타피오카 전분을 첨가한 돈육 근원섬유 단백질의 물성 특성 및 돈육 모델소시지에 이용

손세라 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 기능성 식품연구센터

Evaluation of Rheological Properties of Pork Myofibrillar Protein with Tapioca Starch and its Utilization to the Pork Model Sausages

Se Ra Shon and Koo Bok Chin*

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

Abstract

In order to investigate the rheological properties of myofibrillar protein (MP) mixed with tapioca starch (TS; 0, 1, and 2%) at various salt concentrations (0.1, 0.3, and 0.45 M), viscosity, gel strength, differential scanning calorimeter (DSC) and sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) were measured. Viscosity of MP increased with increasing salt concentrations ($p < 0.05$), but not with the addition of TS. The addition of TS improved gel strength and cooking yield at all salt concentrations ($p < 0.05$). DSC results demonstrated that the starting peak of TS gelation was observed at 55°C, however, no differences in peak were observed with various salt and TS levels ($p > 0.05$). SDS-PAGE profile also showed no differences in protein bands for pork myofibrillar protein with various salt and TS levels. Based on the model study, pork model sausages with various levels of tapioca (0, 1, and 2%) and TG (1%) were manufactured. The pork model sausages with 2% TS increased pH and water holding capacity ($p < 0.05$), while those with TGase (1%) increased most textural properties, regardless of the addition of TS. Thus, the combination of 1% TG with 2% TS improved the gel strength and water holding capacity in the meat products.

Key words: rheological properties, tapioca starch, various salt concentrations, pork model sausages

서 론

최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 급증함에 따라 저염과 저지방 기능성 육제품의 선호도가 증가하고 있다 (Chin, 2002). 그러나 지방과 식염의 감소는 가열감량과 조직감 및 색도 등의 품질 저하를 초래하므로 이를 보완할 수 있는 첨가물이 필요하다. 지방 대체재로는 수분, 대두 단백질, 우유단백질, 콘작, 전분, 카라기난 등이 있는데 (Chin, 2002), 그 중 전분은 많은 식품의 구성 물질로 대부분 탄수화물로 이루어져 있고 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있다 (Song and Park, 2000). 그리고 식품의 지방, 단백질, 수분과 상호작용으로 점성, 결합력, 유화 안정성 및 수분 결합력 등의 기능적 특성을 부여한다 (Copeland

et al., 2008).

타피오카 전분은 카사바 (*Manihot esculenta* Crantz)의 뿌리로부터 추출한 것으로 다른 전분에 비해 단백질 함량이 낮고 탄수화물 함량이 높으며 강수량이 적거나 척박한 토양에서도 생산성이 좋고 저렴한 생산비로 수요가 증가하고 있는 추세이다 (Kim *et al.*, 2007; Mishra and Rai, 2006). 그리고 점성이 높고 무색 투명하여 식품 산업에 널리 쓰이고 있다 (Song and Park, 2000). 절편에 타피오카 전분을 첨가하여 조직감과 기호성을 평가한 결과, 쌀가루로만 만든 처리구보다 5%의 타피오카 전분을 첨가한 처리구가 조직감과 기호성이 더 좋은 평가를 받았고 (Ahn, 2005), 최근에는 국내에서도 타피오카 전분을 이용하여 조직감을 향상시킨 베이커리 제품 등이 인기를 끌면서 주목 받고 선호되고 있는 것으로 보아 타피오카를 이용한 탄력적인 물성을 가진 식품을 요구하는 것으로 사료된다. 이러한 소비자들의 기대에 부응하여 타피오카 전분을 첨가함으로써 일반 육제품의 물성을 소비자의 기호성에 맞게 향상시킬

*Corresponding author: Koo Bok 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

것으로 기대한다.

근원섬유 단백질은 식육을 구성하는 중요한 단백질로서 물성과 밀접한 관계가 있는데 보수력, 겔화, 결합력에 영향을 미쳐 육제품의 품질에 영향을 주게 된다(Park *et al.*, 2003; Xiong and Kenney, 1999). 그러므로 돈육 근원섬유 단백질과 다양한 전분의 결합은 물성에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 다양한 식염 농도에서 타피오카 전분의 첨가량에 따른 근원섬유 단백질의 물성을 측정하고 육제품에 적용하기 위한 기초자료를 마련하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

공시 재료

3원 교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc)의 도축 후 24 시간 이내의 돈육 등심(*M. longissimus dorsi*)을 구입하여 사용하였다. 등심은 외부지방과 결체조직을 제거한 후, 약 1 cm 정방형으로 잘라 200 g씩 진공 포장하여 -70°C에서 저장하였고 보관은 4주를 넘지 않도록 하였다. 타피오카 전분(tapioca starch, 삼양제넥스, Seoul, Korea)은 카사바 파우더 유래의 전분만 고도로 정제한 것을 사용하였다.

근원섬유 단백질의 추출 및 타피오카 전분과 혼합

근원섬유 단백질은 -70°C로 동결 저장한 돈육의 등심부위를 사용 전에 완전 해동시켜 4배의 0.1 M NaCl, 0.05 M Na₂HPO₄ 완충액(pH 6.25)와 함께 균질하였고, 3000×g에서 15분 동안 원심분리시켜 상등액을 제거하는 과정을 3회 반복한 후, 8배의 0.1 M NaCl 완충액으로 다시 한 번 원심 분리시켜 준비하였다(Xiong, 1993). 수거한 근원섬유 단백질의 pH를 6.25로 맞추기 위해 1 N NaOH로 조정하였다. 추출된 근원섬유 단백질은 Biuret의 단백질 정량법(Gornall *et al.*, 1949)을 적용하여 단백질 함량을 산출하였다. 처리구는 근원섬유 단백질에 식염 농도를 달리하였고(0.1, 0.3, 0.45 M), 타피오카 전분의 첨가량(0, 1, 2%)을 달리하여 준비하였다(Table 1).

Table 1. Formulation of pork myofibrillar protein and tapioca starch mixture

Treatment ¹⁾	Ingredients (%)	
	Myofibrillar protein	Tapioca starch
Control	4	0
TS 1%	4	1
TS 2%	4	2

¹⁾Treatment: TS = Tapioca starch.

All ingredients were diluted using 50 mM phosphate buffer (pH 6.25) containing 0.1, 0.3 and 0.45 M salt.

근원섬유 단백질의 추출 및 타피오카 전분과 혼합물의 물성 특성

점도 측정

혼합액(단백질 농도 약 4%)의 점도는 다양한 식염농도에서 타피오카 전분을 혼합하고 Rheometer(RC30, Rheotec, EU)를 이용하여 측정하였다.

겔 강도 및 가열감량 측정

점도 측정 샘플과 동일한 방법으로 준비한 다음, 5 g의 샘플을 glass tube(1.7 cm×5 cm)에 각각 넣고 20°C의 중탕기(Water bath, LCB-R08, LabTech, Namyangju, Korea)에서 80°C가 될 때까지 가열 후 즉시 냉각하였다. 가열한 시료는 얼음에 즉시 냉각 시키고 4°C에서 하루 동안 저장한 후 겔 강도를 측정하였다. 겔 강도는 Instron Universal Testing Machine(Model 3344, Canton, MA, USA)의 Merlin program에서 puncture test를 실시하였다. 가열감량은 가열 전의 중량과 가열 후의 중량을 측정하여 감소한 수분의 양을 다음과 같이 나타내었다.

가열감량(cooking loss, %)

$$= \frac{(\text{가열 전 시료무게} - \text{가열 후 시료무게}) \times 100}{\text{가열 전 시료무게(g)}}$$

주사 열량 분석

주사열량분석기(Differential scanning calorimetry, DSC, S-650, Scinco, Seoul, Korea)를 이용하여 시료를 알루미늄 캡슐에 넣고 가열온도를 10°C에서 100°C까지 1분당 10°C씩 증가시키며 열량 변화를 측정하였다.

전기영동

Mini protein electrophoresis assay unit(Bio-Rad Laboratories, CA, USA)를 이용하여 12%의 separation gel과 4% stacking gel를 제조하여, 최종 10 mg/mL의 단백질이 loading 되도록 하였다. 150 V에서 약 1시간 30분 동안 분리시킨 후, 겔을 떼어내 staining solution에 넣고 Roker(Model RK-1020, New Power ENG. Co Ltd., Korea)에 올려놓은 후 약 1시간 동안 염색 시켰다. 염색된 겔은 destaining solution으로 약 2시간 동안 탈색시켰다.

돈육 모델 소시지 제조

돈육 모델소시지 제조는 고기 마쇄기(Silent cutter, EF20, Crypto peerless, England)를 이용하여 돈육을 만육한 뒤 만육 된 돈육에 각각 식염 1.3%, 삼중인산염 0.4%, 증량제 및 향미 증진제를 첨가하였으며, 타피오카 전분을 1, 2% 첨가하였고 Transglutaminase(TGase)와의 상관관계를 위하여 TGase 1% 첨가구 및 무첨가구를 처리하여 50 mL 튜브에 모델소시지 고기 반죽을 30 g씩 넣은 뒤 80°C의 향

Table 2. Formulation of pork model sausage with TGase and tapioca

(unit: %)

Ingredient	Treatments ¹⁾					
	CTL ¹⁾	T1	T2	T3	T4	T5
Meat	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Ice water	37.82	37.82	37.82	37.82	37.82	37.82
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
STPP*	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Sodium erythorbate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cure blend**	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Tapioca	0	1.00	2.00	0	1.00	2.00
TGase	0	0	0	1.00	1.00	1.00

¹⁾Treatments: CTL, low-fat boiled sausage (LFS) without tapioca (TP) and TGase; T1, 1% TP; T2, 2% TP; T3, 1% TGase; T4, 1% TP + 1% TGase; T5, 2% TP + 1% TGase

*STPP: Sodium tripolyphosphate

**Cure blend: Containing 93.75% NaCl and 6.25% NaNO₂

온수조(Digital precise water bath, WB-22, Daihan Scientific Co., Ltd., Korea)에서 내부 온도가 72°C 도달 할 때까지 가열하였다(Table 2). 가열 한 후 준비된 얼음으로 냉각한 뒤 4°C의 조건하에서 냉장 보관하였다. 처리구로는 TGase를 1% 첨가한 것과 첨가하지 않은 것 각각에 대해 타피오카 1, 2% 첨가 후 모델소시지를 제조하였다.

모델소시지의 이화학적 성상 및 조직감 검사

pH 및 일반성분 분석

모델소시지 균질 시료 10 g을 증류수 90 mL와 혼합하여 pH-meter(340, Mettler-Toledo, Switzerland)로 5회 측정된 평균값으로 평가하였다. 일반성분은 AOAC (2000)방법에 의하여 수분함량은 dry-oven법으로, 지방함량은 Soxhlet 추출법을 이용하여 분석하였다.

색도 측정

Color reader(CR-10, Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하여 소시지의 단면을 총 5회 측정하여 각각 Hunter L(lightness, 명도), Hunter a(redness, 적색도), Hunter b(yellowness, 황색도)의 평균값을 구하였다(표준판 white plate standard, L=91.5, a=1.8, b=0.8).

가열수율(%)

항온수조에서 가열 전, 후 시료의 무게 차를 이용하여 가열수율을 구하였고, 그 계산법은 다음과 같다.

가열수율(Cooking yield, CY, %)

$$= \frac{\text{가열 후 시료무게(g)} \times 100}{\text{가열 전 시료무게(g)}}$$

유리수분량 (%)

유리수분의 측정은 Jauregui 등(1981)의 방법을 일부 변형하여 측정하였는데, 4등분한 Whatman #3 여과지 3장으

로 1.5 g의 시료를 감싸서 원심분리용 튜브에 넣고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리기(Model VS-5500, Vision Science Co., Ltd, Korea)로 원심분리 후 시료와 여과지의 무게를 재어 유리수분의 함량을 측정하였으며, 그 계산식은 다음과 같다.

유리수분량(Expressible moisture, EM, %)

$$= \frac{\text{여과지에 유리된 수분의 무게} \times 100}{\text{시료의 무게}}$$

조직감 검사

모델소시지 시료를 높이 1.3 cm와 직경 1.25 cm로 coring 한 뒤 Instron University Testing Machine(Model 3344, Canton, MA, USA)을 이용하여 Bourne(1978)의 방법에 따라 시료를 두 번 물림하여 경도(gf, hardness), 탄력성(cm, springiness), 감성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 그리고 응집성(cohesiveness)을 측정하여 평균값을 구하였다. 실험은 500 N Load cell에 compression probe를 장착하여 300 mm/min의 cross speed로 시료 높이의 70%로 압착하여 조직감을 측정하였다.

통계분석

본 실험은 SPSS software program(SPSS, 2008)을 이용하여 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)에 의해 통계처리가 수행되었으며, 사후분석은 $\alpha=0.05$ 유의 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

타피오카를 첨가한 근원섬유 단백질의 겔 특성

점도

식염의 농도와 타피오카 전분의 첨가량을 달리하여 추출한 돈육 근원섬유 단백질과 타피오카 전분의 혼합물의

Table 3. Effect of various salt and tapioca starch levels on the viscosity of pork myofibrillar protein

	Salt conc. (M)			Tapioca starch (%)		
	0.10	0.30	0.45	0	1	2
Viscosity (pa·s)	0.42±0.04 ^c	1.30±0.07 ^b	1.81±0.06 ^a	1.20±0.71 ^a	1.17±0.73 ^a	1.16±0.67 ^a

^{a-c}Means with same subscript in a same row are not different ($p>0.05$).

점도는 Table 3와 같다. 식염 농도와 타피오카 전분 함량 간의 상호관계가 없었으므로($p>0.05$), 식염 농도 별 그리고 타피오카 전분 함량 별로 분리하여 나타내었다. 식염의 농도가 증가함에 따라 혼합물의 점도가 유의적으로 증가하였는데($p<0.05$), 이는 Kim과 Kim(1990)이 단백질에 첨가한 식염의 농도가 증가함에 따라 단백질의 점도가 증가한다고 보고한 결과와 유사하였다. 이러한 현상은 특히 이온강도가 증가하여 단백질의 용해성이 증가하면서 점도가 높아진 것으로 사료된다. 반면 타피오카 전분의 첨가량에 따른 점도는 처리구에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았는데($p>0.05$), Li 등(2008)이 쌀 전분 가열시 아밀로펙틴이 용해됨과 동시에 입자가 팽창하기 시작하면서 점도가 증가하게 된다고 보고하였고, 특히 아밀로오스가 85°C에 도달하면서 급속히 팽창한다고 보고한 것을 감안하면 소시지의 제조시 가열 상태(70°C)는 이러한 온도보다 비교적 낮기 때문에 타피오카 전분과 근원섬유 단백질과의 반응으로 물성의 차이는 없었던 것으로 사료된다.

겔 강도 및 가열감량

식염의 농도와 타피오카 전분의 첨가량을 달리하여 추출한 돈육 근원섬유 단백질과 타피오카 전분의 혼합물의 겔 강도와 가열감량의 결과는 Table 4과 같다. 식염의 농도가 증가됨에 따라 겔 강도가 유의적으로 증가하였는데($p>0.05$), 이러한 결과는 Kim과 Han(1991)이 돈육 근원섬유 단백질에 첨가한 식염의 농도가 1에서 4%로 증가함에 따라 단백질의 용해성이 증가하여 겔 강도가 증가

한다고 보고한 것과 유사한 것을 알 수 있었다. Kang 등(2006)이 식염을 첨가한 돈육 근원섬유 단백질로 제조한 수리미의 미세구조를 관찰한 결과 식염의 농도가 증가함에 따라 근원섬유 단백질의 용해성이 증가하고 가열에 따른 조직의 결합력이 강화되어 겔의 미세구조를 조밀하게 제조되었다고 보고하였고 본 연구의 결과도 식염 농도의 증가에 따른 겔 강도의 증가로 판단된다. 또한 겔 강도는 타피오카 전분의 첨가량이 증가함에 따라서도 유의적으로 증가하였는데($p>0.05$), Yang과 Park(1998)이 전분의 첨가량이 증가함에 따라 수리미의 겔 강도가 증가하였다고 보고한 것과 유사한 것을 알 수 있었다. 이는 전분의 입자가 열에 의해 팽창하면서 겔 구조 사이를 지탱해 주면서 단단한 겔을 형성한다고 설명할 수 있다(Yang and Park, 1998).

가열감량은 타피오카를 첨가하지 않은 경우 0.1 M의 식염을 첨가한 처리구에서 28.8%가 나타났고 0.3 M의 식염을 첨가한 경우 6.75%의 감량을 보여 식염농도가 가열감량에 영향을 주었으며($p<0.05$), 0.45 M의 식염을 첨가한 처리구에서는 전처리구에서 가열감량이 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Lyons 등(1999)이 저지방 돈육 소시지에 타피오카 전분을 처리하여 가열감량을 낮추었다는 결과와 유사하였다. 즉 단백질이 열에 의한 망상구조를 형성하는 동시에 전분의 망상구조 형성이 서로 상승효과를 내면서 겔 강도 및 가열수율이 증가한 것으로 사료된다.

주사열량분석

타피오카 전분의 첨가량과 식염의 농도에 따른 돈육 근원섬유 단백질의 열량 변화를 찰하기 위하여 열량분석을 실시하였다(Fig. 1). Ramirez-Suarez 등(2005)이 근원섬유 단백질의 열량변화에 대해 보고한 것과 유사하게 myosin heavy chain의 변성 온도인 60°C, myosin light chain의 변성 온도인 67°C, actin의 변성 온도인 75°C 부근에서 피크가 관찰되었고, 타피오카 전분을 첨가한 처리구에서는 추가적으로 55°C에서 피크가 관찰되었다. 이는 타피오카 전분이 겔화가 시작되어 나타난 피크라고 사료된다. 본 연구 결과에 의하면 식염의 첨가량에 따라 피크의 차이는 관찰되지 않았는데 Thorarinsdottir 등(2002)에 의하면 근원섬유 단백질에 염을 첨가함에 따라 피크의 차이가 있다고 보고하였다. 본 연구의 결과와 차이를 보인 이유는 본 연구에서 사용한 단백질이 비교적 용해도가 낮아 식염의 농도에 따른 피크의 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

Table 4. Gel strength and cooking loss of pork myofibrillar protein with various levels of tapioca starch at different salt levels

Parameters	Salt (M)	Tapioca starch (%)		
		0	1	2
Gel strength (gf)	0.10	8.26±1.08 ^{cC}	9.21±0.89 ^{cB}	11.1±0.95 ^{cA}
	0.30	27.4±5.83 ^{bC}	48.7±16.1 ^{bB}	60.2±16.6 ^{bA}
	0.45	67.1±8.42 ^{aC}	86.0±7.87 ^{aB}	100.7±16.8 ^{aA}
Cooking loss (%)	0.10	28.8±13.0 ^a	-	-
	0.30	6.75±6.14 ^b	-	-
	0.45	-	-	-

^{A-C}Means with same subscript in a same row are not different ($p>0.05$).

^{a-c}Means with same subscript in a same column are not different ($p>0.05$).

- : no cooking loss or trace amounts

Fig. 1. Differential scanning calorimetry of pork myofibrillar protein with various levels of tapioca starch at different salt levels. TS, Tapioca starch.

다. 타피오카 전분을 첨가한 처리구간에 비교하였을 때도 피크 위치의 차이가 나타나지 않았는데 이러한 결과는 전분이 단백질의 unfolding 현상에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 전분은 OH기를 가지고 있는 음이온계 다당류이고 근원섬유 단백질은 임의로 pH를 등전점보다 높은 6.25로 유지시켰다. 이로 인해 음전하를 띠는 두 물질이 만나게 되었고 염의 첨가로 이들 간의 반발력을 저하시켜 상분리는 나타나지 않았지만 두 성분의 상호작용보다는 독립적으로 작용한 것으로 사료된다.

전기영동

추출한 근원섬유 단백질과 타피오카 전분 간의 상호작용을 관찰하기 위해 전기영동을 실시하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다. 분자량이 195 kDa인 부분에는 myosin heavy chain(MHC)이 나타났고, 분자량이 45 kDa인 부분에는 actin

이 나타났으며 그 밖에 10개 이상의 분획이 나타났다. 타피오카 전분을 첨가한 처리구와 첨가하지 않은 처리구를 비교한 결과 단백질 분획이 큰 차이를 보이지 않았으며 식염의 농도로 인한 차이도 나타나지 않았다. 전기영동은 단백질의 분자량을 유추할 수 있는 방법인데 전기영동 시 계면활성제인 SDS가 단백질의 소수성결합을 절단하여 단백질 분자를 해리시키는 역할을 한다(Song and Park, 2000). 하지만 본 연구의 전기영동 결과 타피오카 전분의 단백질 함량은 1% 이하이고(Kim *et al.*, 2007), 단백질과 전분 간의 상호작용이 나타나지 않아 전기영동에서 분획으로 나타나지 않은 것으로 사료된다. 따라서 이상의 결과에 의하면 가열처리 시 근원섬유 단백질과 타피오카 전분의 상호작용보다는 독립적으로 수분을 보유하여 겔 강도와 가열수술에서 상승효과를 야기한 것으로 판단되었으며(Table 4), 따라서 이러한 현상은 근원섬유 단백질과 타피오카 전

Fig. 2. SDS-PAGE of myofibrillar protein containing various levels of tapioca starch at different salt levels.

Table 5. Physicochemical and textural properties of pork model sausages with various levels of tapioca and transglutaminase (TGase, 1%)

Parameters	Tapioca (%)			TG (%)	
	0	1	2	0	1
pH	6.13±0.09 ^{ab}	6.13±0.12 ^a	6.12±0.008 ^b	6.13±0.08 ^a	6.12±0.05 ^b
Lightness (L)	76.2±0.71 ^a	76.4±0.32 ^a	76.7±0.66 ^a	76.6±0.61 ^a	76.3±0.58 ^a
Redness (a)	8.47±0.7 ^a	8.15±0.46 ^a	8.31±0.37 ^a	8.31±0.6 ^a	8.32±0.46 ^a
Yellowness (b)	4.48±0.33 ^a	4.79±0.37 ^a	4.76±0.51 ^a	4.61±0.28 ^a	4.75±0.53 ^a
Moisture (%)	82.4±0.49 ^a	82.4±1.19 ^a	81.4±0.67 ^b	82.2±1.11 ^a	81.9±0.70 ^a
Fat (%)	1.13±0.33 ^a	1.17±0.29 ^a	1.22±0.54 ^a	1.31±0.36 ^a	1.04±0.37 ^a
Expressible moisture (EM, %)	36.3±3.29 ^a	36.2±4.81 ^a	29.2±3.91 ^b	33.0±5.0 ^a	34.9±5.35 ^a
Cooking loss (CL, %)	0.57±0.57 ^a	0.42±0.33 ^a	0.14±0.21 ^a	0.17±0.27 ^a	0.58±0.46 ^a
Hardness (gf)	3516±887 ^a	3979±1307 ^a	3778±1213 ^a	2749±162 ^b	4766±598 ^a
Springiness (cm)	7.85±0.3 ^a	7.89±0.34 ^a	7.91±0.39 ^a	7.61±0.2 ^b	8.16±0.14 ^a
Gumminess	43.8±14.0 ^a	52.8±24.4 ^a	48.4±22.6 ^a	30.8±5.68 ^b	65.9±12.5 ^a
Chewiness	346±119 ^a	422±206 ^a	387±192 ^a	234±44 ^b	553±107 ^a
Cohesiveness	0.012±0.001 ^a	0.016±0.010 ^a	0.012±0.002 ^a	0.011±0.001 ^b	0.016±0.008 ^a

^{a,b}Means with same subscript in a same row (Tapioca and TGase) are not different ($p>0.05$).

분 간의 직접적인 상호작용에 의한 것이 아닌 것으로 사료된다.

타피오카를 첨가한 돈육 모델소시지의 품질평가

타피오카를 근원섬유 단백질에 첨가함으로써 겔 강도의 증가를 나타냄에 따라서 실제로서 제품에서 효과가 있는지를 알아보기 위하여 TGase 첨가와 함께 모델소시지제품 실험을 실시하였다. 타피오카와 TG간의 상관관계가 발생하지 않아서($p>0.05$) 각각을 서로 타피오카 첨가량에 따라 그리고 TGase 첨가구에 따라서 분석하였다(Table 5). pH와 수분 및 유리수분은 타피오카 2% 첨가에 의해 감소하였으나($p<0.05$), 색도와 일반성분 및 조직감에서는 뚜렷한 차이를 보이지 못했다($p>0.05$). 이러한 결과는 타피오카 첨가와 농도가 높아짐에 따라 겔 강도가 높아진다는 이전의 근원섬유단백질을 이용한 모델연구와 차이를 보이고 있음으로써, 추출한 근원섬유 단백질에 첨가하였을 때에는 타피오카 첨가에 의하여 겔 강도가 증가되었으나, 고기와 첨가제를 첨가하였을 때에는 이러한 결과가 미약한 것으로 나타남으로써 모델연구와 실제 제품에는 약간의 차이를 보이고 있다. Ahn(2005)은 타피오카 전분을 이용하여 절편을 제조하였고, 약 15% 이상 첨가한 처리구부터 단단한 질감을 보였다고 보고하였으며, 이러한 결과로 볼 때 타피오카의 함량이 늘어나면 경도가 증가할 수 있음을 예견할 수 있다. 또한 타피오카에 의한 겔 강도가 고기 단백질을 비롯한 첨가물에 의하여 무색해 짐으로써 겔 강도의 증가는 없었지만 보수력의 증가는 뚜렷하였다(Table 4). 한편 1% TGase의 첨가는 pH의 감소와 함께 조직감의 증가를 나타내었다. Chin 등(2009)은 탄수화물인 콘작(konjac flour)이 TGase로 유도된 돈육 근원섬유단백질에서 조직감의 증가와 함께 보수력의 감소를 보완하는 역할을 한다고 보고하였다.

요 약

본 연구는 돈육 근원섬유 단백질에 식염의 농도와 타피오카 전분의 첨가량을 달리하여 점도, 겔 강도, 가열감량, 열량분석 및 전기영동의 변화를 관찰하여 근원섬유 단백질의 물성에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해 실시하였다. 점도를 측정된 결과 식염의 농도가 증가함에 따라 혼합물의 점도가 유의적으로 증가하였으나, 타피오카 전분의 첨가에 따른 효과는 보이지 않았다($p<0.05$). 겔 강도는 식염의 농도와 타피오카 전분의 상호작용이 나타났고 식염의 농도와 타피오카 전분의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 가열감량에서도 타피오카 전분의 첨가로 인해 효과를 보여, 가열감량이 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 열량분석을 통해 단백질의 변성을 관찰한 결과 55°C에서 타피오카 전분이 겔을 형성하기 시작하는 피크가 보였으며, 그 이외의 피크에서는 식염의 농도와 타피오카 전분에 의한 피크 차이를 보이지 않았다. 전기영동의 결과 식염의 농도와 타피오카 전분의 첨가에 따른 단백질 분획 간의 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 근원섬유 단백질에 타피오카 전분을 첨가함으로써 겔 강도와 가열수율을 향상시키는 것으로 평가되었으며, 이러한 결과를 기초로 모델소시지를 제조하였다. 모델소시지의 결과로 2% 타피오카 첨가에 의해서는 유리수분이 낮아짐으로써 보수력을 증가하였으나 조직감의 증가는 나타나지 않은 반면 1%의 TGase의 첨가는 타피오카의 첨가유무에 상관없이 조직감을 증가시켰다. 따라서 TGase를 1% 첨가하고 타피오카 전분을 첨가할 경우 겔강도의 증가와 함께 보수력을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Ahn, G. J. (2005) Quality characteristics of the chol-pyon added tapioca powder. *Korean J. Culinary Research* **11**, 179-189.
2. AOAC (2000) Official methods of analysis. Association of Official Analysis Chemists (17th ed). Maryland, USA.
3. Bourne, M. C. (1978) Texture profile analysis. *Food Technol.* **32**, 62-66, 72.
4. Chin, K. B. (2002) Manufacture and evaluation of low-fat meat products (a review). *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **22**, 363-372.
5. 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: Effect of salt level and transglutaminase incubation. *Meat Sci.* **81**, 565-572.
6. Copeland, L., Blazke, J., Salman, H., and Tang, M. C. (2008) Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids* **23**, 1527-1534.
7. Gornall, A. G., Bardawill, C. J., and David, M. M. (1949) determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* **177**, 751-766.
8. Jauregui, C. A., Regenstein, J. M., 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.
9. Kang, G. H., Han, C. Y., Joo, S. T., Kim, B. C., and Park, G. B. (2006) Effect of addition levels of sodium chloride on gel properties of surimi-like pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **26**, 20-27.
10. Kim, C. J. and Han, E. S. (1991) Effect of NaCl, phosphate and pH on the functional properties of a mixed system of pork myofibrillar and plasma proteins. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 428-432.
11. Kim, C. J. and Kim, C. B. (1990) Studies on rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate: I. Effect of added water, NaCl and protein concentration on the rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. *Korean J. Anim. Sci.* **32**, 43-48.
12. Kim, I. S., Joo, D. S., Kim, D. S., and Kim, J. D. (2007) Food and Health, Shin Kwang Mun Hwa Sa. pp. 144-145.
13. Li, Y., Shoemaker, C. F., Ma, J., Kim, J. M., and Zhong, F. (2008) Structure-viscosity relationships for starches from different rice varieties during heating. *Food Chem.* **106**, 1105-1112.
14. Lyons, P. H., Kerry, J. H., Morrissey, P. A., and Buckley, D. J. (1999) The influence of added whey protein-carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. *Meat Sci.* **51**, 43-52.
15. Mishra, S. and Rai, T. (2006) Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids* **20**, 557-566.
16. Park, H. K., Oh, H. R., Ha, J. W., Kang, J. O., Lee, K. T., and Chin, K. B. (2003) The science and technology of meat and meat products. Sun Jin Mun Hwa Sa. pp. 103-104.
17. Rameirez-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.
18. Song, J. C. and Park, H. J. (2000). Food Rheology, Ulsan University Press Center, pp. 151, 166, 202.
19. SPSS (2008). SPSS 17.0 for windows. SPSS Inc. USA.
20. Thorarinsdottir, K. A., Arason, S., Geirsdottir, M., Bogason, S. G., and Kristbergsson, K. (2002) Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadus morhua*) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry. *Food Chem.* **77**, 377-385.
21. Xiong, Y. L. (1993) A comparison of the rheological characteristics of different fractions of chicken myofibrillar proteins. *J. Food Biochem.* **16**, 217-227.
22. Xiong, Y. L. and Kenney, P. B. (1999) Functionality of proteins in meat products. *Proceed. Recipr. Meat Conf.* **52**, 67-69.
23. Yang, H. and Park, J. W. (1998) Effects of starch properties and thermal-processing conditions on surimi-starch gels. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **31**, 344-353.

(Received 2012.1.9/Revised 2012.4.10/Accepted 2012.4.20)