

## Application of L-Arginine as a Substitute for Inorganic Polyphosphate in Pork Sausage Production

Yong-Duk Kim · Jun-Soo Lee · Joon-Hyun Park · Dong-Cheol Park · Young-Seung Jeon · Man-Jin In · Nam-Soon Oh\*

### 소시지 제조시 인산염 대체 소재로 L-Arginine의 활용

김용덕 · 이준수 · 박준현 · 박동철 · 전영승 · 인만진 · 오남순\*

Received: 30 October 2013 / Accepted: 11 December 2013 / Published Online: 30 June 2014

© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2014

**Abstract** L-Arginine was applied to processed pork sausages and evaluated as a substitute for commonly used inorganic polyphosphate. Processed pork sausage was prepared with an addition of 0.25, 0.5, and 1.0% (w/w) L-arginine. Quality characteristics of the processed pork sausages were then evaluated in terms of pH, moisture content, emulsion stability and textural properties. The pH of sausage increased with increasing L-arginine concentration. Moisture content of 0.25% L-arginine sausage, emulsion stability of 0.5% L-arginine sausage, and textural properties of 1.0% L-arginine sausage were similar to those of 0.5% polyphosphate sausage, respectively. In terms of sensory evaluation, taste and overall acceptability of 0.5% L-arginine sausage were slightly higher than those of 0.5% polyphosphate sausage and textural properties were reversed. According to sensory score and quality characteristics, L-arginine

had a potential as a substitute for inorganic polyphosphate and the optimum concentration of L-arginine was around 0.5%.

**Keywords** inorganic polyphosphate · L-Arginine · quality characteristics · sausage

### 서론

육가공품 제조과정에서 가공특성과 풍미 향상 및 염지 육색 발현 등의 목적으로 널리 사용되는 염지제의 구성성분 중 하나인 소금은 염용성 단백질의 추출을 통한 조직 결합력 향상 및 미생물의 생육을 억제하여 보존성을 향상시키는 효과가 있다. 또한 인산염은 육가공품의 보수력 향상, 결합력을 증가시켜 근육 단백질과 지방성분의 유화 안정성 증대 및 육질개선의 효과가 있으며, 특히 보수력 향상은 인산염에 의한 pH 상승과 이온 강도 증가에 기인하는 것으로 알려져 있으며(Graham과 Glenn, 1986; Offer와 Trinck, 1993), 폴리인산나트륨(sodium tripolyphosphate)이 보수력 증진을 위하여 가장 널리 사용되고 있다(Lee와 Chin, 2012). 폴리인산염은 식육에서 근육 조직의 파쇄에 의한 pH 하락을 방지하여 수분과 육즙의 손실을 억제하고 가용성 단백질을 안정화시켜 육가공품의 풍미와 품질 향상에 기여하는 것으로 보고되어 있다(Robe와 Xiong, 1992; Kim 등, 2000; Moon, 2002). 인산염은 비교적 안전한 첨가물로 인식되어 있으나, 과량을 지속적으로 섭취하면 체내에서 칼슘, 철, 마그네슘 대사에 이상을 유발하는 것이 보고되어 있다(Kemi 등, 2006). 따라서 최근에는 육가공품 제조시 소금 첨가량 감축, 아질산염이나 솔빈산염 뿐만 아니라 인산염을 배제시키려는 노력들이 이루어지고 있다(Ruusunen 등, 2003; Park 등, 2008a). 인산염의 기능을 대체하기 위한 소재로는 분리대두단백질, 유청 단백질 등과

Y.-D. Kim · J.-S. Lee · J.-H. Park · D.-C. Park · Y.-S. Jeon  
Biotechnology Division, R&D Center, Daesang Corp., Icheon 467-813,  
Republic of Korea

M.-J. In  
Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon  
University, Hongseong 350-701, Republic of Korea

Y.-D. Kim · N.-S. Oh  
Department of Food Science and Technology, Kongju National University,  
Yesan 340-702, Republic of Korea

\*Corresponding author (N.-S. Oh: nsoh@kongju.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

같은 단백질(Shahidi와 Synowiecki, 1997; Atughonu 등, 1998), 카라기난, 구아검, 타피오카 전분 등과 같이 결합력과 보수력이 큰 친수성 고분자 탄수화물(Lyons 등, 1999; Ruusnen 등, 2003; Ulu, 2006; Park 등, 2008b)이 주로 검토되고 있다. 인산염 대체제 중에서 구아검을 사용한 돈육 제품에서 유화 안정성은 인산염을 사용한 경우와 매우 유사 하였으나, 중요한 가공적성인 보수력은 인산염 보다 낮은 것으로 보고(Park 등, 2008a)되어 있으며, 인산염을 대체할 수 있는 단독 소재에 대한 보고는 많지 않은 실정이다.

L-아르기닌은 체내 단백질을 구성하는 염기성 아미노산으로, 혈압강하 및 심혈관계 질환 예방(Siasos 등, 2008), 골밀도 감소 지연(Choi, 2009), 성기능 개선(Chen 등, 1999), 체지방 감소(Fu 등, 2005) 등 다양한 생리활성이 보고되어 있다. L-아르기닌의 생리활성을 이용한 건강식품, 음료 등의 개발이 진행되고 있으나, L-아르기닌의 알칼리성과 보습성을 활용한 식품에 대한 연구는 매우 미미하다.

따라서 본 연구에서는 L-아르기닌의 알칼리성과 보습성을 식품에 활용하는 연구의 일환으로 폴리인산염 대신에 L-아르기닌을 첨가하여 소시지를 제조하고, 소시지의 보수력, 조직감 및 관능적인 특성을 비교하여 폴리인산염의 대체 소재로서 L-아르기닌의 가능성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**실험 재료.** 소시지 제조에 사용된 돈육은 대형 마트(e-Mart, Korea)에서 구입하여 돈육 부위와 지방부위를 분리하여, 돈육 75%와 지방 25%를 중량비로 혼합하여 사용하였다. 부재료로 소금(Hanju, Korea), 분리 대두단백질(Isolated Soyprotein, ADM, USA), L-아르기닌(L-Arginine, Daesang Corporation, Korea), 폴리인산나트륨(Sodium Tripolyphosphate, MSC, Korea), 카라기난( $\kappa$ -Carrageenan, MSC, Korea)은 식품첨가물 규격의 시판 제품을 구입 사용하였다.

**소시지 제조방법.** 돈육 소시지는 Lee와 Chin의 방법(2012)을 일부 수정하여 다음의 순서로 제조하였다. 생육 고기와 지방을 75:25의 중량비로 혼합하고 세절기를 이용하여 5 mm 크기로 분쇄하였다. 분쇄된 생육 1.0 kg을 정제염 20 g, L-아르기닌 6.6 g, 아질산 나트륨 66 mg을 용해하여 미리 제조한 염지액 300 g과 혼합하여 4°C에서 24시간 숙성하였다. L-아르기닌을 제외한 조건은 염지액(생육 중량 대비 30.0%) 중 6.6 g의 폴리인산염 또는 카라기난 등을 첨가하여 그 효과를 비교하였다. 숙성된 염지 생육은 분리 대두단백질 15 g (생육 중량 대비 1.5%)을 추가하여 총 중량 1,315 g의 염지육을 충분히 혼합한 후, 케이싱(Walsroder FRO natural, Walsroder, Germany)에 충전하고, 75°C 항온수조에서 50분간 가열처리 하였다. 이와 같은 방법으로 제조된 소시지는 얼음물에서 15분간 급속 냉각한 다음 4°C에 보관하며 분석시료로 사용하였다.

**pH 및 수분함량 분석.** pH는 균질화된 시료 10 g을 증류수 90 g과 혼합하고, 여과하여 pH meter (Model340, Mettler-Toledo, Switzerland)로 직접 측정하였다(Park 등, 2008). 수분함량은 시료 2–3 g을 105°C에서 5시간 이상 건조시켜 감소된 수분량으로 분석하였다.

**조직물성 측정.** 시료를 높이 1.3 cm와 직경 1.0 cm로 coring한 다음 Texture analyzer (TE\_XT2 plus, Microsystems, UK)를

이용하여 조직감을 측정하였다. 경도(Hardness)는 직경 20 mm 실린더형 probe로 간격은 50%기준으로 측정하였으며, 전단력(shear force)은 blade set probe를 이용하여 시료의 중앙 부분에서 측정하였다(Chin 등, 2004).

**유화 안정성.** 시료의 유화 안정성은 가열 후 지방 감량을 측정(Barbut 등, 1988)하여 나타내었다. 시료를 75°C에서 20분 증탕으로 열처리한 후 케이싱을 제거하고 거즈에 방치하여 시료에서 유출된 기름을 제거하였다. 그 후 충분히 냉각시킨 후 시료의 잔류 무게를 측정하여 초기 시료 무게에 대한 백분율로 유화 안정성을 나타내었다.

**관능평가.** 제조된 소시지를 일정한 크기로 세절하여 프라이팬에서 조리한 시료에 대하여 조직감(강도에 의한 질감), 맛과 전체적인 기호도 항목으로 관능평가를 실시하였다. 관능 평가는 전문 패널 요원 9명을 대상으로 5점 척도법으로 실시하였으며, 아주 싫다(1점), 보통이다(3점), 아주 좋다(5점)로 평가하였다.

**통계 처리.** 분석 결과는 SPSS (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., USA, version 11.5)로 통계처리 하였으며 ANOVA를 이용하여 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 각 시료간의 유의성을 검증하였다(유의수준  $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

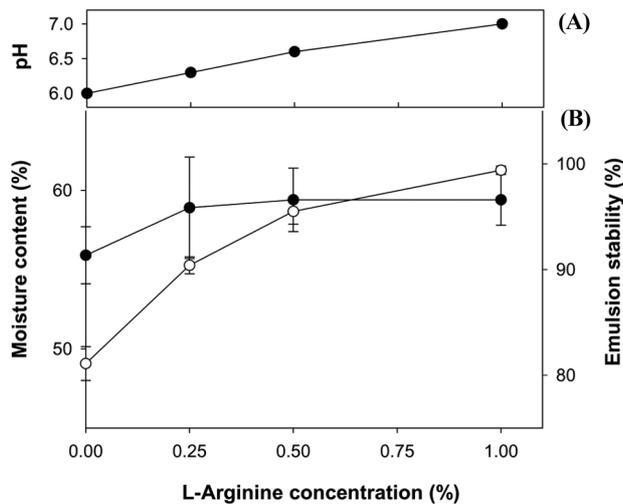
**첨가물에 따른 소시지의 가공특성.** 소시지 제조에 사용되는 인산염의 대체소재로 L-아르기닌의 적용 가능성을 확인하기 위하여, L-아르기닌을 첨가하여 소시지를 제조한 후, 인산염의 결합력과 보수력을 대체할 가능성이 있다고 보고된  $\kappa$ -카라기난(Park 등, 2008b) 첨가물, 인산염 첨가물 및 무첨가물(대조구)과 비교하였다. 첨가물은 모두 0.5% 농도로 첨가하였으며, 제조된 소시지의 pH, 수분함량, 유화 안정성, 경도 및 전단력을 측정하였다(Table 1). 수분함량은 모든 첨가물에서 대조구보다 1.2–4.9% 증가하였으며,  $\kappa$ -카라기난 첨가 시료의 수분함량은 인산염을 첨가한 경우와 매우 유사하여 기존의 결과(Park 등, 2008b)와 일치하였다. 특히 L-아르기닌을 첨가한 시료에서 수분함량은 유의하게 증가하였다. 또한 가열 후 지방 감량으로 측정된 유화 안정성은 대조구가 83.3%인 반면에 인산염과 L-아르기닌 첨가 시료에서는 각각 96.4와 94.3%로 향상되었다.  $\kappa$ -카라기난 첨가 시료는 89.1% 수준으로 인산염과 L-아르기닌 첨가 시료보다 유화 안정성이 떨어졌으며, 이는 돈육 혼합물에서  $\kappa$ -카라기난의 인산염 대체효과를 조사한 결과(Park 등, 2008a)와 유사한 경향이였다. 첨가물을 사용한 소시지의 물성을 경도와 전단력으로 측정된 결과,  $\kappa$ -카라기난 첨가물은 경도와 전단력이 대조구와 유사하였다.  $\kappa$ -카라기난은 보수력이 우수한 친수성 고분자 탄수화물(Picullell, 2006)이므로 소시지의 수분함량을 증가시킬 수 있으나, 단백질의 결합력을 향상시키는 효과는 미미한 것으로 판단되었다. 그러나 L-아르기닌 첨가물은 경도와 전단력이 인산염 첨가물 수준으로 증가되어 인산염과 유사한 효과가 있는 것으로 사료되었다. 육가공품 제조시 첨가되는 인산염은 pH 증가에 의한 단백질의 용출 증가로 제품의 보수력과 결합력을 향상시키는 작용을 하는 것으로 알려진 첨가물이다(Trout와 Schmidt, 1986; Robe와 Xiong, 1992). 본 연구에서 사용한 L-아르기닌은 알칼리성 아미노산으로 L-아르기닌을 첨가한 소시지의 pH가 6.6까지 향상(대조구는 pH 6.1)된 것이 인산염과 유사한 효과를 보이는 원인으로 판단되었다. L-아르기닌 첨가 소시지의 가공특성

**Table 1** Quality characteristics of sausages prepared with different additives

| Source             | pH                   | Moisture (%)              | Emulsion stability (%) | Texture analysis       |                         |
|--------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
|                    |                      |                           |                        | Hardness (kg)          | Shear force (kg)        |
| Control            | 6.1±0.1 <sup>a</sup> | 56.9±1.9 <sup>a1,2)</sup> | 83.3±0.8 <sup>a</sup>  | 1.15±0.19 <sup>a</sup> | 13.11±1.14 <sup>a</sup> |
| 0.5% Polyphosphate | 6.0±0.1 <sup>a</sup> | 58.1±1.7 <sup>a</sup>     | 96.4±0.6 <sup>b</sup>  | 1.53±0.16 <sup>b</sup> | 19.71±1.11 <sup>b</sup> |
| 0.5% κ-Carrageenan | 6.1±0.1 <sup>a</sup> | 58.9±0.7 <sup>a</sup>     | 89.1±1.4 <sup>c</sup>  | 1.10±0.09 <sup>a</sup> | 12.92±1.15 <sup>a</sup> |
| 0.5% L-Arginine    | 6.6±0.2 <sup>b</sup> | 61.8±1.6 <sup>b</sup>     | 94.3±2.3 <sup>b</sup>  | 1.46±0.12 <sup>b</sup> | 14.37±1.09 <sup>a</sup> |

<sup>1)</sup>Data are means±SD (n=3).

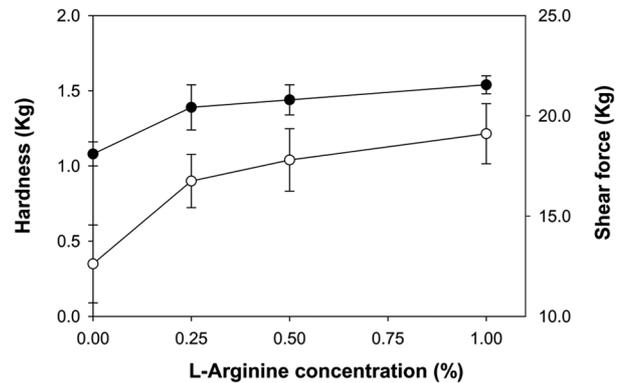
<sup>2)</sup>Different superscripts within column indicate significant difference (*p* < 0.05).



**Fig. 1** Effects of L-Arginine addition on pH (panel A) and moisture content (closed circle) and emulsion stability (open circle) (panel B) of processed pork sausages.

이 기존의 인산염을 첨가한 소시지와 유사하므로 L-아르기닌은 일반적으로 사용되는 인산염을 대체할 수 있는 새로운 소재로 판단되었다.

**L-아르기닌 첨가 농도 영향.** 소시지 제조시 L-아르기닌 첨가 농도의 영향을 조사하기 위하여 폴리인산나트륨을 배제하고 L-아르기닌을 0.25, 0.5, 1.0%로 각각 첨가하여 소시지를 제조한 후 소시지의 pH, 수분함량, 유화 안정성, 경도 및 전단력을 측정하였다. 그 결과(Fig. 1) L-아르기닌이 알칼리성 아미노산이므로 소시지의 pH는 L-아르기닌의 첨가량에 비례하여 pH 6.0에서 7.0까지 증가하였다. 수분함량의 변화에 있어서 무첨가구의 수분함량인 55.9%와 비교할 때 L-아르기닌의 첨가량에 비례하여 증가하여 0.5% 첨가 조건에서 59.4%까지 증가하였으며(무첨가구의 수분함량: 55.9%), 그 이상의 조건에서 수분함량은 일정하였다. 유화 안정성 또한 L-아르기닌의 첨가량에 비례하여 급격하게 증가하여, 무첨가구 81.2%에서 0.5% 첨가에서는 95.5%로 증가하였으며, 1.0% 조건에서는 99.4%로 향상되어 지방의 손실이 거의 관찰되지 않았다. 이 결과는 L-아르기닌의 첨가는 가열에 의한 지방의 손실을 효과적으로 억제할 수 있음을 의미하는 것이다. 또한 소시지의 경도와 전단력도 L-아르기닌의 첨가량에 비례하여 증가하였다(Fig. 2). 그러나 경도는 0.25% 이상, 전단력은 0.5% 이상에서는 비교적 완만하게 증가하였다. L-아르기닌의 첨가농도에 따른 특성을 폴리인산나트륨을 0.5% 첨가한 소시지의 가공특성(Table 1)과 비교하면, 수분함량은 0.25%



**Fig. 2** Effects of L-Arginine addition on hardness (closed circle) and shear force (open circle) of processed pork sausages.

**Table 2** Sensory evaluation results of sausages prepared with different additives

| Group              | Texture                  | Taste                | Overall acceptability |
|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| Control            | 2.2±0.4 <sup>a1,2)</sup> | 1.8±0.4 <sup>a</sup> | 2.2±0.4 <sup>a</sup>  |
| 0.5% Polyphosphate | 3.6±0.5 <sup>b</sup>     | 2.9±0.3 <sup>b</sup> | 3.4±0.6 <sup>b</sup>  |
| 0.5% L-Arginine    | 3.4±0.5 <sup>b</sup>     | 3.2±0.4 <sup>b</sup> | 3.6±0.5 <sup>b</sup>  |

<sup>1)</sup>Data are means±SD (n=9).

<sup>2)</sup>Different superscripts within column indicate significant difference (*p* < 0.05).

이상, 유화 안정성은 0.5% 이상, 경도와 전단력은 1.0%를 첨가한 결과가 서로 유사하였다. 따라서 소시지의 물성을 고려하면 L-아르기닌을 1.0%로 첨가하는 것이 바람직하나 1.0%를 첨가한 소시지에서 아미노산 특유의 이취감이 잔존한다는 관능결과를 보여, 0.5% 수준으로 사용하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

**L-아르기닌 첨가 소시지의 관능 특성.** 무첨가구, 인산염 첨가구 및 L-아르기닌 첨가구의 소시지를 간단히 조리하여 조직감, 맛 및 전체적인 기호도 항목에 대하여 5점 척도로 관능 평가를 실시하였다. 그 결과(Table 2), 첨가물을 사용한 시료가 무첨가 시료보다 모든 항목에서 우수하였다. 조직감에 있어서는 인산염을 사용한 시료가 L-아르기닌을 첨가한 시료보다 다소 우수한 것으로 평가되어 Table 1의 정량적으로 측정된 결과와 동조현상을 보였다. 또한 맛과 전체적인 기호도에서도 L-아르기닌을 첨가한 소시지는 인산염을 사용한 소시지에 비해 다소 우수한 것으로 평가되었다. 그러나 모든 항목에서 두 시료간에 유의한 차이는 없었다. 이러한 결과는 L-아르기닌을 첨가한 경우 소시지

의 pH 상승으로 인한 식육 근단백질의 안정화, 육즙의 탈수 억제, 보습력 향상 등 일련의 효과가 소시지의 조직감 개선과 전체적인 풍미 증가로 나타난 결과로 사료된다. 육가공품에서 보수력의 향상은 조직감의 개선으로 다즙성이 향상되어 궁극적으로 기호성이 좋아지는 원인이 된다는 보고(Moon, 2002; Chin 등, 2004)가 이러한 판단의 근거가 되었다.

이상의 결과로부터 육가공품에서 L-아르기닌의 첨가는 소시지의 pH를 향상시켜 소시지의 가공특성을 인산염과 유사하게 유지할 수 있는 효과가 있었다. L-아르기닌 첨가구는 인산염 첨가구와 비교할 때 조직감은 다소 낮으나 관능적으로는 다소 우수한 것으로 평가되어 향후 인산염 대체 소재로 L-아르기닌의 활용이 기대된다. 이때 L-아르기닌의 첨가량은 0.5%가 적합하였다.

## 초 록

L-아르기닌의 알칼리성과 보습성을 식품에 활용하는 연구의 일환으로 폴리인산염 대신에 L-아르기닌을 0.25, 0.5, 1.0% (w/w) 첨가하여 소시지를 제조하고, 각각의 pH, 보수력, 유화 안정성 및 조직감을 조사하였다. 소시지의 pH는 L-아르기닌의 첨가량에 비례하여 증가하였으며, 수분함량은 L-아르기닌을 0.25% 이상, 유화 안정성은 0.5% 이상, 경도와 전단력은 1.0%를 첨가한 결과가 폴리인산나트륨을 0.5% 첨가한 소시지의 특성과 유사하였다. 인산염 0.5%와 L-아르기닌 0.5% 첨가 소시지에 대하여 관능 평가를 실시하였다. 조직감은 인산염을 사용한 시료가 L-아르기닌을 첨가한 시료보다, 맛과 전체적인 기호도에서도 L-아르기닌을 첨가한 소시지가 다소 우수한 것으로 평가되었다. 이상의 결과로부터 소시지 제조시 L-아르기닌은 인산염 대체 소재로 활용될 수 있으며 첨가량은 0.5%가 적절함을 확인할 수 있었다.

**Keywords** 소시지 · 폴리인산염 · 품질특성 · L-아르기닌

## References

- Atughonu AG, Zayas JF, Heralds TJ, and Harbers LH (1998) Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives. *J Food Quality* **21**, 223–38.
- Barbut S, Maurer AJ, and Lindsay RC (1988) The effects of reduced sodium chloride and added phosphates on physical and sensory properties of turkey frankfurters. *J Food Sci* **53**, 62–5.
- Chen J, Wollman Y, Chernichovsky T, Iaina A, Sofer M, and Matzkin H (1999) Effect of oral administration high-dose nitric oxide donor L-arginine in men with organic erectile dysfunction: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *BJU Int* **83**, 269–73.
- Chin KB, Lee HL, Kook SH, Yoo SS, and Chun SS (2004) Evaluation of various combinations of pork lean and water added on the physicochemical, textural and sensory characteristics of low-fat sausages. *Food Sci Biotechnol* **13**, 481–5.
- Choi MJ (2009) Effects of arginine supplementation on bone mineral density and bone markers in OVX rats. *Korean J Nutr* **42**, 309–17.
- Fu WJ, Haynes TE, Kohli R, Hu J, Shi W, Spencer TE et al. (2005) Dietary L-arginine supplementation reduces fat mass in Zucker diabetic fatty rats. *J Nutr* **135**, 714–21.
- Graham RT and Glenn RS (1986) Effect of phosphates on the functional properties of restructured beef rolls: The role of pH, ionic strength, and phosphate type. *J Food Sci* **51**, 1416–23.
- Kemi VE, Käkäinen MU, and Lamberg-Allardt CJ (2006) High phosphorus intakes acutely and negatively affect Ca and bone metabolism in a dose-dependent manner in healthy young females. *British J Nutr* **96**, 545–52.
- Kim CJ, Lee CH, Song MS, Lee ES, and Cho JK (2000) Studies on the thermal stability and color of free drip released from pork muscle with pH, concentration of NaCl and phosphate. *Korean J Food Sci Technol* **32**, 1285–90.
- Lee YM and Chin KB (2012) Effects of phosphate addition alone or in combined with dipping in trisodium phosphate solution on product quality and shelf-life of low-fat sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* **32**, 84–90.
- Lyons PH, Kerry JF, Morrissey PA, and Buckley DJ (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.
- Moon YH (2002) Effects of adding polyphosphate on the water holding capacity and palatability of boiled pork loin. *Korean J Food Sci Ani Resour* **22**, 130–6.
- Offer G and Trinick J (1993) On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Sci* **39**, 327–37.
- Park KS, Choi YI, Lee SH, Kim CH, and Auh JH (2008a) Application of functional carbohydrates as a substitute for inorganic polyphosphate in pork meat processing. *Korean J Food Sci Technol* **40**, 118–21.
- Park KS, Choi YI, Lee SH, Kim CH, and Auh JH (2008b) Effects of κ-carrageenan and guar gum as a substitute for inorganic polyphosphate on pork sausages. *Food Sci Biotechnol* **17**, 794–8.
- Picullell L (2006) Gelling carrageenans. In *Food polysaccharides and their applications*, Stephen AM, Phillips GO, and Williams PA (2nd ed.), pp. 239–87, CRC Press, USA.
- Robe GH and Xiong YL (1992) Phosphates and muscle fiber type influence thermal transitions in porcine salt-soluble protein aggregation. *J Food Sci* **57**, 1304–10.
- Ruusnen M, Vainiopa J, Puolanne E, Lyly M, Lahteenmaki L, Niemisto M et al. (2003) Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients. *Meat Sci* **63**, 9–16.
- Shahidi F and Synowiecki J (1997) Protein hydrolyzates from seal meat as phosphate alternatives in food processing applications. *Food Chem* **60**, 29–32.
- Siasos G, Tousoulis D, Vlachopoulos C, Antoniadis C, Stefanadi E, Ioakeimidis N et al. (2008) Short-term treatment with L-arginine prevents the smoking-induced impairment of endothelial function and vascular elastic properties in young individuals. *Int J Cardiol* **126**, 394–9.
- Trout GR and Schmidt GR (1986) Effect of phosphates on the functional properties of restructured beef rolls: The role of pH, ionic strength, and phosphate type. *J Food Sci* **51**, 1416–23.
- Ulu H (2006) Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chem* **95**, 600–5.