

Transglutaminase와 도토리 및 녹두 가루 첨가가 저지방/저염 돈육 모델소시지의 품질에 미치는 영향

이홍철 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학 연구소

Effect of Transglutaminase, Acorn, and Mungbean Powder on Quality Characteristics of Low-fat/salt Pork Model Sausages

Hong Chul Lee and Koo Bok Chin*

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

Abstract

Low-fat pork sausages (LFPS) were prepared with 1% transglutaminase (TG) and 0.5% sodium caseinate (SC), and with or without different type of hydrocolloids (0.3%; acorn, AC or mungbean, MB) to evaluate the effects of these ingredients on the physicochemical and textural properties of LFPS with reduced salt. pH, moisture content (%) and lightness of low-fat/salt pork sausages (LFSPS) were affected by the addition of TG combined with SC (TG-SC) and acorn or mungbean powders affected the lightness and yellowness of LFSPS. However, cooking yield of LFSPS decreased, while textural properties were increased with the addition of TG-SC combination, which did not affect expressible moisture contents (%) of LFSPS. Both AC and MB tended to improve the cooking yield and water holding capacity of LFSPS, especially, MB rather than AC. However, these had no effect on the textural properties of LFSPS, except for textural chewiness. These results indicated that AC and MB powders could be used as a water binding agent in TG-SC combination of LFSPS.

Key words: low-fat/salt pork sausages, transglutaminase, sodium caseinate, acorn and mungbean powder, physicochemical and textural properties

서 론

최근 선진국에서는 과학적인 연구결과에 근거하여 식품 섭취에 대한 제안과 권고가 제시되고 있다. 미국심장협회(American heart association, AHA)에서는 식품 섭취 시 지방, 포화지방 및 콜레스테롤의 섭취량 제한을 촉구하고 있으며(AHA, 2000), 세계 보건 기구(World health organization, WHO)와 영양에 관한 과학 자문 위원회(Scientific Advisory Committee on Nutrition, SACN)에서는 1일 식염 섭취량을 6g 이하로 줄여야 한다고 권고하였으며(SACN, 2003), 또한 식품으로 섭취하는 나트륨 양은 1일 2,300mg 이하로 섭취하도록 제안되었다(United States Department of Health and Human Services, 2005). 이와 같은 제도적

제안과 함께 웰빙(Well-being)과 건강지향적인 생활방식(Lifestyles of Health and Sustainability, LOHAS)이라는 세대의 추세에 따라 건강지향적인 식품소비에 대한 관심이 높아지고, 식품가공을 위한 첨가물의 배합에 있어 수정이 불가피하게 되었다. 하지만 시중에 판매되고 있는 육가공 제품의 성분과 품질특성에 대한 선행 연구 결과에 따르면, 한국형 육가공 제품의 지방함량은 적게는 11%에서 많게는 21%까지, 대부분 15% 정도 첨가되었고, 식염함량의 경우는 1.8%에서 약 2.5%로 모든 제품군에서 1.5% 이상 첨가된 것으로 조사되었다(Kim *et al.*, 2005). 또한 최근 국내에서 시판되는 육제품의 품질을 평가한 연구에서도 등심 햄을 가공한 처리구를 제외하고 모든 제품군의 지방함량이 10% 이상이었으며, 심지어는 30%가 넘는 지방함량이 조사되었다(Chin *et al.*, 2006). 이러한 결과를 참고해 볼 때, 시중에 판매되는 육제품이 소비자의 욕구를 충족시키지 못하고 있음을 알 수 있다. 한편, 최근 급식시장이 큰 증가 추세를 보이고 있어 육제품에 대한 영양사들

*Corresponding author : Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 500-600, Korea. Tel: 62-530-2121, Fax: 062-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

의 인식과 의사가 효율적으로 반영될 필요가 있다는 조사 결과에 따르면, 육가공품에 대한 부정적인 인식이 긍정적인 인식보다 높은 경향을 보였으며 관련 연구의 근거자료에서도 부정적인 인식의 배경에는 방부제 사용이나 나트륨 과다 및 건강에 해로운 점 등이 문제로 인식되었다(Yong *et al.*, 2009). 그러므로 건강기능성 육제품의 개발에 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다(Jimenez-Colmenero *et al.*, 2001).

하지만 사회적 배경과 요구 및 필요성에 대한 공감에도 불구하고, 육제품의 품질을 유지하기 위해서는 적절한 지방 및 식염함량이 필수적이다(Keeton, 1994; Puolanne and Terrell, 1983). 특히, 유화형 육제품 제조에 첨가되는 지방과 식염의 첨가량이 제품의 수율을 비롯한 최종 제품의 맛과 풍미에 영향을 주기 때문이며(Yoo *et al.*, 2007), 결과적으로는 소비자의 제품 선호도에 영향을 주게 된다(Ruusunen *et al.*, 1999). 한편, 유화형 육제품에 첨가되는 지방과 식염의 함량을 줄이기 위한 많은 연구가 수행되었으며, 특히 지방과 식염을 줄이기 위해서 기존의 유화형 시스템을 식품 단백질과 새로운 천연 물질 사이에 형성되는 겔 시스템으로 대체하는 연구에 집중되어 왔다(Chin and Lee, 2002). 최근 연구에서는 해조류나 수분을 보유하는 능력이 뛰어난 konjac flour와 같은 물질들을 여러 식물유래 단백질 등과 혼합 첨가하여 바람직한 단백질-수분 겔 시스템을 구축함에 따라 실제 저지방/저염 육제품 제조에 적용되었을 때, 기존의 유화형 제품과 유사한 성상을 지닌 것으로 평가되었다(Lee and Chin, 2009). 또한, 최근 항산화 활성이 보고된 도토리 가루(Shim *et al.*, 2004)나 녹두(Anwar *et al.*, 2007)는 가열처리를 통해 탄력성이 매우 높은 겔을 형성하는 것으로 알려져 있으며(Na *et al.*, 2002), 우리나라 전통의 겔 식품인 묵의 제조 원료로 사용되어 왔다(Cho and Kim, 2000). 이러한 특성을 응용한 이전 연구에서는 도토리 가루를 저지방 소시지의 새로운 지방 대체제로써 보고하였다(Chin and Ban, 2008).

저염 육제품의 제조는 염용성 단백질의 추출성이 낮아짐에 따라 제조 공정 중에 수분을 보유하는 능력이 떨어지고, 최종 제품의 수율과 조직감 모두 저하된다(Trout and Schmidt, 1984). 그러므로 저지방/저염 육제품 제조를 위해서는 가공과정 중 수분과의 결합력을 유지하면서, 동시에 최종 제품의 물성증진을 유도하는 염용성단백질의 역할을 대체할 수 있는 새로운 물질의 도입이 필요하다. 이와 관련하여 미생물 유래의 transglutaminase(TG)는 식품 단백질의 lysine 잔기와 glutamine 잔기 사이의 교차결합을 촉매 하는 효소로써 가열 처리나 식염 첨가 없이 육제품의 제조가 가능하게 하는 물질로 알려져 있다(Kuraishi *et al.*, 1997). 특히, 저염 조건에서 제조된 육제품의 조직감을 증진시키는 것으로 보고되었다(Lee *et al.*, 2005). 그러나 단백질 간의 교차결합의 형성으로 인한 조직감의 향상

은 확실한 반면에, 가열처리 가공과정 중에 수분을 보유하는 데 긍정적인 영향을 보인다는 결과는 식염함량, TG와 복합 첨가한 물질의 종류나 첨가량과 같은 제조 조건에 의존적이었다(Pietrasik *et al.*, 2007). 또한, 저지방/저염 조건으로 제조한 재구성 육제품의 경우, TG에 대한 기질로서 첨가한 sodium caseinate가 무첨가 대조구나 whey protein isolate를 첨가한 처리구에 비해 유의적으로 높은 수율과 함께 조직감 증진에 기여한 것으로 보고되었다(Lee *et al.*, 2005).

이와 같은 상황을 고려하여 볼 때, 저지방/저염 육제품의 조직감을 증진하기 위해서는 TG의 첨가가 효과적일 수 있으며(Sakamoto *et al.*, 1994), 도토리 가루나 녹두와 같은 기능성 물질의 물성 및 보수성은 저지방/저염 육제품의 제조에 응용 가능할 것으로 예상된다. 또한 여러 천연 물질의 도입을 고려함으로써 건강 및 소비자 지향적인 제품의 제조가 가능할 것으로 판단된다(Son *et al.*, 2009). 따라서 본 연구에서는 TG를 첨가한 육제품의 보수성 저하를 방지하고 바람직한 조직성상을 유지하기 위한 목적으로, 도토리 및 녹두가루를 첨가한 저지방/저염 돈육 모델 소시지의 성상을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

광주광역시 북구 양산동 삼호 축산에서 도축한 3원 교잡 돈육((Landrace×Large Yorkshire)×Duroc, 수컷 거세돈, A등급, 도체중량 82-86 kg)을 식육 도매점(현대유통, 광주, 대한민국)에서 목심 부분 육으로 구입하였고, 지방과 결체 조직을 제거하고 만육기(M-12s, 한국 후지 공업사, 부산, 대한민국)로 분쇄한 후 실험 전까지 냉동 보관하였다. Transglutaminase(TG-S, (주)한국 아지노모도, 서울, 대한민국)와 sodium caseinate(성풍양행, 서울, 대한민국)를 사용하였으며, 도토리묵가루와 녹두가루는 시중 마트에서 구입하여 사용하였다(함양농협, 경남 함양군, 대한민국).

저지방/저염 모델 소시지의 제조

지방/저염 돈육 모델 소시지는 Lee 등(2008)의 소시지 제조 방법에 따라 제조하였다. 동결한 원료육을 하루 전 냉장온도에서 해동시켜 준비하고, Table 1의 처리구 조건에 따라 인산염과 식염을 녹인 수용액에 돈육을 혼합하여 균질기(Ace Homogenizer, AM-3, Nissei, Tokyo, Japan)로 15,000 rpm에서 2분간 균질한 후, transglutaminase(TG)와 sodium caseinate(SC)를 단독 또는 도토리 가루나 녹두 가루와 함께 혼합하여 수화한 형태로 첨가하였고, 돈육 혼합물을 50 mL 시험관에 약 25 g씩 정량 하였다. 또한 시험관 내의 기포를 제거하기 위해서 원심분리기(J2-21, Beckman, USA)로 1000×g에서 1분 동안 원심 분리한 후,

Table 1. The formulation (%) of low-fat and low-fat/salt pork sausages

Treatments ¹⁾		Meat	Added Water	Salt	STPP ²⁾	TG	SC ³⁾	HC ⁴⁾
Experiment 1								
Salt	0.9%	70	28.7	0.9	0.4	-	-	-
	1.2%	70	28.4	1.2	0.4	-	-	-
	1.5%	70	28.1	1.5	0.4	-	-	-
Experiment 2								
CTL	NT	70	28.7	0.9	0.4	-	-	-
	TG	70	27.2	0.9	0.4	1	0.5	-
T1	NT	70	28.4	0.9	0.4	-	-	0.3
	TG	70	26.9	0.9	0.4	1	0.5	0.3
T2	NT	70	28.4	0.9	0.4	-	-	0.3
	TG	70	26.9	0.9	0.4	1	0.5	0.3

¹⁾Treatments: low-fat (<3%) pork sausage (LPS) manufactured with different salt levels (0.9-1.5%, experiment 1); low-fat (<3%)/salt (<1%) pork sausage (LFSPS) prepared with 1% transglutaminase (TG) or not (NT) (control, CTL) and 0.3% hydrocolloids (T1, acorn powder; T2, mungbean powder).

²⁾STPP: sodium tripolyphosphate.

³⁾SC: sodium caseinate.

⁴⁾HC: hydrocolloids (T1, acorn powder; T2, mungbean powder)

TG 첨가구의 효소반응을 위해 2시간 동안 냉장 보관하였다(Sakamoto *et al.*, 1994). 효소반응이 완료된 시험관을 항온수조(VS-1901W, Vision Scientific Co. Ltd., Korea)에 넣고, 75°C 조건에서 최종 소시지의 내부온도가 72°C가 되었을 때 종료하였고, 준비한 얼음에 신속히 냉각한 후, 실험 분석 전까지 냉장 보관하였다.

pH 측정

소시지 시료 10 g을 90 mL 증류수에 넣고 균질한 후, pH-meter(Model 340, Mettler-Toledo, Schwarzenbach, Switzerland)를 이용하여 5회 측정된 평균값으로 각 처리구의 pH를 평가하였다.

육색 측정

소시지의 단면을 색도 측정기(Color reader CR-10, Minolta Co. Ltd., Japan)으로 각각 4번씩 측정하였고, 기기에 산출된 hunter color values의 L(lightness, 명도), a(redness, 적색도), b(yellowness, 황색도)의 값을 평균값으로 하였다. 측정 기기의 흰색 표준 평판 값은 각각 L = 91.3±0.95, a = 1.43±0.35, b = -1.30±1.21이었다.

일반성분 검사

AOAC(2000)법에 의거하여 균질한 소시지 시료를 각각 dry oven법(수분함량 측정, 950.46)과 soxhlet 추출법(지방함량 측정, 991.36)을 이용하여 시료의 수분과 지방의 퍼센트 함량을 구하였다.

가열수율(%)

75°C 항온수조에서 약 30분간 가열(시료 내부온도 72°C

에서 종료)한 후, 시료로부터 유리된 수분을 제거하고, 시험관으로부터 시료를 꺼내어 외부 수분을 제거한 후 초기 시험관에 주입한 시료의 양으로부터 가열 후 감량을 계산하여 퍼센트 함량으로 가열수율을 평가하였다.

가열수율(Cooking yield, CY, %) =

$$\frac{\text{가열 후 남은 시료의 양}}{\text{가열 전 시료의 양}} \times 100$$

유리수분량(%)

원심분리에 의한 시료의 유리수분량을 측정하기 위해 각 처리구당 1.5 g씩 정량하여 준비된 여과지(Whatmann #3)에 싼 후, 원심분리기(Model VS-5500, Vision Science Co., Ltd, Korea)에 넣고, Jauregui 등(1981)의 방법을 수정한 조건, 1000×g에서 15분 동안 원심분리한 후, 최종 시료로부터 여과지에 유리된 수분 양을 시료 무게로 나눠 퍼센트 함량으로 평가하였다.

유리수분량(Expressible moisture, EM, %) =

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

조직감 검사

저지방/저염 모델 소시지의 시료를 13 mm 높이로 자른 후, 12.5 mm 직경의 puncture로 정형하여, Bourne(1978)의 방법에 따라 Instron Universal Testing Machine(Model 3344, Canton, MA, USA)을 이용하여 texture profile analysis (TPA)를 실시하였다. 이 때 시험조건은 50 kg의 load cell 에 compression probe를 장착하여 시료 원래 높이의 약

75%로 설정하고, 300 mm/min의 cross speed에서 두 번 물림 시험을 실시하였으며, Merlin program에 의해 경도(hardness, gf), 탄력성(springiness, cm), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 평가하였다.

통계처리

SPSS 10.1 통계분석 프로그램(2001)을 이용하여 transglutaminase(TG) 첨가 유무와 처리구를 요인으로 이원배치 분산분석을 실시하였다. TG 첨가 유무와 처리구 사이의 상호작용과 각 요인별 효과를 분석하였고, 상호작용이 없는 경우($p>0.05$)에는 결과를 종합하여 실험항목별 각 요인에 의한 효과를 평가하였다. 또한 유의차를 보인 실험항목($p<0.05$)은 사후분석을 통해 Duncan의 다중 검정법을 실시하여 평가하였다.

결과 및 고찰

식염첨가량 감소에 의한 저지방 돈육 소시지의 품질특성 평가(실험 1)

식염첨가량을 각각 0.9, 1.2, 및 1.5%로 달리하여 제조한 저지방 돈육 모델 소시지의 식염첨가량에 따른 품질 평가 결과(실험 1)는 가열 수율을 제외한 모든 실험항목에서 식염첨가량에 의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 2). 그러나 식염첨가량 감소에 따른 가열 수율의 저하 현상이 나타남에 따라 저지방/저염 육제품 제조를 위해서는 가공과정 중 제품의 보수성을 유지시킬 수 있는 대안이 있어야 함을 알 수 있다($p<0.05$). 따라서 이전 실험결과를 통하여 본 연구에서는 가열수율의 저하를 보인 식염첨가량 0.9% 조건에서 도토리 및 녹두 가루를 첨가할 때 저지방/저염 돈육 모델소시지에 미치는 영향과 transglutaminase에 의한 가교결합 촉매 반응 시 제품의 특성을 확인하고자 다음 연구를 수행하였다(실험 2).

Transglutaminase 첨가 유무와 처리구 요인 간의 상호작용(실험 2)

저지방/저염 돈육 소시지의 품질평가 항목에 대한 transglutaminase(TG) 첨가 유무와 도토리 또는 녹두 가루 첨가에 의한 처리구 요인 간의 상호작용은 각각 명도와 씹힘성에서 나타났었다($p<0.05$). 반면에 그 외의 이화학 및 조직감 검사항목에서는 두 요인 간의 상호작용이 나타나지 않았다($p>0.05$). 한편, 각 요인에 의한 효과 중, TG 첨가는 소시지의 pH, 수분, 명도에 영향을 주었고($p<0.05$), 수율과 조직감에도 영향을 미쳤다($p<0.05$). 이와 달리 도토리나 녹두 가루 첨가에 의한 처리구 효과는 소시지의 명도와 황색도에서 나타났으며($p<0.05$), 또한 보수성 평가와 관련한 소시지의 수율과 유리수분량에 영향을 주었다($p<0.05$). 특히, 조직감 검사 결과에서는 씹힘성에서만 효

Table 2. The product characteristics of low-fat pork sausages as affected by different salt levels

Experiment 1		Salt level (%)		
		0.9	1.2	1.5
pH	Mean	6.42	6.42	6.41
	SD	0.04	0.03	0.05
Moisture	Mean	78.7	79.3	78.7
	SD	1.42	1.02	0.79
Fat	Mean	2.62	2.46	2.55
	SD	0.38	0.39	0.28
Lightness	Mean	73.8	73.7	73.7
	SD	0.40	1.21	0.57
Redness	Mean	7.22	6.95	6.98
	SD	0.18	0.15	0.20
Yellowness	Mean	9.40	9.23	9.48
	SD	0.40	0.55	0.42
Cooking Yield	Mean	94.4 ^b	97.0 ^a	97.2 ^a
	SD	1.35	1.43	0.68
Hardness	Mean	2297	2189	2378
	SD	492	795	359
Springiness	Mean	0.17	0.26	0.19
	SD	0.06	0.01	0.02
Gumminess	Mean	21.4	21.9	22.2
	SD	7.17	4.48	5.38
Chewiness	Mean	3.40	6.17	4.21
	SD	0.86	2.12	0.63

Treatments: low-fat (<3%) pork sausage (LPS) manufactured with different salt levels (0.9-1.5%).

^{a-b}Means with the same row having same superscripts are not different ($p>0.05$).

과를 나타냈다($p<0.05$). 위와 같이 요인 간 상호작용이 미미함에 따라 각 요인으로 종합한 평균값을 분석하였다 (Table 3-4).

Transglutaminase와 도토리 및 녹두 가루 첨가가 저염 돈육 모델 소시지의 pH, 일반성분 및 색도에 미치는 영향(실험 2)

저지방/저염 소시지의 pH, 일반성분 및 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. TG 첨가는 지방함량에 영향을 주지 않았으나($p>0.05$), pH의 증가와 수분함량의 감소에 영향을 주었다($p<0.05$). 또한 TG 첨가는 소시지의 명도를 감소시켰다($p<0.05$). 하지만 제품의 적색도와 황색도에는 효과를 보이지 않았다($p>0.05$). 이와 관련하여 이전 연구에서는 저염 재구성 햄 제조를 위해 첨가한 TG(0.3%)와 카제인 염과 농축 유청 단백질과 같은 우유단백질의 1% 첨가는 제품의 색도에 영향을 주지 않았으며, 이는 제조한 제품의 원료육과 첨가물 조합이 본 연구와 차이가 있음에 기인한다(Lee *et al.*, 2005). Pietrasik과 Jarmoluk(2003)은

Table 3. Means of pH, proximate compositions, and hunter color values of low-fat/salt pork sausages as affected by transglutaminase and/or hydrocolloids

	pH	Moisture	Fat	Lightness	Redness	Yellowness
NT	6.44 ^b	79.5 ^a	2.49 ^a	72.8 ^a	6.98 ^a	9.27 ^a
TG	6.48 ^a	77.6 ^b	2.64 ^a	72.0 ^b	7.52 ^a	9.10 ^a
CTL	6.48 ^a	78.4 ^a	2.59 ^a	73.5 ^a	7.38 ^a	9.55 ^a
T1	6.46 ^a	78.6 ^a	2.57 ^a	70.9 ^c	6.86 ^a	8.35 ^b
T2	6.47 ^a	78.7 ^a	2.52 ^a	72.9 ^b	7.51 ^a	9.65 ^a
SEM ²⁾	0.01	0.17	0.20	0.08	0.11	0.08

Factors: low-fat/salt pork sausage (LFSPS; fat<3% and salt<1%) as affected by transglutaminase (TG) (NT, no TG; TG, TG added) and treatment (TRT) (CTL, control without hydrocolloid; T1, acorn powder; T2, mungbean powder).

^{a-c}Means with the same column having same superscripts are not different in same factor (transglutaminase or treatment) ($p > 0.05$).

²⁾SEM: standard error mean.

sodium caseinate(SC)와 κ -carrageenan(CGN) 및 microbial transglutaminase(MTG)의 함량을 달리하여 평가한 최적 조합 연구에서 SC는 적색도에서, MTG는 황색도에서 효과가 나타났고, CGN은 적색도와 황색도 모두에서 효과가 나타났다고 보고하였다. 한편, SC와 MTG 간에는 황색도에서, 또한 SC와 CGN 간에는 황색도와 적색도 모두에서 상호작용이 나타났다. 특히, SC와 CGN의 첨가를 제외한 경우, 가열 중 수분의 유실이 많아짐에 따라 단백질 함량이 상대적으로 높아져 적색도가 증가되는 것으로 보고하였다. 이 또한 첨가물 조합에 의한 색도의 영향이 상이함을 뒷받침해주는 결과라고 판단된다.

도토리 및 녹두 가루의 첨가(0.3%)는 pH 및 일반성분 함량에는 영향을 주지 않은 반면에($p > 0.05$), 명도가 감소되었다($p < 0.05$). 특히 도토리 가루 첨가구는 녹두 가루 첨가구보다 더 낮은 명도를 나타냈다($p < 0.05$). 또한 녹두 가루 첨가가 소시지의 황색도에 영향을 주지 않은 반면에($p > 0.05$), 도토리 가루 첨가구는 황색도가 감소하였다($p < 0.05$). Chin과 Ban(2008)이 보고한 연구 결과에 따르면, 저지방 소시지의 지방대체재로서 첨가된 도토리 가루는 그 첨가량(0.5%와 1.0%)이나 첨가 형태(분말과 수화)의 차이에 의한 색도의 차이는 없었으나, 도토리 가루를 첨가한 모든 처리구의 명도는 무첨가 대조구에 비해 감소했다고 보고하였다. 반면에 도토리 가루 첨가는 저지방 소시지의 황색도에 영향을 주지 않았으며, 이러한 결과는 다른 지방대체재 첨가(대두단백질)나 혼연 또는 기타 가공에 의해 상쇄된 것으로 사료된다. 이와 달리 본 연구에서는 황색도에서도 유의적인 차이를 보임에 따라($p < 0.05$), 도토리 가루 첨가는 돈육 소시지의 명도와 황색도 모두에 영향을 준다고 결론지을 수 있다($p < 0.05$). 한편, 녹두 가루 첨가구는 도토리 가루 첨가구와 마찬가지로 명도에 유의적인

감소를 가져왔으나($p < 0.05$), 도토리 가루 첨가에 의한 명도 감소 영향보다는 미미하였으며($p < 0.05$), 도토리 가루 첨가 효과와는 달리 황색도에도 영향을 주지 않은 것으로 평가되었다. 특히, 녹두 가루는 도토리 가루와 같이 단일 성분에 의한 묵 가루 특성보다는 정제되지 않은 가루 형태로서 Jung 등(1991)이 보고한 녹두 전분 상태의 이화학적 특성과는 차이를 보였으며, TG 첨가에 의한 상호작용이 명도 감소에 영향을 준 것으로 사료된다.

Transglutaminase와 도토리 및 녹두 가루 첨가가 저염 돈육 모델 소시지의 보수성 및 조직감에 미치는 영향(실험 2)

저지방/저염 소시지의 보수성 및 조직 특성을 측정된 결과는 Table 4와 같다. TG 첨가에 따른 돈육모델소시지의 성상에서, TG 첨가는 가열수율에 영향을 준 반면에, 유리수분량에는 영향을 주지 않았다($p > 0.05$). 이러한 결과는 TG 첨가에 의해 유도된 조직의 변화는 가열과정 중 대조구에 비해 오히려 수분을 더 많이 방출한 것에 기인된다($p < 0.05$). 하지만 가열 처리가 완료된 시료의 보수성 평가에서는 예측과 달리 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 이와 관련하여 재구성 우육의 식염함량과 인산염 종류에 따른 보수력과 조직특성을 평가한 이전 연구 결과에서는 식염과 인산염 종류에 의존적으로 가열감량에 유의적인 차이를 보였다고 보고하였다(Trout and Schmidt, 1984). 또한 이와 유사한 경향으로 조직 특성(인장강도)에 영향을 주었고, 특히 가열감량으로 표현되는 보수성은 조직적 특성과 매우 높은 상관성을 갖고 있다고 보고하였다.

처리구에 의한 저지방/저염 소시지의 보수성에 미치는 효과는, 도토리 가루(T1)와 녹두 가루(T2)의 첨가가 대조구에 비해 높은 가열수율을 나타냈다($p < 0.05$, Table 4). 또한 유리수분량도 감소했으며($p < 0.05$), 특히 녹두 가루 첨가구의 유리수분량은 도토리 가루 첨가구에 비해 더 감소

Table 4. Means of water holding and textural properties of low-fat/salt pork sausages as affected by transglutaminase and/or hydrocolloids

	CY ²⁾	EM	HA	SP	GU	CH
NT ¹⁾	95.9 ^a	26.4 ^a	2555 ^b	0.17 ^b	27.1 ^b	4.47 ^b
TG ¹⁾	93.5 ^b	23.0 ^a	5537 ^a	0.49 ^a	50.8 ^a	24.2 ^a
CTL ¹⁾	93.3 ^b	29.7 ^c	3497 ^a	0.27 ^a	36.0 ^a	10.0 ^b
T1 ¹⁾	94.9 ^a	24.6 ^b	4393 ^a	0.39 ^a	42.3 ^a	18.5 ^a
T2 ¹⁾	95.8 ^a	19.8 ^a	4247 ^a	0.33 ^a	38.5 ^a	14.5 ^a
SEM ³⁾	0.24 ⁴	0.80	158	0.03	1.95	0.75

¹⁾As shown in Table 1.

²⁾Cooking yield, CY (%); expressible moisture, EM (%); hardness, HA (gf); springiness, SP, (cm); gumminess, GU; chewiness, CH.

^{a-c}Means with the same column having same superscripts are not different in same factor (transglutaminase or treatment) ($p > 0.05$).

³⁾SEM: standard error mean.

되었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 각 가루의 첨가가 가열과정 중에 수분 유리를 완충한 것으로 보이며, 특히 녹두가루의 수분 보수성이 도토리 가루보다 더 효과적이었다. 이와 관련하여 본 연구와 유사한 이전 모델연구 결과에 의하면, TG-SC(1%) 첨가 조건에서 식염을 0.3 M의 농도로 저감화 한 경우에 무첨가 대조구에 비해서 높은 가열 감량을 보였다(Chin *et al.*, 2009). 하지만 이에 *konjac flour* (KF)를 첨가한 경우에는 전혀 감량이 발생하지 않아 TG-SC에 기인된 돈육 목심 유래 근원섬유단백질 겔의 열 안정성이 KF의 보수성에 근거하여 효과적으로 보완된 것으로 평가되었다. 이러한 결과와 마찬가지로 TG-SC 조합으로 준비된 저지방/저염 돈육 소시지의 가열처리 과정 중에 첨가한 도토리 및 녹두가루의 첨가가 열에 안정적인 구조를 형성하는 데 기여함으로써 수분의 유리를 완충한 것으로 사료된다(Table 4). 한편, 이전 연구에서는 저지방 소시지 제조를 위해 지방대체제로 첨가한 carrageenan(CN)과 soy protein isolate(SPI) 중 CN을 도토리 가루로 대체하여 첨가량(0.5, 1.0%)과 첨가형태(가루, 수화)를 달리하여 제조하였으며, 그 결과 지방대체제 무첨가 저지방 소시지 대조구는 기존의 지방대체제(CN-SPI) 첨가 대조구와는 유리수분량 측정 결과에서 유의적인 차이를 보이지 않은 반면에, 유화형 소시지 대조구나 도토리 가루 첨가 저지방 소시지와 비교했을 때는 더 높은 유리수분량을 나타냈다(Chin and Ban, 2008). 단, 도토리 가루 첨가구 중, 0.5% 가루 형태로 첨가한 처리구는 지방대체제 무첨가 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않음에 따라 보수성 효과가 미미하였다. 또한 가열감량은 지방대체제 첨가 종류에 관계없이 모두 지방대체제 무첨가구와 유사하였다고 보고하였다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 사용한 도토리나 녹두가루의 첨가량 및 첨가 형태는 저지방/저염 조건의 돈육 모델 소시지의 보수성을 증진하는데 효과적이었다.

한편, 저지방/저염 소시지의 조직 특성에 대한 TG 첨가 효과는 소시지의 경도, 탄력성, 겹성 및 씹힘성 모두 2배 이상 상승시켰다($p < 0.05$). 이러한 결과는 TG의 첨가 및 4°C 냉장 조건에서의 약 2시간 배양으로 식품 단백질 잔기 간에 교차결합이 유도되었고, 가열처리 후 최종 제품의 조직감에 유의적인 효과를 나타낸 것으로 평가되었다. 이전 연구에서는 고농도의 식염에서 유도될 수 있는 돈육 햄 부위 단백질 간의 결합력이 냉장온도(5°C)에서 2시간 이상 배양하는 조건에서 TG(0.1%)와 SC를 복합 첨가하였을 때, SC 첨가량에 의존적으로 증진된다고 보고하였다(Kuraishi *et al.*, 1997). 하지만, SC 1% 첨가는 그 이상(2%)의 첨가와는 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 한편, 돈육 유래 단백질 겔의 조직 특성에 대한 microbial transglutaminase(MTG)와 첨가물 조합에 따른 효과를 평가한 연구에서는 MTG와 SC 또는 blood plasma(BP)를 조합

한 경우 겔 강도를 증진시켰다고 보고하였으나($p < 0.05$), MTG와 gelatin(G) 또는 soy protein isolate(SPI)의 조합은 겔 강도를 증진시키지 못했다고 보고하였다(Pietrasik *et al.*, 2007). 특히, 단백질 겔 시스템에서 MTG의 기질로써 SC가 가장 우수한 비 근육 단백질 첨가물(non-muscle protein, NMP)로 결론지었다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 사용한 TG(1%)와 SC(0.5%)의 복합 첨가는 저지방/저염 돈육 모델 소시지의 조직감을 증진시키는 조건으로 사료된다.

한편, 저지방/저염 돈육 모델소시지에 첨가한 도토리나 녹두 가루의 조직에 미치는 영향은 경도, 탄력성 및 겹성에는 나타나지 않았으나($p > 0.05$), 씹힘성에서만 높게 나타났다($p < 0.05$). 도토리 가루의 경우, 대부분 전분으로 구성된 목 가루 형태로 첨가되었고, 그로 인해 겔 형성에 의한 씹힘성의 증진이 가능했던 것으로 사료된다. 반면에 녹두 가루의 경우는 정제하지 않고 다양한 영양 성분이 혼재되어 있어, 전분 성분에 의한 겔 형성 효과 외에도, 우유 유래 단백질의 TG에 대한 기질로써의 작용과 유사한 역할이 이루어진 것으로 사료된다. 그 근거로는 녹두 가루의 아미노산 조성 중에 lysine 함량이 우유 성분의 lysine 함량과 유사한 것을 제시할 수 있다(Kim *et al.*, 1981). 본 연구에서 평가한 저지방/저염 돈육 소시지의 조직감 특성에 대한 결과를 종합해 볼 때, TG-SC 조합으로 준비된 저지방/저염 돈육 소시지의 조직감을 향상시키는데 있어 도토리 및 녹두 가루의 이용이 효과적이었으며, 특히 가열 수율과 보수성을 함께 고려해 볼 때 그 가능성은 더 크다고 평가된다.

요 약

본 연구는 저지방/저염 돈육 모델 소시지 제조에 있어서 transglutaminase(TG, 1.0%)와 sodium caseinate(SC, 0.5%)의 첨가와 0.3%의 도토리 또는 녹두 가루의 첨가가 가열 처리한 최종 제품의 이화학적 및 조직학적 특성에 미치는 효과를 평가하기 위한 목적으로 실시하였다. 제조된 저지방/저염 돈육 모델 소시지는 TG와 SC 첨가에 의해 pH가 높아지고, 수분 함량 및 명도가 낮아졌다. 한편, 저지방/저염 돈육 모델 소시지의 보수성과 조직감 측정 결과에서는 TG와 SC 첨가가 유리수분량에 영향을 주지 않은 반면에, 제품 수율은 감소되었으며, 소시지의 모든 조직감은 증진되었다. 도토리 또는 녹두 가루 첨가에 의한 소시지의 보수성 및 조직감의 변화는 도토리나 녹두 가루 첨가 모두 저지방/저염 돈육 모델 소시지의 수율을 상승시켰으며, 보수성 또한 증진시켰다. 특히 녹두 가루 첨가는 도토리 가루 첨가보다 더 높은 보수성 효과를 나타냈다. 반면에, 도토리나 녹두 가루의 첨가는 소시지의 씹힘성의 증진을 제외한 다른 조직감에는 영향을 주지 않았다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, TG와 SC의 첨가는 저지방/저염 돈육 제품의 조직감 향상에 매우 효과적인 반면에 도토리나 녹두 가루의 첨가는 TG와 SC의 첨가에 의한 보수성의 저하를 보완하는데 긍정적인 효과를 보였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. AHA (2000) American heart association guidelines: Revision 2000. *Circulation* **102**, 2284-2299.
2. Anwar, E., Latif, S., Przybylski, R., Sultana, B., and Ashraf, M. (2007) Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. *J. Food Sci.* **72**(7), 503-510.
3. AOAC (2000) Official methods of analysis of AOAC Intl. 17th edition. Method. 950.46, 991.36. *Association of Analytical Chemists*. Gaithersberg, MD, USA.
4. Bourne, M. C. (1978) Texture profile analysis. *Food Technol.* **32**, 62-66, 72.
5. Chin, K. B. and Ban, G. H. (2008) Evaluation of two levels and types of Acorn powder on product quality of low-fat sausages as a fat replacer. *J. Anim. Sci. Technol.* **50**(2), 217-226.
6. Chin, K. B. and Lee, H. C. (2002) Development of low-fat meat processing technology using interaction between meat proteins and hydrocolloids - II. Development of low-fat sausages using the results of model study. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **31**(4), 629-635.
7. Chin, K. B., Go, M. Y., and Xiong, Y. L. (2009) Konjac flour improved texture 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.
8. Chin, K. B., Kim, K. H., and Lee, H. C. (2006) Physicochemical and textural properties, and microbial counts of meat products sold at Korean markets. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **26**(1), 98-105.
9. Cho, S. A. and Kim, S. K. (2000) Particle size distribution, pasting pattern and texture of gel of acorn, mungbean, and buckwheat starches. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **32**(6), 1291-1297.
10. 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.
11. Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J., and Cofrades, S. (2001) Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.* **59**, 5-13.
12. Jung, S. H., Shin, G. J., and Choi, C. U. (1991) Comparison of physico chemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **23**(3), 272-275.
13. Keeton, J. T. (1994) Low-fat meat products - technological problems with processing. *Meat Sci.* **36**(1-2), 261-276.
14. Kim, I. S., Jin, S. K., Hah, K. H., Lyou, H. J., and Park, K. H. (2005) Physical and sensory characteristics of Korean style meat products. *J. Anim. Sci. and Technol.* **47**(1), 49-56.
15. Kim, Y. S., Han, Y. B., Yoo, Y. J., and Jo, J. S. (1981) Studies on the composition of Korean mung bean (*Phaseolus aureus*). *Kor. J. Food Sci. Technol.* **13**(2), 146-152.
16. Kuraiishi, C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C., and Soeda, T. (1997) Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *J. Food Sci.* **62**(3), 488-490, 515.
17. Lee, H. C. and Chin, K. B. (2009) Physicochemical, textural, and sensory properties of low-fat/reduced-salt sausages as affected by salt levels and different type and level of milk proteins. *Food Sci. Biotechnol.* **18**(1), 36-42.
18. Lee, H. C., Hwang, J. S., and Chin, K. B. (2005) Evaluation of physico-chemical and textural properties, and sensory evaluation of low-fat/salt restructured ham with milk proteins. *Proceed. 51st Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, Baltimore, USA, pp. 47.
19. Lee, H. C., Park, S. Y., and Chin, K. B. (2008) Evaluation of functional and textural properties of low-salt comminuted meats as affected by different hydrocolloids and transglutaminase. *Proceed. 54th Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, Cape Town, South Africa, pp. 97.
20. Na, H. S., Kim, K., Oh, G. S., and Kim, S. K. (2002) Properties of acorn mook with various soaking conditions. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **34**(2), 207-212.
21. Pietrasik, Z. and Jarmoluk, A. (2003) Effect of sodium caseinate and ϵ -carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition. *Food Res. Int.* **36**, 285-294.
22. Pietrasik, Z., Jarmoluk, A., and Shand, P. J. (2007) Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. *LWT - Food Sci. Technol.* **40**, 915-920.
23. Puolanne, E. J. and Terrell, R. N. (1983) Effects of salt levels in prerigor blends and cooked sausages on water binding, released fat and pH. *J. Food Sci.* **48**, 1022-1024.
24. Ruusunen, M., Sarkka-Tirkkonen, M., and Puolanne, E. (1999) The effect of salt reduction on taste pleasantness in cooked 'bologna-type' sausages. *J. Sensory Stud.* **14**, 263-270.
25. SACN (2003) Salt and health. Scientific advisory committee on nutrition. The Stationery Office, Norwich, UK.
26. Sakamoto, H., Kumazawa, Y., and Motoki, M. (1994) Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. *J. Food Sci.* **59**(4), 866-871.
27. Shim, T. H., Jin, Y. S., Sa, J. H., Shin, I. C., Heo, S. I., and Wang, M. H. (2004) Studies for component analysis and

- antioxidative evaluation in acorn powders. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **36**(5), 800-803.
28. Son, S. H., Bang, J. W., Lee, H. C., Kim, G. H., and Chin, K. B. (2009) Product quality and shelf-life of low-fat sausages manufactured with *Lentinus edodes* powder, grapefruit seed extracts, and sodium lactates alone or in combination. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**(1), 99-107.
29. Trout, G. R. and Schmidt, G. R. (1984) Effects of reduced salt (NaCl) levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. *J. Food Sci.* **49**(3), 687-694.
30. United States Department of Health and Human Services. (2005) Sodium and potassium. Dietary Guidelines for Americans. pp. 40.
31. Yong, E. Z., Choi, Y. S., and Lee, K. T. (2009) A survey on the perception and usage status of dietitians in food service business for meat products. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**(1), 121-131.
32. Yoo, S. S., Kook, S. H., Park, S. Y., Shim, J. H., and Chin, K. B. (2007) Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *Int. J. Food Sci. and Technol.* **42**, 1114-1122.

(Received 2009.4.21/Revised 2009.6.19/Accepted 2009.6.19)