건강지향의 저지방/저염 식육가공품을 위한 Microbial Transglutaminase와 기능성 소재 이용 기술

이홍철 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학연구소

Application of Microbial Transglutaminase and Functional Ingredients for the Healthier Low-Fat/Salt Meat Products: A Review

Hong Chul Lee and Koo Bok Chin*

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

Abstract

The level of fat and salt can affect the product quality and storage stability of processed meats. Additionally, consumers' demands require dietary guidelines for developing low-fat/salt functional foods. Microbial transglutaminase (MTGase), which enhances textural properties by catalyzing protein-protein cross-linkages, was introduced to develop healthier low-fat/salt meat products. The potential possibilities of low-fat/salt processed meats were reviewed under optimal conditions for functional ingredients from several previous studies. The addition of non-meat protein (e.g. sodium caseinate and soy protein isolates), hydrocolloids (e. g. *konjac* flour, carrageenan, and alginates), and MTGase alone or in combination with other functional ingredients improved textural and sensory properties similar to those of regularly processed meats. When MTGase was combined with hydrocolloids (*konjac* flour or sodium alginate) or other functional ingredients, gelling properties of meat protein were improved even at a low salt level. Based on these reviews, functional ingredients combined with new processing technologies could be incorporated into processed meats to improve the functionality of various low-fat/salt meat products.

Key words: low-fat/salt functional meat products, microbial transglutaminase, non-meat proteins, hydrocolloids

서 론

우리나라 식품공전에서 '식육가공품'은 식육을 주원료로 식품 또는 식품첨가물을 가하여 제조 및 가공한 햄, 소시지, 베이컨 및 기타 이와 유사한 것으로 정의하고 있다. 이러한 식육가공품은 성분배합에 따라 다양하게 구분되고 있으며, 첨가물의 첨가수준에 따라 분류될 수 있다(식품의약품안전청, 2002). 그러므로 식육가공품 제조에 사용되는 지방과 식염함량은 성분배합기준에 따라, 그리고 제품의 종류에 따라 그 첨가량이 달라질 수 있다.

국내 시판 중인 식육가공품의 품질 특성을 조사한 결과에서는 유화형 소시지의 지방함량은 15-30% 내외로, 그

외의 식육가공품 또한 최소 10% 내외의 지방을 함유하였다(Chin *et al.*, 2006). 특히, 대부분 15-30% 범위로 등심 햄(10% 이하)과 같은 단일근육을 이용한 가공제품을 제외하면 높은 수준의 지방함량을 보이고 있으며, 저지방 육 제품은 거의 없는 실정이었다(Chin *et al.*, 2006). 한편, 식염은 그 첨가량의 제한 기준이 없어, 단지 소비자의 기호에 맞는 첨가량을 선정하고 제품에 따라 첨가량을 달리하여 제조하고 있다. 국내 식육가공품의 식염첨가량은 대부분 2% 내외이고, 1.5% 이상 첨가되고 있으며 많게는 3% 내외까지 함유하는 등 제품 종류에 따라 식염 함량에 차이를 보이고 있다(Kim *et al.*, 2004). 이는 제조된 식육가공품의 관능성상에서 짭짤을 부여하기에 충분한 농도로써 높은 식염함량으로 분류될 수 있다(Ruusunen *et al.*, 1999). 따라서 식육가공품에 첨가되는 지방과 식염의 함량은 소비자의 기호, 제품 수율 및 저장 중 품질 유지 등을 위해 그 첨가량이 결정된다고 할 수 있다.

*Corresponding author: Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, PukGwangju, Gwangju 500-600, Korea. Tel: 82-62-530-2121, Fax: 82-62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

식품에 함유된 지방은 필수지방산의 공급과 같은 영양학적 측면에서는 꼭 필요한 영양소라고 할 수 있으나, 식이를 통한 지방의 섭취는 최근 건강과 관련하여 체지방의 과잉상태를 초래하는 등 부정적인 측면이 부각되고 있고, 특히 지방, 포화지방 및 콜레스테롤의 일일 섭취권장량은 전체 에너지원 비율에서 각각 30%, 10% 및 300 mg 미만으로 섭취를 제한하고 있다(AHA, 2000). 실제로 과도한 지방의 섭취는 비만과 매우 연관성이 높아, 지속될 경우 수많은 대사성 질병이 야기될 수 있으며, 특히 심장질환과 비만은 지방섭취로 인한 높은 열량의 축적이 그 원인이다. 또한 과체중이나 비만으로 몇몇의 암 발생에 노출될 수 있다고 보고되고 있다(WCRF, 2007a). 그러므로 건강상의 이유로 저칼로리화 된 식이를 제공하기 위해서는 저지방 식품의 생산이 필요로 되며, 식품에서 지방의 조직감 및 향미증진 기능을 대신할 대체재 연구의 필요성이 커짐에 따라 지방의 기능에 대한 과학적인 이해와 고찰이 요구되고 있다(McClements and Decker, 2007).

한편 식육가공품 제조에 첨가되는 식염은 근육단백질을 용출시켜 수분과 지방 및 단백질 간의 결합을 보조함으로써 결과적으로는 바람직한 조직감을 주게 된다(Marsh, 1983). 또한 단백질의 수화를 활성화하여 보수성을 증진시키며, 가공육의 수분 유리를 감소시킨다(Terrell, 1983). 특히, 저장 중에는 미생물의 성장을 억제시켜 저장성 및 안전성에 기여한다(Brewer *et al.*, 1995). 이러한 많은 기능상의 이점에도 불구하고 100년 전 식염섭취와 고혈압 간의 관련성이 밝혀진 후 계속해서 식품을 통한 식염의 과다 섭취가 제한되고 있는 실정이며, 축산식품에서도 식염 사용으로 인한 제품의 품질 유지 효과와 소비자의 건강 사이에서 해결하기 어려운 딜레마로 인식되어 왔다(Pearson and Wolzak, 1982). 많은 국가에서 영양학적 섭취 권장량을 초과하는 많은 양의 식염을 섭취하는 것으로 보고되어 커다란 문제로 인식되었고, 우리나라의 경우에도 식습관이 서구화됨에 따라 식이환경 변화에 의한 식이성 질병, 즉 섭취한 영양소의 과다로 인해 비만이 발생할 수 있게 되었으며, 또한 나트륨의 과다섭취는 고혈압이나 위암과 같은 질병의 식이성 요인으로 평가되고 있다(WCRF, 2007b). 이는 결과적으로 심혈관계 질환을 가져올 수 있는 잠재적인 요인이 된다. 이러한 배경을 근거로 저지방이나 저염 식품과 같은 건강지향적인 식품 개발의 필요성이 증가하고 있다.

그러나 기존에 첨가한 지방과 식염의 함량을 줄이면서 기호성과 품질을 유지시키기 어렵다. 식염의 함량을 줄임으로써 나타나는 품질 결함을 보완하더라도 관능적 특성을 무시할 수 없으며, 기호성이 건강지향성 추세에 반하는 사회적 성향을 불러일으킬 수 있는 중요한 기준이 되기도 한다. 실제로 기호성에 대한 전략적인 마케팅의 결과로, 건강지향적인 식품 선호라는 사회적인 풍조가 만연

했음에도 불구하고 오히려 고지방, 고콜레스테롤 및 고 염의 풍미가 좋은 슈퍼 햄버거(monster burger)가 등장하였고, 이에 대한 소비자의 반응과 관심도 저지방/저염의 건강지향적인 식품에 대한 관심 못지 않음을 시사하고 있다. 하지만 이러한 소비 경향은 세계보건기구를 비롯하여 식품 및 의료계의 수많은 국제 사회단체들이 제시한 식품섭취 권장사항에도 반하는 것으로써 결과적으로는 소비자의 건강에 해가 될 수 있다. 그러므로 식품 가공업자들이 제조 공정 중 지방이나 식염 첨가량을 제한하지 않는다면 소비자들의 건강을 위해 제안되는 모든 전략과 노력은 의미 없게 된다(AHA, 2000). 실제로 시중에서 판매되는 식육가공품의 나트륨 함량 허위 표시에 대한 서울시의 조사 결과가 최근 언론을 통해 보도되어 사회적 이슈가 되었으며, 단체급식소 영양사의 식육가공품에 대한 인식 및 이용실태 조사에서도 식육가공품에 대한 부정적인 인식을 극복하기 위해서는 식육가공품에 대한 안전성 확보, 엄격한 첨가물의 사용 기준 확립, 첨가물과 영양성분의 종류 및 함량에 대한 명확한 표시를 위해 식육가공업계의 노력이 필요하다고 논하였다(Yong *et al.*, 2009). 그러므로 소비자의 신뢰를 회복하고 건강지향 식이로서의 식육가공품의 부가가치를 증진시키기 위해서는 제조 공정 중 저지방과 저염 조건을 반영하고, 동시에 소비자의 기호를 고려한 가공 기술의 보완이 필요하다.

따라서 본 논고는 건강지향의 저지방 및 저염 식육가공품의 제조를 위한 방법으로써 비 육류 첨가물의 최적 조합을 활용한 보수성 증진 기술과 함께 단백질 간의 결합을 촉매하는 microbial transglutaminase를 이용한 조직 증진 기술을 설명하고자 하며, 또한 기존의 식육가공품과 유사한 기호성을 갖는 저지방/저염 식육가공품 제조 기술에 대해 논하고자 한다.

본 론

식육가공에서 식염의 첨가 효과

식육가공품에 첨가한 식염의 효과는 식염과 식육을 혼합하는 세절 공정 중에 식육으로부터 근원섬유단백질(염용성 단백질)을 추출하는 기능을 하며, 이 때 추출된 염용성 단백질이 고기 반죽 내의 지방 성분을 둘러 싸고 수분의 유리를 방지함으로써 유효안정성에 기여하여 최종 제품의 기능성을 높이게 된다. 식염에 의해 용해된 단백질은 결합된 고기와 수분 및 지방의 결합과 바람직한 조직감을 갖게 한다(Marsh, 1983). 실제로 상업적인 식육가공품 생산 공정 중 식염을 첨가하여 추출되는 단백질의 양은 식염 1%(10 g/kg)를 감소시킬 경우 총량에 대하여 50% 감소되어 제품기능성 저하가 예상된다(Gordon and Barbut, 1992). 반대로 식염의 첨가량을 0에서 2%로 증가시켜 제조한 후랑크소시지(frankfurter)의 가열 수율이 60% 증가

되어 제품의 기능성이 증진된다(Girard *et al.*, 1990). 또한 식염의 첨가는 가공 공정 중 단백질을 활성화시켜 수화와 보수력을 증진시키며, 진공 포장된 가열 식육가공품의 수분 유리를 감소시키고 pH를 상승시키는 효과가 있다(Terrell, 1983). 그러므로 식육가공품의 기능성을 유지하기 위해서는 식염 첨가와 함께 높은 pH를 유지하는 것이 보다 중요하다(Puolanne *et al.*, 2001).

식육가공품에 첨가된 식염은 최종 제품의 조직감에도 영향을 준다. pH를 6.0으로 유지한 상태에서 제조된 후랑크 소시지(frankfurter)에 첨가한 식염은 그 첨가량이 증가함에 따라 소시지의 관능상의 경도가 유의적으로 증가하게 되며, pH와 식염첨가 간의 상관 관계는 경도에 영향을 주게 된다. 또한 식염 첨가량의 증가는 단백질 간 상호작용을 통해 결합력을 향상시켜 소시지의 응집성을 증진시키게 된다. 이러한 조직감의 향상과 함께 고기반죽의 안정한 형태가 유지될 수 있다(Matulis *et al.*, 1995).

식육가공품의 관능평가 결과에서는 식염 첨가로 인해 향미가 증진되었으며, 첨가량이 증가함에 따라 제품의 다즙성이 증가하였다. 이는 식염이 가공 공정 중 염용성단백질 추출을 유도하여 수분과 결합된 단백질의 안정된 상태를 유지 보완했기 때문이다(Matulis *et al.*, 1995). 한편, 우육 패티 연구에서는 식염첨가량을 0, 0.4, 0.8, 1.2 g을 첨가하였을 때, 식염 첨가량이 증가됨에 따라 짭짤함이 증가하면서 1.2 g 첨가구가 대조구와 비교하여 풍미가 증진되었다(Gardze *et al.*, 1979). 이러한 결과는 식염 첨가가 식감 증가, 단맛 증진 및 좋지 않은 풍미 상쇄 등에 기여함으로써 전반적으로 식감을 향상시키는 것으로 평가되었고(Gillette, 1985), 식육가공품에서도 식염 첨가가 제품의 전체적인 풍미 증진에 영향을 준다(Matulis *et al.*, 1995).

식염이 첨가된 식육가공품은 저장 기간 동안 미생물의 성장을 억제하는 기능을 하며, 높은 수준의 식염 첨가는 항균효과가 있다(Terrell, 1983). 이와 관련하여 분쇄 돈육에 식염 또는 젖산나트륨을 각각 0에서 3%까지 첨가하여 21일간의 저장기간 동안 저장성을 비교 평가한 결과, 호기성 균의 성장을 억제시키기 위한 식염함량은 3%로 평가되었다(Brewer *et al.*, 1995).

식육가공에서 지방의 첨가 효과

식육가공품의 주원료인 살코기에서 유래된 단백질은 세절 과정에서 식염 첨가에 의해 추출된다. 이렇게 추출된 염용성 단백질과 지방의 결합은 세절을 통해 유화되어, 제품의 안정성을 증진시키게 되고, 가열처리 과정을 통해 향미를 증진시킨다. 결과적으로는 식육가공품에 대한 기호도를 향상시킬 수 있다. 실제로 식육가공품에 첨가된 지방 함량은 제품의 안정적인 색도 및 풍미 유지에 필수적인 요인이 된다(Hughes *et al.*, 1997; Troutt *et al.*, 1992). 또한 제품의 안정성에 기여함으로써 가열 감량을 줄이고

제품의 보수력과 다즙성을 증진시키며, 조직감을 향상시키는 주요인이 되고 있다(Carballo *et al.*, 1995; Pietrasik and Duda, 2000). 지방의 첨가로 인해 제품의 수분 보유능력이 증진됨으로써 수율이 향상되고, 이는 식육가공품의 부가가치를 높일 수 있는 요인이 된다. 한편, Chin 등(2006)은 백화점과 대형마트에서 판매되는 식육가공품 중 소시지, 햄 등 종류 별로 몇몇 제품을 선택하여 품질을 평가한 연구에서 지방의 함량을 측정한 결과, 10-35%의 지방함량을 나타냈다고 보고하였다(Chin *et al.*, 2006).

저지방/저염 기능성 식육가공품

건강 증진 식품은 기능성 식품을 포함하는 것으로, 식품을 통해 질병을 치료하거나 예방할 수 있다고 정의한다(Jimenez-Colmenero *et al.*, 2001). 또한 Goldberg(1994)는 일본인들이 명시화한 기능성 식품이라는 개념을 정의하기 위해서 다음과 같은 세 가지 조건을 설명하였다. 자연발생적인 천연의 첨가물로 만들어진 식품으로, 매일 식이로써 섭취할 수 있는 것이며, 섭취했을 때 생물학적 방어 체계의 증진이나, 특정 질병으로부터 방어와 치료 또는 육체나 정신적인 상태의 조절 및 노화의 억제 등을 조절할 수 있는 것을 기능성 식품이라 정의하였다.

식육 및 식육가공품은 고급 단백질 공급원이며, 비타민과 미네랄의 원천이다(Lushbough and Schweigert, 1959). 하지만 식품의 특징과 마찬가지로 식육 가공품 또한 섭취를 통해 건강에 긍정 및 부정적인 영향 모두 가능함을 알 수 있다. 그러므로 건강 증진에 기여하는 식육가공품 생산을 위해서는 건강에 영향을 주는 부정적인 요소나 환경을 제어할 필요가 있다. 이러한 이유로 세계 보건 기구(World Health Organization, WHO)에서는 지방 섭취를 통한 열량은 15-30% 이하를, 이러한 열량의 10% 이상이 포화지방에서 유래되지 않도록 제안하고 있으며, 또한 콜레스테롤의 섭취는 하루에 300 mg이 넘지 않도록 추천하고 있다(AHA, 2000). 그러므로 원료 배합이나 가공 공정의 조절을 통해 건강에 유해가 되는 물질 또는 가능성이 있는 요인이 제어된다면 건강 증진을 위한 식육 및 식육가공품을 개발할 수 있을 것이다.

식육가공품에 첨가되는 식염은 동맥계 고혈압을 야기하는 요인으로 분류되고 있으며, 최근에는 위암 발생과 관련된 요인으로도 설명되고 있다(WCRE, 2007b). 특히 식염의 나트륨 성분이 문제시 되고 있다. 한편, 식육이 함유한 나트륨 성분은 100 g당 50 mg에서 90 mg 정도로 적은 양을 함유한 것으로 보고되었다(Romans *et al.*, 1994). 하지만 식육가공품 제조에 첨가되는 식염은 높은 함량의 나트륨을 함유하고 있기 때문에 이를 저감화하기 위해서는 식육가공품 제조에 첨가되는 식염 함량을 줄일 필요가 있다. 최근 선진국에서는 식품에 첨가되는 식염함량을 줄이기 위한 노력이 진행되고 있으며, 특히 식품에 첨가되는

식염 함량을 표시기준 항목에 명시하고 있다. 또한 영국을 비롯한 서구 유럽과 북미에서는 식품에 첨가되는 식염 양에 따라 각각 고염, 식염저감화 또는 저염으로 표시 기준을 구분하고 있다(FDA, 2008; FSA, 2010)(Table 1).

한편, 기능성 식품으로써의 식육가공품의 부가가치를 증진시키기 위해서는 여러 기능성을 부여할 수 있는 새로운 식육가공기술 개발이 요구되고 있으며(Arihara, 2006), 소비자들의 건강기능성 식품에 대한 관심과 소비성향을 잘 반영하기 위한 연구 개발 노력과 함께 건강기능성 식품으로써의 축산식품을 제시하기 위해서는 기능성 효과에 대한 과학적인 근거가 동반되어야 할 것이다. 특히 기능성이나 유용성 표시에 대한 제도적 뒷받침이 필요로 되고 있으며(Jang *et al.*, 2009), 선진국에서는 건강지향적인 식육가공품 제조를 장려하기 위해서 성분 종류(칼로리, 포화지방, 콜레스테롤 및 나트륨) 및 함량(무, 저, 저감, 일반, 고 등)에 따라 영양성분 표시 기준을 달리하고 있다(Table 1). 우리나라에서도 식품 위생법에 근거한 일반 가공식품의 영양소함량 강조표시 기준을 Codex 규격을 수용하여 정하고 있다. 영양소 함량 강조표시 세부기준에 따라 나트륨의 경우, 표시조건이 식품 100 g당 120 mg 미만일 때 ‘저’, 식품 100 g당 5 mg 미만일 때, ‘무’로 강조표시를 구분하고 있다. 또한 “덜”, “더”, “감소 또는 라이트”, “강화”, “첨가” 용어 중 “덜, 라이트, 감소”를 사용하고자 하는 경우에는 해당 영양성분의 함량차이의 절대 값이 앞서 언급한 “저”의 기준 값보다 커야 한다고 명시되어 있다(식품의약품안전청, 2010).

저지방/저염 식육가공품의 품질 증진 방안

식염 저감화

지방을 줄이고 식염을 감소시켜 식육가공품을 제조할 수 있으나 식염을 감소시키기 위해서는 맛과 향미뿐만 아니라 조직감과 저장성도 보완되어야 한다. 이와 관련하여 Ruusunen 등(2005)은 기호성과 관련된 향미의 강도와 짭맛, 제품의 수율과 관련된 가열감량, 조직감과 관련한 견고성과 다즙성 등을 평가하였고, 기존의 조직감을 유지하

기 위해서는 인산염의 사용을 제시하였는데, 인산염의 사용은 식염의 1.0-1.5% 범위에서 보수력을 증진시킬 수 있다고 보고하였다. 특히, Jimenez-Colmenero 등(2001)은 낮은 식염 첨가량으로 인해 기호성을 포함하는 품질 특성에 부정적인 효과가 나타날 수 있으므로 식염의 대체 양은 50%가 적당하다고 보고하였다. 그러므로 저염 식육가공품을 제조하기 위해서는 식염 첨가량을 저감화 시킴과 동시에 인산염으로 보완해 주는 것이 필요할 것으로 보인다. 한편, Ruusunen 등(2003)은 인산염으로 보완하지 않고도 첨가물의 적절한 조합을 통해 식염함량을 1.5% 이하로 줄여 식육가공품을 제조할 수 있다고 보고하였으며, Pszczola (1999)는 저염 식육가공품에 젖산나트륨을 첨가함으로써 기호도를 높일 수 있고, 젖산나트륨이나 젖산칼륨을 첨가함으로써 제품의 저장성을 증진시킬 수 있다고 보고하였다(Chin and Ahn, 2005). 또한 단백질 간의 상호작용을 촉매하는 미생물 유래 효소(microbial transglutaminase, MTGase)의 사용 및 식염 함량 저감화에 따른 수율 저하를 보완하기 위한 분리대두단백질의 사용으로 저지방 또는 저염 식육가공품의 제조가 가능하다고 보고되었다(Lee *et al.*, 2005, 2006). 이 외에도 식육가공품에 첨가하는 식염 및 나트륨 대체에 관한 연구는 지난 30년이 넘는 기간 동안 수행되어 왔고, 특히 나트륨에 대한 대체 방안으로 KCl, CaCl₂, MgCl₂와 같은 다른 형태의 식염을 사용하는 연구가 이루어졌다. 그 결과, KCl로의 대체가 제안되었으나, 관능평가에서 쓴맛이라는 단점이 확인되었다(Terrell, 1983).

친수성 콜로이드의 이용

친수성 콜로이드는 식품에 물성 증진과 제품 안정성 유지를 목적으로 사용되고 있으며, 기능성의 차이에 따라 그 활용 범위가 매우 넓다. 최근 저지방/저염 식육가공품 제조에 대한 필요성이 높아짐에 따라 지방이나 식염을 대체하기 위해서 지방과 식염의 물성 증진 메커니즘 및 그 효과를 보완할 물질이 필요로 되었다. 이와 관련하여 수분과의 결합을 통해 겔을 형성하는 친수성 콜로이드 류의 물질들이 단독 또는 복합으로 첨가되어 저지방/저염 식육

Table 1. Summary of sodium content claims approved by food labeling guides of USA and UK

Claim	Conditions	Comments
<u>U.S. Food and Drug Administration (FDA, 2008) of USA</u>		
Free	Less than 5 mg per labeled serving	Conditions for the use of “Healthy”, less 480 mg sodium per 50 g (seafood or meat)
Low	140 mg or less per RACC* (or 50 g)	
Reduced/Less	At least 25% less sodium per RACC (or 100 g) than an appropriate reference food	
<u>Food Standards Agency (FSA, 2010) of UK (Traffic light labels)</u>		
High sodium (salt)	More than 0.6 g sodium (or 1.5 g salt) per 100 g (Red)	Eat small amounts, or just occasionally
Medium sodium (salt)	In the range of High and Low sodium (Amber)	OK most of the time
Low sodium (salt)	Less than 0.1 g sodium (or 0.3 g salt) per 100 g (Green)	A healthier choice

*RACC: Reference Amounts Customarily Consumed (adapted from FDA, 2008; FSA, 2010).

가공품의 보수성 및 조직감을 개선하는 데 널리 사용되고 있다(Table 2). Chin과 Chung(2002)은 추출한 염용성 단백질과 친수성 콜로이드(*konjac* flour(KF), kappa-carrageenan (CN), and locust bean gum(LBG))의 상호반응 결과 pH 6.0 이상에서 탄력성 있는 겔을 형성하고, 친수성 콜로이드의 첨가량이 증가함에 따라 겔 강도가 증진된다고 보고하였다. 특히, 친수성 콜로이드 중에서 kappa-CN의 겔 생성 능력이 KF나 LBG보다 현저하게 높았다고 보고하였다(Chin and Chung, 2002). 또한 위 모델 연구 결과를 근거로 수행된 연구에서는 기존의 유화형 소시지와 유사한 물성을 갖는 저지방 소시지를 개발하기 위해 친수성 콜로이드(KF, CN, and LBG) 첨가의 최적 조건을 확인하고자 하였다. 그 결과, 친수성 콜로이드를 단일로 첨가하였을 때는 무첨가 대조구에 비해 보수성의 증진효과가 나타나지 않았고, CN 첨가구는 다른 처리구(KF, LBG)에 비해 낮은 보수성을 보였다(Chin and Lee, 2002). 이와 달리 KF, CN 및 LBG를 2 또는 3종 복합 첨가한 경우, 단독 첨가 처리구에 비해 높은 보수성을 나타냈으며, KF와 CN 복합 처리구는 유화형소시지 대조구와 가장 유사한 것으로 평가하였다(Chin and Lee, 2002). 그러므로 유화형소시지와 유

사한 성상을 갖는 저지방 소시지를 제조하기 위해서는 위와 같이 친수성 콜로이드를 첨가하여 조직감을 개선하는 것과 함께, 보수성 증진을 위해서는 다른 첨가물의 보완을 고려해야 하겠다. 한편, 저지방 소시지 제조를 위해 지방대체재(KF:CN:soy protein isolate=1:1:3)를 복합 첨가하고, 살코기와 수분의 조합(45/45; 50/40; and 60/30)을 달리하여 가공 조건에 따른 저지방소시지의 품질특성을 평가한 결과에서는 살코기의 함량이 55% 이상 첨가될 경우, 유화형소시지 대조구와 유사한 부서짐성 및 경도를 나타낸 반면에 검성과 씹힘성 및 응집성은 50%까지도 차이가 없었고, 탄력성은 살코기 수분의 조합과 관계없이 유사하게 나타났다(Chin *et al.*, 2004). 이와 달리 유리수분함량을 측정한 보수성 평가 결과에서는 살코기가 60% 이상일 경우에만 유화형 소시지 대조구와 유사하였다(Chin *et al.*, 2004). 한편, 일반조성 차이에 근거하여 저지방소시지의 모든 처리구는 유화형소시지 대조구에 비해 낮은 명도를 보였다(Chin *et al.*, 2004). 그러므로 기존의 유화형 소시지의 품질특성과 유사한 저지방 소시지를 개발하기 위해서는 친수성 콜로이드의 복합 첨가뿐만 아니라 다른 가공 조건(살코기와 수분 첨가 비율) 등을 고려해야 하겠다.

Table 2. Outline of selected literatures of functional ingredients in low-fat and/or salt meat products

Reference	Functional ingredients	Meat product	Experimental conditions	Major effects
Hongsprabhas and Barbut, 1999	whey protein isolate (WPI)	meat batters (poultry breast)	salt 0, 1.5, 2.5%, pre-heated WPI 0, 2, 3 or 4%	pre-heating of WPI increased water holding capacity, reduced cooking loss and improved the rheological properties of raw and cooked batters at $\leq 1.5\%$ NaCl.
Su <i>et al.</i> , 2000	soy protein (SP) and sodium caseinate (SC)	frankfurters	frankfurters (1.5, 2.5% NaCl) + 2% pea, soy, caseinate	SP or SC stabilized the meat emulsions and contributed to a firmer texture.
Ruusunen <i>et al.</i> , 2003	modified tapioca starch, sodium citrate, and wheat bran	frankfurters	frankfurters (1.1, 1.35, 1.6% modified tapioca starch and sodium citrate, phosphate free, 15 or 20% fat) + 2.5% test ingredients	rate decreased frying loss with improving water and fat binding.
Lee and Chin, 2009a	soy protein isolate (SPI), carrageenan (CN), <i>konjac</i> flour (KF), and milk proteins (SC and whey protein concentrate (WPC))	frankfurters	frankfurters (0.75, 1, 1.25, 1.5% salt + SPI, CN, KF + 2% pea, soy, caseinate)	low-fat/salt frankfurters were manufactured with fat replacers (SCK) have similar quality characteristics to those of regular-fat/salt frankfurters
Lee and Chin, 2009b	microbial transglutaminase (MTG), mungbean and acorn powder	pork sausage	pork sausage (0.9, 1.2, 1.5% salt + 0.3% mungbean and acorn powder or not)	improved the water holding ability of low-fat/salt pork sausages prepared with MTG
Kuraishi <i>et al.</i> , 1997	MTG and SC	restructured meat	restructured meats (0.01-0.1% MTG + 0-5% SC)	0.05-0.1% MTG combined with 0.5-1.0% SC could be produce to adequate binding in raw restructured meat without salt.
Lee <i>et al.</i> , 2005	SC and MTG	restructured pork ham	restructured pork hams (0.3% MTG + 0.5, 1.0, 1.5% refined salt + 1% SC or WPC)	1% salt with the combination of 0.3% MTG and 1% SC had similar cooking loss (%) to the 1.5% salt control. low-salt restructured hams containing MTG and milk proteins had similar sensory, as compared to those of regular-salt control.
Lee <i>et al.</i> , 2006	SPI	smoked pork loins	smoked pork loins(0, 0.5, 1, 1.5, 2% purified salt + 1% SPI)	1% SPI addition improved product yields of smoked pork loin in low-salt level.

우유단백질의 이용

Ellekjaer 등(1996)은 가열 소시지에 사용한 우유단백질은 제품의 가열 수율과 관능 특성에 영향을 주었고, 특히 1.5%의 우유단백질을 첨가한 소시지가 최소의 가열감량을 보이면서 대조구와 유사하게 평가되었다고 보고했다. 우유단백질 중 sodium caseinate(SC)는 높은 전기적 전하를 갖고 있으며 매우 많은 소수성 그룹을 갖고 있어, 이상적인 유화제로 사용될 수 있다(Van den Hoven, 1987). Su 등(2000)은 후랑크 소시지(frankfurter)의 식염첨가량을 2.5에서 1.5%로 저감화하고, 2% 수준의 비 육류 단백질을 첨가한 실험에서 SC의 첨가는 2.5% 식염 첨가 후랑크 소시지 대조구의 전단력 값과 비교했을 때, 다른 비 육류 단백질(완두콩)의 전단력 값이 유의적으로 감소한 것과 달리 유사한 전단력 값을 나타냈다고 보고하였으며, 특히 식염첨가량과 상관없이 SC 첨가 후랑크 소시지의 열에 대한 안정성은 대조구보다 유의적으로 높게 나타나 보수성 증진에 효과가 있는 것으로 보고하였다. Fischer와 Widder(1997)은 casein의 첨가량을 0에서 12%까지 증가시킴에 따라 에스터 화합물의 농도가 점차 낮아졌으며, 이는 단백질함량의 증가로 인한 향기성분과의 결합에 의한 것으로 SC를 첨가함으로써 점성과 겔의 형성 등 결합구조가 변했기 때문으로 평가하였다. 한편, whey protein(WP)는 결합 및 증량제로써 식육가공품에 사용된다. WP를 첨가함으로써 식육가공품의 수분 보유 능력과 더불어 풍미가 증진되며, 지방의 안정성을 조절한다(Casella, 1983). WP는 향기 성분과의 강한 결합을 보이며, SC보다 더 강한 결합을 나타낸다는 결과도 보고된 바 있다(Kuhn *et al.*, 2007). Hongsprabhas와 Barbut(1999)는 가공 전 가열 처리한 whey protein isolate(WPI)를 1°C에 하루 동안 저장한 뒤, 가열 또는 비 가열 상태의 고기반죽에 첨가한 경우, 제품의 점성이 증진되고 가열감량이 감소되어, 보수성이 증가되는 결과를 보였으며, 이는 특히 식염 1.5% 이하에서 나타난 결과로 WPI의 기능성을 확인할 수 있는 결과라고 보고하였다. 이러한 연구 결과들은 우유단백질 성분들이 저염 식육가공품의 조직감과 보수성을 증진시키기 위한 주요 첨가물로써 사용될 수 있음을 시사하고 있다.

콩 단백질의 이용

콩은 역사적으로 개발도상국에서 경제적인 단백질원으로 널리 이용되어 왔다. 또한 콩과 식물 단백질은 경제적인 식품자원으로써 식품학적 영양성과 기능성이 여러 연구 및 기술자료들을 통해 보고되었다(Duranti and Gius, 1997; Martins and Netto, 2006). 특히, 건강상의 이점으로 심혈관계 질환이나 암 발생의 위험을 감소시키는 데 긍정적인 효과가 있는 것으로 잘 알려져 있다(AHA, 2006; Larkin *et al.*, 2008). 최근 국내 연구진이 유전체 코호트 연구를 통해 콩의 위암예방 효과를 국내 최초로 확인한 바 있다

(Ko *et al.*, 2010). 한편, 대두는 식품산업에 이용되는 대표적인 콩과 식물 단백질 원으로써, 특히 식육가공품의 보수성, 조직감, 관능성 및 경제성 측면에서 그 이용 가능성이 매우 크다(Rakosky, 1970). 또한 식육가공품 제조에 이용되는 soy protein isolate(SPI)의 기능성을 극대화하기 위해서는 전처리 가열과정 등을 통해 식육단백질과의 상호작용을 증진시켜 최종 제품의 기능성을 보완할 수 있다(Feng and Xiong, 2002). 특히, microbial transglutaminase(MTGase)와 같은 단백질 간의 교차결합을 촉매하는 효소와의 조합은 식육의 근원섬유단백질 겔화 특성에 탄력성을 증진시키는 효과를 나타냄으로써 경제성 있는 단백질 원으로써의 가능성을 높일 수 있다고 보고되었다(Ramirez-Suarez and Xiong, 2003). 저지방/저염 식육가공 제조 기술과 관련한 연구에서도 SPI는 지방대체제로써 그 기능이 확인되었으며, konjac flour(KF)나 carrageenan과 같은 친수성 콜로이드와의 복합첨가를 통해 식육 저감화가 가능하였다(Lee and Chin, 2009a). 최근에는 콩과 식물 자원 중 기능성이 규명되고 있는 녹두를 이용한 저염 모델 소시지 연구가 수행되었으며, MTGase 처리 유무와 저염 조건(0.9% NaCl)에서 돈육 소시지의 조직감과 보수성을 보완하는 효과가 보고되었다(Lee and Chin, 2009b)(Table 2).

Microbial transglutaminase(MTGase)의 식품학적 특성과 이용

MTGase는 분리와 정제가 용이하여 식품 제조에 널리 사용되고 있는 효소제제이다. MTGase의 주요한 기능으로는 식품 제조에 첨가되어 제품의 조직감을 향상시켜 품질을 높이는 데 기여한다. 즉, 식품의 물리적인 특성 중에서 특히, 경도와 탄력성을 증진시킨다. 더불어 식품에 MTGase를 첨가함으로써 가열처리를 하지 않은 상태에서 겔을 형성할 수 있으며, 일단 형성된 겔은 증가되는 온도에서도 녹지 않는 특성을 보인다(Motoki and Seguro, 1998). 이러한 특성은 MTGase가 식품단백질의 glutamine과 lysine 잔기 사이에서 ϵ -(γ -glutamyl)lysyl 교차결합 형성을 촉매하기 때문이다(Kashiwagi *et al.*, 2002)(Fig. 1). MTGase의 등전점은 8.9이며, 적정 pH 범위는 6에서 7이고, pH 안정범위는 pH 4에서 9이다(Jaros *et al.*, 2006). 또한 온도 범위는 0에서 65°C이고, 적정온도는 45에서 55°C로 알려져 있다(Ajinomoto, 2009). Motoki와 Seguro(1998)는 MTGase처리가 단백질과 결합하여 겔을 형성하고, 당이나 식염이 함유된 상태의 유화물의 겔화를 유도하며, 가열 후에 겔의 강도를 증가시키는 데 이용된다고 설명하고 있다.

식육의 근원섬유단백질 모델에서 microbial transglutaminase(MTGase)의 물성 증진 효과

식육 단백질의 물성에 주요 근원이 되는 근원섬유단백질 모델 시스템 연구가 단백질 용해성에서부터 비 육류

Fig. 1. Microbial transglutaminase forms cross-links (ϵ -(γ -Glu)Lys; isopeptide bond) between glutamine and lysine residues of proteins (Ajinomoto, 2009).

단백질(non-meat proteins, NMP)과의 상호작용까지 여러 요인에 따른 물성 변화를 관찰하기 위한 연구들이 이루어졌다(Table 3). Chin 등(2009a)은 sodium caseinate(SC)와 MTGase의 상호작용에 영향하는 요인으로 식염 농도와 MTGase 배양시간의 효과를 보고하였으며, 특히 MTGase 첨가는 돈육 근원섬유단백질 겔 강도 증진에 효과적이었다고 보고하였다. 반면에 *konjac* flour(KF)의 첨가는 MTGase-

SC 시스템에서 보수성과 겔 강도 모두 높이는 효과를 보임에 따라 KF와 같은 친수성 콜로이드는 MTGase와 복합 첨가 시, 상승효과를 나타내는 것으로 평가되었다(Chin *et al.*, 2009a). 한편 MTGase-SC-KF 시스템에서의 SC는 MTGase에 대한 기질로써의 적합성이 이전 연구결과들에서 확립된 바 있으나(Hwang *et al.*, 2008; Kuraishi, *et al.*, 1997, 2001; Lee *et al.*, 2005), soy protein isolate(SPI)와 같이 상대적으로 SC에 비해 저렴한 비 육류 단백질의 활용 가능성을 검토하고자 하였다(Chin *et al.*, 2009b). SPI와 SC의 조합 또는 SPI를 단독 처리하여 SC 처리구와 비교 평가한 결과, MTGase 배양 4시간까지는 처리구 간의 비 가열 겔의 겔 강도에 차이가 없었으나, 8시간 이후에는 SPI의 비율이 높아짐에 따라 겔 강도가 감소하는 경향을 보여 최종적으로는 SC를 33% 대체할 수 있다고 평가하였다. 반면에 가열 겔에서는 100% 대체가 가능하다고 결론지었다(Chin *et al.*, 2009b). 한편, Hong과 Chin(2009)은 돈육 등심 근원섬유단백질의 비 가열 겔 형성에 있어서 sodium alginate(SA)와 MTGase 시스템의 최적화를 평가하기 위한 연구에서 SA 시스템(0.5% SA, 0.15% CaCl_2 , and 0.5% glucono- δ -lactone)은 0.1 M의 저염 농도에서 겔 강도와 수율이 최적화된 반면에, MTGase 시스템(0.6% MTGase and 0.5% SC)은 0.3 M에서 최적화되었다(Hong and Chin, 2009). 또한 SA 시스템과 MTGase 시스템의 단

Table 3. Use of microbial transglutaminase alone or in combination with hydrocolloids in low-fat and/or salt meat model system

Reference	Functional ingredients	Meat and meat products	Experimental conditions	Major effects
Chin <i>et al.</i> , 2009a	sodium caseinate (SC), <i>konjac</i> flour (KF), microbial transglutaminase (MTG)	pork shoulder myofibrillar protein (MP)	0.1, 0.3, and 0.6 M NaCl + 50 mM NaH_2PO_4 (pH 6.25) + 0.53% MTG or SC, 0.26% KF, and 1% MTG	improved water retention properties of MP at all salt levels. MTG SC, 0.26% KF, and 1% MTG or enhanced gel strength in 0.6 M NaCl only. KF and MTG in combination improved gel strength.
Chin <i>et al.</i> , 2009b	MTG, soy protein isolate (SPI), KF	pork shoulder MP	0.45 M NaCl + 50 mM NaH_2PO_4 (pH 6.25) + 0.53% SPI, 0.26% MTG (vs. 0.53% SC mixed with KF, while the substitution or combination of SPI and SC could be up to 100% in thermal gels. (2:1 or 1:2))	substitutions of SPI for SC up to 33% in MTG-mediated cold-set gels KF, and 1% MTG (vs. 0.53% SC mixed with KF, while the substitution or combination of SPI and SC could be up to 100% in thermal gels. (2:1 or 1:2))
Hong and Chin, 2009	calcium alginate (CA) and MTG	pork loin MP	0.1-0.3 M NaCl + 50 mM MTG and CA systems were established at 0.3M NaCl concentration. (0-1% glucono- δ -lactone (GdL) + optimization of MTG and CA in 0-1% sodium alginate (SA) + 0-0.34% calcium carbonate (CC))	MTG and CA systems were established at 0.3M NaCl concentration. (0-1% glucono- δ -lactone (GdL) + optimization of MTG and CA in 0-1% sodium alginate (SA) + 0-0.34% calcium carbonate (CC)) set MP gels with low salt meat sys-tem. vs. MTG system (0-1.5% SC + 0-1.02% MTG)
Hong and Chin, 2010	sodium alginate (SA) and MTG	pork loin MP	0.1, 0.2, and 0.3 M NaCl + 50 mM MTG and SA system had reversed effects on gel strength by different salt level. SA system improved water binding ability and gel formation. MTG system enhanced the gel strength of the MP. combination of MTG and SA system could be improved the water binding ability and cold-set gel formation at even lower salt concentration.	MTG and SA system had reversed effects on gel strength by different salt level. SA system improved water binding ability and gel formation. MTG system enhanced the gel strength of the MP. combination of MTG and SA system could be improved the water binding ability and cold-set gel formation at even lower salt concentration.

독 또는 복합 조건에 식염농도를 0.1, 0.2, 0.3 M로 달리 하여 비 가열 및 가열 겔 특성을 평가하였으며, 그 결과 가열 및 비 가열 겔 강도는 식염농도와 관계없이 두 시스템의 조합 조건에서 높게 나타났으며, 마찬가지로 가열 처리 후 겔의 보수성을 평가한 결과에서도 식염농도에 관계 없이 조합 처리구는 무첨가 대조구나 MTGase 단독 첨가보다 유의적으로 높은 수율을 나타냈다(Hong and Chin, 2010). 이러한 결과를 종합해볼 때, 저염 조건의 단백질 겔의 물성을 증진시키기 위한 조건으로 비 육류 단백질(sodium caseinate or soy protein isolate)을 MTGase의 기질로써 복합 처리한 MTGase 시스템과 이에 친수성 콜로이드(konjac flour or alginates)의 보수성 증진 및 겔 강도 상승효과를 함유한 최적 시스템을 제시하였다(Chin *et al.*, 2009a; Hong and Chin, 2010). 또한 두 시스템의 식염농도에 대한 상반된 특성이 조합을 통해 상쇄되는 결과는 시사하는 바가 크다고 할 수 있다(Hong and Chin, 2010).

식육가공품 제조에서 microbial transglutaminase(MTGase)의 첨가 효과

식육가공품에서도 MTGase의 효과는 다양한 연구결과를 통해 입증되었다. 햄이나 소시지 같은 식육가공품의 원료가 되는 단백질과 그물망 구조를 형성하여 제조된 제품의 탄력성을 증가시키고, 햄의 경우에는 슬라이스성(sliceability)이 증진되었다. 또한 Lee와 Chin(2004)은 재구성 햄 제조에 첨가한 MTGase는 결합증진 효과를 통해 제조 공정상 텀블링 시간을 줄여 가공시간을 단축할 수 있다고 보고하였으며, Kuraishi 등(1997)은 새로운 결합 체계로써 MTGase와 sodium caseinate(SC)의 사용으로 서로 다른 식품 혼합물을 붙이는 접착제로써의 역할을 하며 점성이 높아진다고 보고했다. MTGase의 기질로써 사용한 SC의 농도는 1%까지 견고성이 증가한 뒤에 그 이상의 농도에서도 동일한 결과가 확인됨에 따라 실제 재구성 햄 제조에서도 1% 수준의 SC를 MTGase의 기질로써 사용하여 조직감을 증진시킬 수 있을 것으로 평가되었다(Kuraishi *et al.*, 2001). 이러한 효과는 기존의 식육가공품에 첨가된 식염이나 인산염에 의해서도 가능하다. 하지만 최근 건강지향성 식품에 대한 소비자 요구가 증대됨에 따라 식염이나 인산염 첨가량의 저감화가 요구되고 있다. MTGase를 이용하여 식염이나 인산염의 첨가량을 저감화하는 건강지향성 식육가공품의 제조가 가능하다(Kuraishi *et al.*, 2001). MTGase 첨가는 식염이나 인산염의 첨가 없이 육 입자를 결합함으로써 기존의 식염 및 인산염 첨가 제품과 유사한 조직감 및 품질 특성을 부여하여, 저염 식육가공품의 생산이 가능함을 시사했다. 하지만, 최근 연구결과에 따르면, 저지방/저염 식육가공품 제조를 위해 첨가한 MTGase의 첨가 효과는 조직감 증진에는 효과적이었으나, MTGase에 의한 단백질 잔기 간의 교차결합의 조직증진 효과는 상대적으로

로 보수성의 저하를 초래하는 요인이 되기도 한 것으로 보고되었다(Lee and Chin, 2009b). 그러므로 MTGase를 이용하여 저지방/저염 식육가공품을 제조하기 위해서는 함께 첨가할 기능성 첨가물과의 보완 효과를 고려해야 하며, 식육가공품 형태에 따라 안정적인 품질 특성을 유지하는 최적 조합을 선택해야 한다.

결론

건강지향의 저지방/저염 기능성 식육가공품을 제조하기 위해서는 기존의 식염 및 지방 첨가에 의한 조직감 및 관능성 증진 효과를 대체할 수 있는 방안이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 기능성 첨가물을 이용하여 최적 조합을 선별하는 이전 연구 결과들을 고찰하여 저지방/저염 식육가공품의 제조 가능성을 검토하였다. 먼저, 제품 연구 결과의 근거가 되는 모델 연구에서는 단백질 잔기 간의 결합을 촉매하는 microbial transglutaminase와 기질로 비육류 단백질(sodium caseinate or soy protein isolate)의 조합 및 친수성 콜로이드(konjac flour or alginates)와의 최적 조합 조건은 저염 농도에서도 식육단백질의 물성을 유지 및 증진시켰다. 또한 식육 및 식육가공품을 평가한 연구결과에서도 비 육류 단백질(sodium caseinate or soy protein isolate)과 친수성 콜로이드(konjac flour or carrageenan)의 단일 또는 복합 첨가가 기존의 식육가공품과 유사한 조직감 및 관능성을 유지하였다. 따라서 본 논문에서 소개된 여러 모델 및 제품연구 결과를 바탕으로 앞으로도 다양한 형태의 건강지향의 저지방/저염 식육가공품의 개발 연구가 이루어져야 하며, 또한 기능성 식품으로써 식육가공품을 제시하기 위해서는 새로운 기능성 물질의 탐색과 응용을 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2단계 BK21 프로그램(전남대, 동물위해인자 제어를 위한 인력양성사업단)의 지원을 받았으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. AHA (2000) American heart association guidelines: revision 2000. *Circulation* **102**, 2284-2299.
2. AHA (2006) Soy protein, isoflavones, and cardiovascular health. *Circulation* **113**, 1034-1044.
3. Ajinomoto (2009) Products, ACTIVA® transglutaminase - product applications. Ajinomoto Food Ingredients LLC.
4. Arihara, K. (2006) Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.* **74**, 219-229.
5. Brewer, M. S., Rostogi, B. K., Argoudelis, L., and Sprouls,

- G. K. (1995) Sodium lactate/sodium chloride effects on aerobic plate counts and color of aerobically packaged ground pork. *J. Food Sci.* **60**, 58-62.
6. Carballo, J., Barreto, G., and Jimenez-Colmenero, F. (1995) Starch and egg white influence on properties of bologna sausage as related to fat content. *J. Food Sci.* **60**, 673-677.
7. Casella, L. J. (1983) Whey use in meat products. *Meat Process*, **7**, 76-79.
8. Chin, K. B. and Ahn, E. H. (2005) Evaluation of sodium lactate and potassium lactate on the quality characteristics and shelf-life of low-fat sausage during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **25**, 52-59.
9. Chin, K. B. and Chung, B. K. (2002) Development of low-fat meat processing technology using interactions between meat proteins and hydrocolloids – I. optimization of interactions between meat proteins and hydrocolloids by model study. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 438-444.
10. 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. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 629-635.
11. Chin, K. B., Go, M. Y., and Xiong, Y. L. (2009a) 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.
12. Chin, K. B., Go, M. Y., and Xiong, Y. L. (2009b) Effect of soy protein substitution for sodium caseinate on the transglutaminase-induced cold and thermal gelation of myofibrillar protein. *Food Res. Int.* **42**, 941-948.
13. Chin, K. B., Kim, K. H., and Lee, H. C. (2006) Physico-chemical and textural properties, and microbial counts of meat products sold at Korean markets. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **26**, 98-105.
14. Chin, K. B., Lee, H. L., Kook, S. H., Yoo, S. S., and Chun, S. S. (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**, 481-485.
15. Duranti, M. and Gius, C. (1997) Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Res.* **53**, 31-45.
16. Ellekjaer, M. R., Naes, T., and Baardseth, P. (1996) Milk proteins affect yield and sensory quality of cooked sausages. *J. Food Sci.* **61**, 660-666.
17. Food and Drug Administration (2008) Food labeling guide. Available from: <http://www.fda.gov>.
18. Feng, J. and Xiong, Y. L. (2002) Interaction of myofibrillar and preheated soy proteins. *J. Food Sci.* **67**, 2851-2856.
19. Fischer, N. and Widder, S. (1997) How protein influence food flavor. *Food Technol.* **51**, 68-70.
20. Food Standards Agency (2010) Healthy diet. Available from: <http://www.eatwell.gov.uk>.
21. Gardze, C., Bowers, J. A., and Caul, J. F. (1979) Effect of salt and textured soy level on sensory characteristics of beef patties. *J. Food Sci.* **44**, 460-464.
22. Gillette, M. (1985) Flavor effects of sodium chloride. *Food Technol.* **39**, 47-52.
23. Girard, J. P., Culioli, J., Maillard, T., Denoyer, C., and Touraille, C. (1990) Influence of technological parameters on the structure of the batter and the texture of frankfurter type sausages. *Meat Sci.* **27**, 13-28.
24. Goldberg, I. (1994) Functional foods; designer foods, pharmaceuticals, nutraceuticals. Chapman and Hall, NY, pp. 1-16.
25. Gordon, A. and Barbut, S. (1992) Effect of chloride salts on protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. *J. Sci. Food Agric.* **58**, 227-238.
26. Hong, G. P. and Chin, K. B. (2009) Optimisation of calcium alginate and microbial transglutaminase systems to form a porcine myofibrillar protein gel. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 590-598.
27. Hong, G. P. and Chin, K. B. (2010) Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocolloids* **24**, 444-451.
28. Hongsprabhas, P. and Barbut, S. (1999) Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. *Food Res. Int.* **32**, 145-149.
29. Hughes, E., Cofrades, S., and Troy, D. J. (1997) Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Sci.* **45**, 273-281.
30. Hwang, J. S., Lee, H. C., and Chin, K. B. (2008) Rheological properties of pork myofibrillar protein and sodium caseinate mixture as affected by transglutaminase with various incubation temperatures and times. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **28**, 154-159.
31. Jang, A., Chae, H. S., Yoo, Y. M., Ham, J. S., Jeong, S. G., Lee, S. G., Ahn, C. N., Kim, D. H., Lee, S. K., and Lee, E. S. (2009) A study on the health benefits labeling for livestock products. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 599-611.
32. Jaros, D., Partschfeld, C., Henle, T., and Rohm, H. (2006) Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, applications (invited review). *J. Texture Studies* **37**, 113-155.
33. Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J., and Cofrades, S. (2001) Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.* **59**, 5-13.
34. Kashiwagi, T., Yokoyama, K., Ishikawa, K., Ono, K., Ejima, D., Matsui, H., and Suzuki, E. (2002) Crystal structure of microbial transglutaminase from *Streptovorticillium mobaraense*. *J. Biol. Chem.* **277**, 44252-44260.
35. Kim, I. S., Jin, S. K., and Hah, K. H. (2004) Quality comparison of sausage and can products in Korean market. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **24**, 50-56.
36. Ko, K. P., Park, S. K., Park, B., Yang, J. J., Cho, L. Y., Kang, C., Kim, C. S., Gwack, J., Shin, A., Kim, Y., Kim, J., Yang, H. K., Kang, D., Chang, S. H., Shin, H. R., and Yoo, K. Y. (2010) Isoflavones from phytoestrogens and gastric cancer risk: a nested case-control study within the Korean multicenter cancer cohort. *Cancer, Epidemiol., Biomarkers Prev.* **19**, 1292-1300.
37. Kuhn, J., Zhu, X. Q., Considine, T., and Singh, H. (2007) Binding of 2-nonanone and milk proteins in aqueous model

- systems. *J. Agric. Food Chem.* **55**, 3599-3604.
38. Kuraishi, 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**, 488-490, 515.
 39. Kuraishi, C., Yamazaki, K., and Susa, Y. (2001) Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Rev. Int.* **17**, 221-246.
 40. Larkin, T. Price, W. E., and Astheimer, L. (2008) The key importance of soy isoflavone bioavailability to understanding health benefits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **48**, 538-552.
 41. Lee, H. C. and Chin, K. B. (2004) Reduction of tumbling time and improvement of shear value for the manufacture of restructured hams using transglutaminase. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **24**, 23-28.
 42. Lee, H. C. and Chin, K. B. (2009a) 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**, 36-42.
 43. Lee, H. C. and Chin, K. B. (2009b) Effect of transglutaminase, acorn, and mungbean powder on quality characteristics of low-fat/salt pork model sausages. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 374-381.
 44. 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.
 45. Lee, H. C., Hwang, J. S., and Chin, K. B. (2006) Product quality of loin hams manufactured with various salt levels. *Proceed. 52nd Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, Dublin, Ireland, pp. 427-428.
 46. Lushbough, C. H. and Schweigert, B. S. (1959) The science of meat and meat products. W. H. Freeman and Company, San Francisco, pp. 185-211.
 47. Marsh, A. C. (1983) Processes and formulations that affect the sodium content of foods. *Food Technol.* **37**, 45-49.
 48. Martins, V. B. and Netto, F. M. (2006) Physicochemical and functional properties of soy protein isolate as a function of water activity and storage. *Food Res. Int.* **39**, 145-153.
 49. Matulis, R. J., McKeith, F. K., Sutherland, J. W., and Brewer, S. (1995) Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH. *J. Food Sci.*, **60**, 42-47.
 50. McClements, D. J. and Decker, E. A. (2007) Lipids. In: Fennema's food chemistry. Damodaran, S., Parkin, K. L., and Fennema, O. R. (eds), CRC Press, NY, USA, pp. 155-216.
 51. Motoki, M. and Seguro, K. (1998) Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Sci. Technol.* **9**, 204-210.
 52. Pearson, A. M. and Wolzak, A. M. (1982) Salt, its use in animal products – a human health dilemma. *J. Anim. Sci.* **54**, 1263-1278.
 53. Pietrasik, Z. and Duda, Z. (2000) Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Sci.* **56**, 181-188.
 54. Pszczola, D. E. (1999) Ingredients that get to the meat of the matter. *Food Technol.* **53**, 62-74.
 55. Puolanne, E. J., Ruusunen, M. H., and Vainionpaa, J. I. (2001) Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. *Meat Sci.* **58**, 1-7.
 56. Rakosky, J. (1970) Soy products for the meat industry. *J. Agric. Food Chem.* **18**, 1005-1009.
 57. Ramirez-Suarez, J. C. and Xiong, Y. L. (2003) Effect of transglutaminase-induced cross-linking on gelation of myofibrillar/soy protein mixtures. *Meat Sci.* **65**, 899-907.
 58. Romans, J. R., Costello, W. J., Carlson, C. W., Greaser, M. L., and Jones, K. W. (1994) The meat we eat. 13th ed, Interstate Publisher, Inc, IL, USA, pp. 924-963.
 59. Ruusunen, M., Sarkka-Tirkkonen, M., and Puolanne, E. (1999) The effect of salt reduction on taste pleasantness in cooked 'bologna-type' sausages. *J. Sensory Studies* **14**, 263-270.
 60. Ruusunen, M., Vainionpaa, J., Lyly, M., Lahteenmaki, L., Niemisto, M., Ahvenainen, R., and Puolanne, E. (2005) Reducing the sodium content in meat products: the effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. *Meat Sci.* **69**, 53-60.
 61. Ruusunen, M., Vainionpaa, J., Puolanne, E., Lyly, M., Lahteenmaki, L., Niemisto, M., and Ahvenainen, R. (2003) Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients. *Meat Sci.* **63**, 9-16.
 62. Su, Y. K., Bowers, J. A., and Zayas, J. F. (2000) Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins. *J. Food Sci.* **65**, 123-128.
 63. Terrell, R. N. (1983) Reducing the sodium content of processed meats. *Food Technol.* **37**, 66-71.
 64. Troutt, E. S., Hunt, M. C., Johnson, D. E., Claus, J. R., Kastner, C. L., Kropf, D. H., and Stroda, S. (1992) Chemical, physical and sensory characterization of ground beef containing 5 to 30 percent fat. *J. Food Sci.* **57**, 25-29.
 65. Van den Hoven, M. (1987) Functionality of dairy ingredients in meat products. *Food Technol.* **41**, 72-77, 103.
 66. WCRF (2007a) Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective, World Cancer Research Fund International, London, pp. 135-140.
 67. WCRF (2007b) Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective, World Cancer Research Fund International, London, pp. 141-147.
 68. 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**, 121-131.
 69. 식품의약품안전청 (2002) 식품공전 - 5. 식육제품, pp. 217-220.
 70. 식품의약품안전청 (2010) 영양표시기준 - 5. 영양소합량 강조표시기준 (6. 나트륨). Available from: <http://nutrition.kfda.go.kr>.

(Received 2010.7.5/Revised 2010.10.23/Accepted 2010.11.4)