yield (CY, %)	-0.78*	1	0.85*
pH values	-0.81*	0.85*	1

* $p < 0.001$.

되었으며 키토산의 낮은 분자량에 의한 겔강도 증가효과를 나타내지 않았다.

4. 각 요인별 상관관계

겔강도, 가열수율 및 pH 변화의 pearson상관관계는 Table 3과 같다. 겔강도는 가열수율과 pH와 음의 상관관계($p < 0.001$)에 있으며, 가열수율은 겔강도와 음의 상관관계를 그리고 pH와 양의 상관관계가 있으며, pH는 겔강도와 음의 상관관계 그리고 가열수율과는 양의 상관관계에 있다. 따라서 pearson의 상관관계를 이용하여 각 요인별 상관관계를 이용한 각 요인별 활용이 필요할 것으로 판단된다.

5. 키토산과 인산염의 첨가가 전기영동에 미치는 영향

키토산 및 STPP첨가에 의한 근원섬유 단백질 겔의 전기영동 profile을 Fig. 1에 나타내었다. STPP가 첨가된 처리구에서 다소 높은 band 강도를 나타내었지만, 키토산 첨가에 의한 각 band간의 현저한 차이는 관찰되지 않았다. 이상의 결과는 키토산 첨가가 근원섬유 단백질의 cross-linking을 생성하지 않은 데 기인한 것으로 판단되는데, 이는 키토산과 근원섬유 단백질간의 작용은 단백질의 등전점 이상의 pH영역에서 키토산의 염기성 그룹과 단백질의 산성 그룹간의 정전기적 인력이 지배적으로 작용하는데 기인한 것으로 사료되며(Son *et al.*, 2004), 이러한 정전기적 상호작용은 겔을 형성하기에는 그 작용강도가 낮을 뿐만 아니라, 전기영

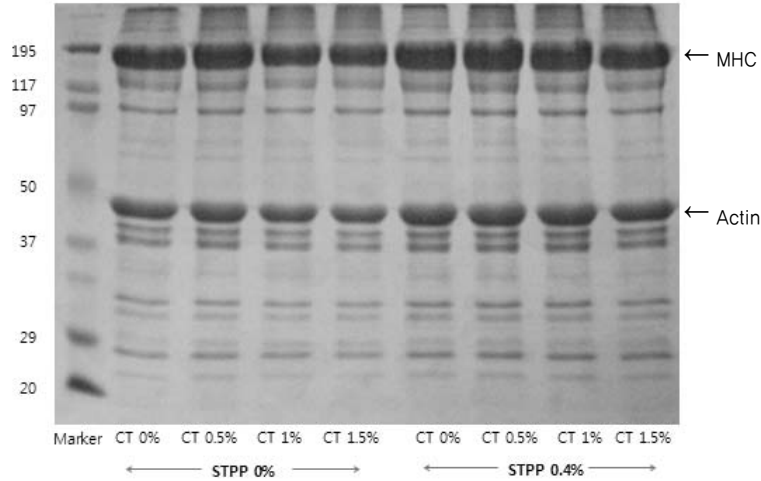


Fig. 1. SDS-PAGE profiles of myofibrillar proteins as affected by chitosan and sodium tripolyphosphate levels. CT and STPP indicated chitosan and sodium tripolyphosphate, respectively.

동을 실시하기 위해 첨가되는 환원제에 의하여 결합이 분해되어(Jung *et al.*, 1996) 전기영동 상에서 유의적인 차이를 나타내지 않은 것으로 판단되었다.

6. 키토산과 인산염의 첨가가 열량변화에 미치는 영향

시차주사열량분석기로 분석한 온도 증가에 따른 열량 변화의 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 열량변화는 Ramirez-Suarez 등(2005)의 연구에 따르면

근원섬유단백질의 변성온도는 myosin heavy chain 61°C, myosin light chain 66°C 그리고 actin 78°C의 변성온도를 가지며, 이 온도부근에서 3개의 peak를 보인다고 보고되었다. 본 실험에서는 각 처리구 별로 peak가 상이하게 나타났으며, myosin heavy chain(MHC)의 경우 55-60°C 사이에서 변성이 일어났고, myosin light chain(MLC) 60-65°C, actin 73°C 부근에서 변성되어 peak로 나타났는데 이것은 기존의 데이터와 비교할 때 아세트산 첨가에 의한 낮은 pH에 의한 일부 근원섬유

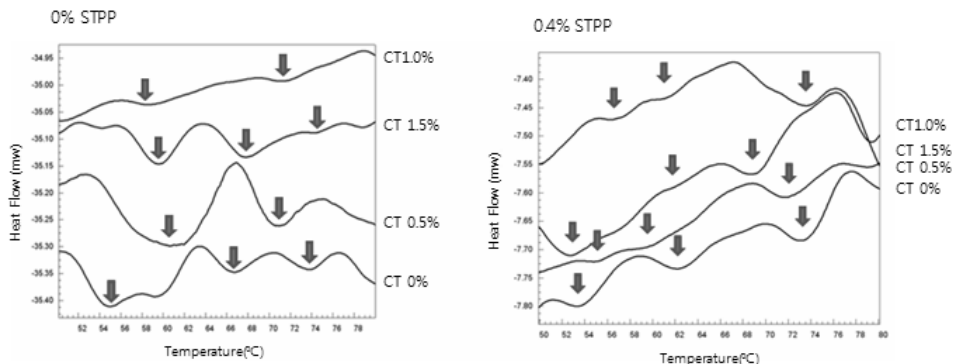


Fig. 2. Thermograms of myofibrillar protein as affected by chitosan and sodium tripolyphosphate levels. CT and STPP indicated chitosan and sodium tripolyphosphate, respectively. (Arrows represented the endothermic peaks of characterized myofibrillar proteins)

단백질 변성 때문에 열 안정성이 다소 저하된 상태라고 할 수 있다. 또한 STPP를 첨가하지 않은 처리구와, 0.4% 첨가한 처리구 모두 키토산 1% 첨가구의 변성이 가장 늦게 일어났으므로 키토산을 1% 첨가한 혼합 겔이 열에 가장 안정한 상태라고 할 수 있다. 또한 1.5% 첨가구와 1.0% 첨가구의 경우 peak 크기가 작게 나타나 열량변화가 적음을 알 수 있었다. 따라서 키토산을 식육제품에 적용할 경우 1%에서 1.5% 수준에서 첨가할 경우가공이나 저장 온도에 의한 제품의 품질안정성에 긍정적 요소로 작용될 것으로 사료된다.

초 록

본 연구는 돈육후지에서 추출한 염용성 단백질을 키토산(400 kDa)과 인산염(sodium tripolyphosphate, STPP)의 첨가량을 달리하여 가열한 겔의 pH values, 가열수율(cooking yields, %) 및 겔 강도(gel strength, gf)를 측정하였다. 또한 전기영동을 실시하여 단백질 분획의 변화를 관찰하였고, 시차 주사열량분석(differential scanning calorimetry, DSC)을 실시하여 온도변화에 따른 단백질 변성의 온도 의존성을 알아보았다. 키토산과 STPP 첨가 겔의 pH values와 겔 강도는 STPP와 키토산 첨가에 의한 상호작용에서 유의차를 보였으며($p<0.05$), STPP와 키토산 각각의 요인별로는 pH values, 가열수율 및 겔 강도 모두에서 유의차를 나타내었다($p<0.05$). pH는 STPP를 0.4% 첨가한 처리구의 pH가 대조구에 비해 높았고($p<0.001$), 키토산 첨가량 증가에 따라 pH도 증가하였다($p<0.001$). 가열수율은 STPP를 첨가하지 않은 처리구에 비해 0.4% STPP 첨가구가 더 높았으며, 키토산 첨가량에 따라 유의차를 보였($p<0.001$), 키토산 1.5% 첨가구의 가열수율이 가장 높았다. 겔 강도를 측정한 결과 대조구가 가장 높은 겔 강도를 나타냈으며, 따라서 소시지에 400 kDa 고분자의 키토산을 첨가할 경우 첨가량 증가에 따라 조직감은 오히려 감소할 것으로 보인다. 전기영동분석에서는 chitosan과 STPP의 첨가에 따른 차이를 보이지 않은 반면 열량변화에 있어서 chitosan 1%를 첨가 시 온도에

따른 열량의 변화를 줄일 수 있었다. 그러므로 가열수율을 높이기 위하여 STPP와 키토산의 첨가가 필요하지만, 물성증진을 위하여 키토산의 함량을 가급적 줄이는 것이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Benjakul, S., Visessanguan, W., Takana, M., Ishizaki, S., Suthidham, R., and Sungpech, O. (2000) Effect of chitin and chitosan on gelling properties of surimi from barred garfish (*Hemiramphus far*). *J. Sci. Food Agric.* **81**, 102-108.
2. Bryant, C. M. and McClements, D. J. (1998) Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey. *Trends Food Sci. Technol.* **9**, 143-151.
3. Chin, K. B. and Wang, S.H. (2004) Product quality of low fat sausage formulated with two levels of chitosan. *Korean J. Food Sci. An.* **24**, 361-366.
4. Chin, K. B., Go, M. Y., and Xiong, Y. L. (2009) Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: Effects of salt level and transglutaminase incubation. *Meat Sci.* **81**, 565-572.
5. Choi, S. H. and Chin, K. B. (2002) Development of low-fat comminuted sausage manufactured with various fat replacers similar textural characteristics to those with regular-fat counterpart. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 577-582.
6. George, M. and Abraham, T. E. (2006) Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan. *J. Control. Release* **114**, 1-14.
7. Gornall, A. G., Bardawill, C. Y., and David, M. M. (1949). Determination of serum proteins

- by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* **177**, 751-756.
8. Jung, K. I., Lee, D. S., and Jung, U. H. (1996) Effects of various reagents on the solubility and electrophoretic characteristics of heat-induced protein-polysaccharide composition gels. *Theses Collection of New materials Research Institute* **6**, 107-118.
 9. Kachanechai, T., Jantawat, P., and Pichyangkura, R. (2008) The influence of chitosan on physico-chemical properties of chicken salt-soluble protein gel. *Food Hydrocolloid.* **22**, 74-83.
 10. Kim, O. H. and Choi, Y. H. (1999) The study on developing pork sausage by treatment of chitosan. Proceeding of Annual Conference. The Korea Society for Chitin and Chitosan. Seoul, Korea, pp. 95-121.
 11. Knorr, D. (1982) Functional properties of chitin and chitosan. *J. Food Sci.* **27**, 593.
 12. Kook S. H., Choi S. H., Kang S. M., Park S. Y., and Chin K. B. (2003) Product quality and extension of shelf-life of low-fat functional sausages manufactured with sodium lactate and chitosans during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. An.* **23**, 128-136.
 13. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.
 14. Means, W. J. and Schmidt, G. R. (1987) Restructuring fresh meat without the use of salt or phosphate. In *Advances in meat research*. A. M. Pearson and T. R. Dutson(eds.), New York: An Avi Book, pp. 469-487.
 15. Park, S. Y., Wang, S. H., Chin, K. B., and Kim, Y. D. (2004) Rheological prepared of the mixture and heat induced gel prepared from pork salt soluble protein in combined with water soluble chitooligosaccharide and chitosan. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 594-597.
 16. Ramiraz-Suarez, J. C., Addo, K., and Xiong, Y. L. (2005) Gelation of mixed myofibrillar/wheat gluten proteins treated with microbial transglutaminase. *Food Res. Int.* **38**, 1143-1149.
 17. Son, S., Chae, S. Y., Choi, C., Kim, M. Y., Ngugen, V. G., Jang, M. K., Nah, J. W., and Kweon, J. K. (2004) Preparation of hydrophobized chiosan oligosaccharide for application as an efficient gene carrier. *Macromol. Res.* **12**, 573-580.
 18. SPSS. (2008) SPSS 17.0 for windows. SPSS Inc. USA.
 19. Tolstoguzov, V. (2003) Some thermodynamic considerations in food formulation. *Food Hydrocolloid.* **17**, 1-23.
 20. Youn, S. K., Park, S. M., Kim, Y. J., and Ahn, D. H. (1999) Effect on storage property and quality in meat sausage by added chitosan. *J. Chitin Chitosan.* **4**, 189-195.