

돈육 가공에서 기능성 탄수화물을 이용한 인산염 대체 소재 개발

박기수 · 최양일 · 이상화^{1,2} · 김종희³ · 어중혁^{4,*}

충북대학교 축산학과, ¹서원대학교 식품영양학과, ²서원대학교 친환경바이오소재 및 식품 지역기술혁신센터
³(합)두레식품, ⁴중앙대학교 식품공학과

Application of Functional Carbohydrates as a Substitute for Inorganic Polyphosphate in Pork Meat Processing

Ki-Soo Park, Yang-Il Choi, Sang-Hwa Lee^{1,2}, Chong-Hee Kim³, and Joong-Hyuck Auh^{4,*}

Department of Animal Science, Chungbuk National University

¹Department of Food & Nutrition, Seowon University

²Bioorganic Materials & Food Center, Seowon University

³Doorae Food Limited

⁴Department of Food Science & Technology, Chung-Ang University

Abstract Guar gum, κ-carrageenan, alginic acid and chitosan were applied to pork as a model system, and evaluated as a substitute for inorganic polyphosphate, which is one of the essential additives in conventional meat processing. The tested materials did not alter the fat content or pH of the pork meat; however, they did affect water holding capacity and cooking loss significantly. The pork with added guar gum and κ-carrageenan exhibited lower cooking loss than the pork with added polyphosphate. Also, these materials showed no negative coloring effect within the pork meat blends, which suggest the possibility for their application in final products. In addition, the pork processed with guar gum showed a similar emulsion stability to that with polyphosphate. Overall, guar gum and κ-carrageenan were confirmed as possible substitutes for inorganic polyphosphate.

Key words: inorganic polyphosphate, guar gum, κ-carrageenan, alginic acid, chitosan

서 론

건강에 대한 관심의 증대로 의해 식품 구매자들의 대부분(81%) 이 식품에 함유되어 있는 기능성 소재가 식품의 구매 여부 결정에 중요한 기준이 되고 있다(1). 육가공제품 제조에 염지제는 가공특성 증진 이외에도 풍미나 염지육색 발현목적으로 원료육에 다양하게 첨가되어 왔다. 소금은 염용성 단백질의 추출과 이에 따른 보수력의 증대 등에 중요한 역할을 하고 있으나, 지속적인 섭취에 의한 혈압 상승 등의 영향으로 인해 사용량을 최소로 줄이기 위한 노력이 권고되고 있는 실정이다(2,3). 그리고 최근에는 소비자의 건강에 대한 관심증가로 소금의 첨가수준을 감소시키는 것 이외에도, 아질산염이나 솔빈산염 뿐만 아니라, 육가공의 주요한 첨가제인 인산염의 사용도 배제하려는 시도가 이루어지고 있다(4). 인산염은 비교적 안전한 첨가물로 인식되고 있으나, 과량의 섭취가 지속되면 인체 내의 칼슘, 철, 마그네슘 대사에 이

상을 일으키는 등의 문제점이 확인되어 이에 대한 대비가 요구되고 있는 실정이다(5,6). 이러한 문제점이 해결된 건강기능성 육가공제품 생산을 위해 다양한 천연 기능성물질의 대체 가능성에 대한 연구들이 진행되었으나, 소금과 인산염을 동시에 대체하고자 하는 시도는 아직 이루어지지 못하고 있다. 많은 관련 연구들은 저지방, 저염 육가공 제품에서의 보수력 증진을 위한 대체 소재 개발을 위해 크게 두가지 방향에서 접근이 이루어져 왔다. 첫째는 non-meat protein들 계열의 소재들로 분리대두단백질, 유청 단백질, 카제인 등이고(7-9), 다른 계열의 소재들은 친수성 hydrocolloid 계열의 고분자 탄수화물 소재들이었다(9-15). 이들의 공통적인 역할은 염류의 감소에 의한 단백질들의 보수력 및 결합력 감소를 첨가된 단백질과 친수성 hydrocolloid로 보충해 주어 정상적인 최종 제품 제조를 목적으로 하였다. 카라기난과 구아검 및 알긴산은 식이섬유에 속하는 식물성 고분자 다당체로서 저칼로리와 특히 높은 보수력 및 점성증가의 특성으로 체내 영양흡수 감소 및 독성물질들과의 결합 등으로 독특한 건강효과가 있는 것으로 알려져 왔고(16), 키토산은 갑각류 표피에 존재하는 고분자 다당류로서 혈중 콜레스테롤을 조절하고, 항균작용 및 항산화작용으로 식품의 보존제 역할에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 천연 기능성 소재이다(17). 본 연구에서는 높은 보수력을 가진 4가지의 친수성 hydrocolloid를 대상으로 인산염의 대체 가능성을 조사하고자, 저수준의 소금을 함유한 돈육 유탕화물을 모델로 이의 품질 특성에 미치는 영향을 구명하였다.

*Corresponding author: Joong-Hyuck Auh, Department of Food Science & Technology, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

Tel: 82-31-670-3079

Fax: 82-31-675-4853

E-mail: jhauh@cau.ac.kr

Received October 23, 2007; accepted October 31, 2007

재료 및 방법

시료

돈육(후지)은 (합)괴산두레식품에서 제품 제조에 사용하는 친환경 유기농 돈육을 제공받아 사용하였다. 카라기난(κ -carrageenan WG-1, Daehung Co. Ltd., Seoul, Korea), 알긴산(Algin MH, Daehung Co. Ltd., Seoul, Korea), gum guar(G4129, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA), chitosan oligomers(M.W. 3000, Kitto Life Co. Ltd., Pyoungtaek, Korea)와 sodium tripolyphosphate (Samchum pure chemical Co. Ltd., Seoul, Korea) 등의 첨가물질은 식품 첨가제급을 구매하여 사용하였다.

일반성분 분석

수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC 방법(1995)에 따라 측정하였다(18).

돈육 혼합물의 제조

원료 돈육 500 g에 증류수 50 mL와 7.5 g NaCl(돈육 기준 1.5% (w/w))를 가하고 관행적인 방법으로 손으로 배합하여 돈육 혼합물을 제조하고 이를 대조구(T1)로 사용하였다. 비교 실험을 위한 실험군들은 각 처리구 모두 NaCl 1.5 % (w/w)와 함께 인산염 첨가구(T2, 0.5%), 카라기난 첨가구(T3, 0.1%; T4, 0.5%), 알긴산 첨가구(T5, 0.1%; T6, 0.5%), 구아검 첨가구(T7, 0.5%; T8, 1%)와 키토산 첨가구(T9, 0.05%; T10, 0.1%) 준비하여 제조하였다. 준비된 돈육 혼합물들은 진공포장하여 24시간 냉장 보관 후 일반 성분 분석 등의 실험을 실시하였다.

보수력(Water holding capacity)

보수력은 원심분리법을 이용하였다. 돈육 혼합물 시료 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부 filter 관에 넣고 80°C water-bath에 넣고 20분간 가열하고 10분간 냉각시킨 후, 상부 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 2,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 이후 남은 시료의 가열 전후 무게의 비율을 보수력으로 표시하였다.

가열감량(Cooking loss)

돈육 혼합물 시료 25 g을 120 mL 용량의 유리병에 옮긴 후 밀봉을 하여 70°C 수조에서 30분간 열처리를 하고 실온으로 냉각 후, 가열 전후의 무게를 측정하여 손실 정도를 측정하였다.

산도(pH)의 측정

준비된 돈육 혼합물을 homogenizer(Nihonseiki, Tokyo, Japan)를 이용해 7,000 rpm에서 30초간 균질시킨 후, pH meter(Mettler Delta 340, Mettler-toledo Ltd, Beaumont Leys Leicester, UK)로 측정하였다.

육색

돈육 혼합물들의 표면육색은 백색판(L*, 94.04; a*, 0.13; b*, -0.51)으로 표준화시킨 Spectro Colorimeter(Model JX-777, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 이때 광원은 백색형광등(D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L*, a*, b*값으로 나타냈다(L* = 명도, a* = 적색도, b* = 황색도).

돈육 유화물의 제조 및 유화안정성

Townsend 등(1968)의 방법에 따라 조사하였다(19). 준비된 돈육 혼합물 50 g에 3% (w/v) NaCl 용액을 첨가하고 9,000 rpm에서

2분간 고속 혼합시킨 후 25 mL의 soybean oil을 첨가하여 11,000 rpm에서 1.5분간 연속 혼합시켜 유화물을 제조하였다. 이때 혼합기에 분쇄된 얼음을 이용하여 유화물의 최종온도가 14°C를 넘지 않도록 조절하였다. 제조된 유화물 25 g을 120 mL 용량의 유리병에 옮긴 후 밀봉을 하여 70°C 수조에서 30분간 열처리를 한 후, 부피를 측정하여 가열감량과 유리된 지방 및 수분의 손실 정도를 조사하였다.

통계처리

측정된 결과는 Statistic Analysis System (SAS, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 $p < 0.05$ 유의 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

기능성 물질 첨가에 따른 돈육의 가공 특성

Table 1에서 보는 바와 같이 인산염의 결합능 수분 보유력을 대체할 가능성이 있는 천연 소재들을 선정하고 모델 시스템에서 가능성을 확인하였다. 본 연구에서는 우선 저염도(NaCl 1.5%)의 수준으로 식염의 농도를 고정하고, 이 때 인산염의 역할을 대체할 수 있는 기능성 물질의 탐색을 목표로 하였다. 정리된 바와 같이 기능성 물질 첨가구들과 대조구(T1) 및 인산염 처리구(T2)를 비교하면, 일반성분에서는 지방의 함량이 다소 차이가 있었으나 유의적인 차이는 아니었고, 그 외 일반성분에서는 비슷한 경향을 보였으며, pH의 경우에도 유의적이지 않은 변동만을 나타내었다(Table 2). 일반적인 인산염의 역할 중 하나가, pH의 증가에 의한 단백질 추출의 증대 및 이에 따른 결합력 증대에 비해

Table 1. Experimental design for pork emulsion by functional material addition

Groups	Treatments	Groups	Treatments
T1	Control	T6	Alginate 0.5%
T2	STPP 0.5%	T7	Guar gum 0.5%
T3	Carrageenan 0.1%	T8	Guar gum 1.0 %
T4	Carrageenan 0.5%	T9	Chitosan 0.05%
T5	Alginate 0.1%	T10	Chitosan 0.1%

NaCl (1.5%, w/w) was added to all treatments.

Table 2. Effect of functional materials on fat content and processing properties of pork meat

Groups	Fat (%)	pH	Water holding capacity (%)	Cooking loss (%)
T1	5.39 ^{a1)}	5.94 ^a	67.30 ^{abc}	0.83 ^c
T2	6.14 ^a	6.25 ^a	72.71 ^a	1.02 ^{bc}
T3	5.21 ^a	5.97 ^a	65.33 ^{abc}	0.99 ^c
T4	5.07 ^a	6.11 ^a	67.97 ^{abc}	0.58 ^c
T5	4.85 ^a	6.00 ^a	66.62 ^{abc}	1.30 ^{bc}
T6	4.54 ^a	6.02 ^a	70.50 ^{ab}	1.78 ^{ab}
T7	5.31 ^a	6.04 ^a	62.41 ^{bcd}	2.62 ^{ab}
T8	4.90 ^a	6.02 ^a	66.90 ^{abc}	0.58 ^c
T9	4.83 ^a	6.00 ^a	61.93 ^{bcd}	1.83 ^{bc}
T10	4.68 ^a	5.85 ^a	65.67 ^{abc}	0.34 ^c

^{1)a-d}Different letters in a column indicate significant difference ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of functional materials on Hunter color of pork meat

Groups	L* value	a* value	b* value
T1	59.64 ^{a1)}	16.04 ^a	12.82 ^a
T2	59.23 ^a	17.64 ^a	14.04 ^a
T3	58.19 ^a	16.77 ^a	12.55 ^a
T4	56.87 ^a	13.47 ^a	13.86 ^a
T5	59.49 ^a	14.36 ^a	13.82 ^a
T6	55.84 ^a	14.20 ^a	14.20 ^a
T7	58.80 ^a	13.73 ^a	12.35 ^a
T8	51.78 ^a	11.03 ^a	13.63 ^a
T9	54.94 ^a	14.12 ^a	12.59 ^a
T10	53.51 ^a	14.13 ^a	12.19 ^a

L* value, lightness; a* value, redness; b*, yellowness.

¹⁾^{a,b}Different letters in a column indicate significant difference ($p < 0.05$).

Table 4. Effect of functional materials on the stability of pork emulsion

Groups	Fat loss (%)	Water loss (%)	Total loss (%)
T1	0.03 ^a	8.70 ^a	8.73 ^{ab}
T2	0.06 ^a	0.31 ^b	0.38 ^b
T3	0.03 ^a	7.15 ^{ab}	7.19 ^{ab}
T4	0.03 ^a	3.22 ^{ab}	3.25 ^b
T5	0.03 ^a	7.43 ^{ab}	7.46 ^{ab}
T6	0.03 ^a	1.76 ^b	1.79 ^b
T7	0.03 ^a	0.32 ^b	0.35 ^b
T8	0.03 ^a	0.32 ^b	0.35 ^b
T9	0.17 ^a	9.00 ^{ab}	9.17 ^{ab}
T10	0.17 ^a	5.67 ^{ab}	5.84 ^{ab}

¹⁾^{a,b}Different letters in a column indicate significant difference ($p < 0.05$).

추어 대상 후보 물질 중 키토산(T9, T10)을 제외한 3가지 물질의 가능성이 확인되었다. 그러나 보수력의 경우에는 유의적인 차이를 나타내어 대상 첨가물질들의 적용 가능성에 차이를 나타내었다. 대조구인 인산염 처리구(T2)가 가장 높은 보수력을 보였으나, 구아검0.5% 처리구(T7)와 키토산 0.05% 처리구(T9)를 제외한 실험구들은 인산염 처리구와 유의적 차이를 보이지 않아 인산염과 유사한 특성을 보였다. 마지막으로 가열감량에 있어서는 카라기난 0.5% 처리구(T4), 구아검 1.0% 처리구(T8)와 키토산 0.1% 처리구(T10)가 인산염 처리구에 뒤지지 않는 좋은 가공 적성을 보였다. 육색의 경우 카라기난과 구아검 첨가구에서 인산염 처리구에 비해 다소 낮은 명도 값을 보였으나, 유의성이 없게 나타났으며 적색도와 황색도에서도 유의적인 차이는 관찰되지 않았다(Table 3). 전체적으로 본 연구에 사용된 기능성 물질의 첨가는 pH를 비롯한 기본 성분에는 영향을 미치지 않았고, 또한 이후 가공품으로 적용에 있어 가장 중요한 가공 적성인 보수력과 가열감량에 있어서 적정 농도의 카라기난, 구아검, 키토산 첨가가 현재 사용되고 있는 인산염의 대체 가능성을 보여줄 수 있었다.

기능성 물질 첨가에 따른 돈육의 유화 안정성

소시지와 같은 재구성육은 원료육이 다양한 염류, 단백질, 지방, 양념류 등과 어우러져 있는 유화물의 상태로 존재하며, 따라

서 이러한 유화물의 안정성이 최종 제품의 품질에 가장 중요한 근원적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다(20). 이러한 유화물의 형성에는 단백질의 종류와 농도, 근육의 상태, 온도, 소금 등이 중요한 역할을 하며 또한 가공에 첨가되는 인산염은 염용성 단백질 추출의 증가에 의한 유화물의 안정성 증대로 제품의 보수력, 결합력의 증가를 가져오는 주요 인자이다(21). 본 연구에서 사용된 기능성 물질들의 돈육 유화물 안정화 정도를 비교한 결과, 알긴산 0.5% 처리구(T6)와 구아검 처리구(T7, T8)가 인산염 처리구(T2) 수준의 높은 유화 안정성을 나타내었다(Table 4). 반면에 키토산은 인산염 처리구에 비해 낮은 유화 안정성을 보여 단독으로는 인산염 대체 효과를 가지기 어려울 것으로 판단되었다.

카라기난은 이미 저지방 육가공품에의 적용 가능성이 다양하게 시도된 기능성 소재이나, 인산염을 대체하고자 하는 연구는 아직 이루어지지 않고 있다(9,14,15). 그러나 위의 결과에서 나타난 것과 같이, 일부 대체 효과를 가지고 있어 다른 기능성 소재와의 혼합에 의한 상승 효과가 규명되면 충분한 대체 가능성을 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 키토산 역시 육가공품에 다양한 목적으로 이용이 시도되고 있는 기능성 소재이나, 대부분 키토산이 가지는 항균 효과에 의한 저장성 증진을 목적으로 하고 있다(12,13,17). 키토산은 자체의 낮은 용해도로 인해 인산염 대체 소재로의 적용에 문제 있어, 본 연구에서는 저분자로 분해된 키토산 올리고머를 이용한 대체 가능성을 확인하였으나, 카라기난과 같이 단독 대체 효과를 기대하기에는 미흡한 결과를 보였다. 구아검은 현재까지 육가공품에 적용된 예가 매우 한정된 소재였으나, 본 연구의 결과 가장 인산염 대체 소재로서 가장 좋은 적성을 나타내어, 이후 적절한 농도의 조절과 실제 제품에서의 적용 가능성에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구는 소금의 첨가수준을 저수준(1.5%)으로 고정시키고, 인산염 대체가능성이 있는 다양한 기능성 소재들의 수준을 달리하여 원료돈육의 가공특성, 유화안정성 및 육색 등에 미치는 첨가 효과를 구명하였다. 기능성 물질의 첨가는 원료돈육의 일반성분과 pH에는 유의적인 영향을 미치지 않았다. 보수력과 가열감량에 있어 후보 물질들과 인산염 처리구 간에 유의적인 변화가 나타났고, 구아검, 카라기난, 알긴산이 인산염 대체에 적합한 특성을 보였다. 유화안정성에서는 인산염, 알긴산과 구아검 첨가구가 유의적으로 높은 안정성을 나타냈어 이후 실제 가공품에서의 적용 가능성을 나타냈다. 이상의 결과에서 카라기난과 구아검의 경우 인산염과 유사한 가공특성, 유화안정성과 육색을 나타내어 육제품 제조용 인산염 대체첨가물질로 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 서원대학교 친환경바이오소재 및 식품 지역기술혁신센터(RIC) 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

문 헌

1. Sloan AE. The top ten functional food trends. Food Technol. 54: 33-62 (2000)
2. Law N, Frost C, Wald N. By How much dose dietary salt reduction lower blood pressure. I-Analysis of observational data among

- populations. *Brit. Med. J.* 302: 811-815 (1991)
3. Tuomilehto J, Jousilahti P, Rastenyte D, Moltchanov V, Tanskanen A, Pietinen P, Nissinen A. Urinary sodium excretion and cardiovascular mortality in Finland: A prospective study. *Lancet* 357: 848-851 (2001)
 4. Ruusunen M, Vainiopaa J, Puolanne E, Lyly M, Lahteenmaki L, Niemisto M, Ahvenainen R. Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients. *Meat Sci.* 63: 9-16 (2003)
 5. Kemi VE, Kärkkäinen MU, Lamberg-Allardt CJ. High phosphorus intakes acutely and negatively affect Ca and bone metabolism in a dose-dependent manner in healthy young females. *Brit. J. Nutr.* 96: 545-552 (2006)
 6. Shahidi F, Synowiecki J. Protein hydrolyzates from seal meat as phosphate alternatives in food processing applications. *Food Chem.* 60: 29-32 (1997)
 7. Atughonu AG, Zayas JF, Heralds TJ, Harbers LH. Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives. *J. Food Quality* 21: 223-238 (1998)
 8. Rhee KC. Functionality of soy proteins. pp. 311-324. In: *Protein Functionality in Food Systems*. Hettiarachchy NS, Zieger GR (eds). Marcel Dekker, New York, USA (1994)
 9. Lyons PH, Kerry JF, Morrissey PA, Buckley DJ. 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 (1999)
 10. Shand PJ, Sofos JN, Schmidt GR. Properties of algin/calcium and salt/phosphate structured beef rolls with added gums. *J. Food Sci.* 58: 1223-1230 (1993)
 11. Foegeding EA, Ramsey SR. Effect of gums on low-fat meat batters. *J. Food Sci.* 51: 33-45 (1986)
 12. Jo C, Lee JW, Lee KH, Byun MW. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomers. *Meat Sci.* 59: 369-375 (2001)
 13. Lin KW, Chao JY. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Sci.* 59: 343-351 (2001)
 14. Sebranek JG, Trius A. Carrageenans and their use in meat products. *Crit. Rev. Food Sci.* 36: 69-85 (1996)
 15. Ulu H. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chem.* 95: 600-605 (2006)
 16. Whistler RL, BeMiller JN. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. Eagan Press, St. Paul, MN, USA. pp. 187-216 (1997)
 17. NO HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, Xu Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A Review. *J. Food Sci.* 72: R87-R100 (2007)
 18. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC Intl.* 16th ed. Method 39.1-39.23. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
 19. Townsend WE, Witnauer LP, Riloff JA, Swift CE. Comminuted meat emulsions; differential thermal analysis of fat transitions. *Food Technol.-Chicago* 22: 319-323 (1968)
 20. Trout GR, Schmidt GR. Effect of phosphate type and concentration, salt level, and method of preparation on binding in restructured beef rolls. *J. Food Sci.* 49: 687-694 (1984)
 21. Trout GR, Smith GR. Water binding of meat products: Effect of fat level, effective salt concentration, and cooking temperature. *J. Food Sci.* 51: 1061-1062 (1986)