

# 식육가공품의 나트륨 저감화를 위한 연구 및 기술개발 동향

## Current Trends in the Research and Development to Reduce Sodium Content in Processed Meat Products

함윤경<sup>1</sup>, 송동헌<sup>2</sup>, 하재호<sup>2</sup>, 박수경<sup>2</sup>, 최윤상<sup>3</sup>, 김태경<sup>3</sup>, 진구복<sup>4</sup>, 김현욱<sup>2\*</sup>

(Youn-Kyung Ham<sup>1</sup>, Dong-Heon Song<sup>2</sup>, Jae-Ho Ha<sup>2</sup>, Su-Gyeong Park<sup>2</sup>, Yun-Sang Choi<sup>3</sup>, Tae-Kyung Kim<sup>3</sup>, Koo Bok Chin<sup>4</sup>, Hyun-Wook Kim<sup>2\*</sup>)

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 동물소재공학과, <sup>2</sup>경남과학기술대학교 동물생명과학과,

<sup>3</sup>한국식품연구원 식품가공기술연구센터, <sup>4</sup>전남대학교 동물자원학부

<sup>1</sup>Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Animal Science & Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology

<sup>3</sup>Food Processing Research Center, Korea Food Research Institute

<sup>4</sup>Department of Animal Science and Functional Food Research Center, Chonnam National University

### 1. 서론

지난 수십 년 동안 식육가공품 제조에 필수적인 소금의 역할에 관한 과학적 규명이 이루어짐과 동시에 식육가공품의 높은 나트륨 함량은 우리의 건강을 위협하는 부정적 요인으로 문제시 되어 왔다. 소금(NaCl)은 기본적으로 짠 맛을 부여하고, 식육가공품 특유의 풍미 형성에 기여하여 관능적 특성을 향상시켜준다(Gillette, 1985). 가공적 측면에서 소금의 첨가는 염용성 단백질의 팽윤 및 추출을 도와 수분과 지방의 결합을 증진시키고, 가열 후 최종제품에서 바람직한 조직감을 형성하는 데 기여한다(Hamm, 1986; Terrell, 1983). 또한, 소금은 식육가공품의 수분활성도를 감소시켜 저장 중 미생물의 성장을 억제하여 보존성을 증진시키는 역할을 한다(Inguglia 등, 2017). 그 기능적 특성이 다양한 만큼 소금은 식육가공품의 종류 및 배합비에 따라 그 첨가량이 달라질 수 있다.

소금에 포함된 나트륨(Na)은 인체의 생리적 기능을 유지하기 위하여 필수적인 물질이지만(Jo and Jeong, 2015), 과량의 나트륨을 섭취할 경우 고혈압(hypertension), 뇌졸중(stroke) 및 심혈관계 질환(cardiovascular disease)의 발생위험이 증가할 수 있다(Aburto 등, 2013; Dahl, 1972; Fries, 1976; Morgan 등, 2001). 세계보건기구(World Health Organization; WHO)를 중심으로 여러 국가들의 보건당국은 해당 국민들의 나트륨 섭취량과 섭취

\*Corresponding author: Hyun-Wook Kim

Department of Animal Science & Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Republic of Korea

Tel: +82-55-751-3261

Fax: +82-55-751-3267

Email: hwkim@gntech.ac.kr

형태를 조사하고, 평상시 식생활에서 소금 섭취량을 일일 5 g 이하로 섭취할 것을 권고하고 있다. 최근 우리나라 보건복지부 통계조사 자료(국민건강통계, 2016)에 따르면 우리나라 국민들의 1일 나트륨 섭취량(만1세 이상, 7,040명 대상)은 2016년 3,668.94 mg으로 조사되어, 세계보건기구의 일일 나트륨 권장 섭취량인 2,000 mg의 약 1.5배에 이르는 수준이다. 우리나라 국민들의 주요 나트륨 급원식품은 소금, 배추김치, 간장, 된장 및 라면 등으로 나타난 반면, 돈육가공품에 의한 나트륨 섭취량은 전체의 약 1% 정도를 차지하는 미비한 수준이다(국민건강통계, 2016). 즉, 식육가공품을 주식으로 섭취하는 서양의 나라들과 비교하여 우리나라의 식육가공품에 의한 나트륨 과잉 섭취 문제는 크게 우려할 수준이 아니라고 해석된다.

그러나 상당수의 소비자들이 식육가공품의 높은 나트륨 함량을 부정적으로 인식하고 있어 소비를 제한하는 주된 요인으로 작용하고 있다. 또한, 나트륨 섭취량의 세심한 관리가 필요한 영·유아 및 고혈압과 심혈관계 질환 등의 성인병 환자들이 섭취할 수 있는 특수 목적용 식육가공품 개발을 위해서는 식육가공품의 나트륨 저감화가 국내에서도 중요한 해결과제가 될 것이다. 2013년 본 산업지에 기고된 “육가공품의 저염화 기술”에서는 식육가공에 있어 소금의 중요성과 나트륨 저감화를 위해 시도된 여러 가공기술들을 소개한 바 있다(Lim and Yang, 2013). 나아가 본 원고에서는 현재 국내에서 시판되고 있는 식육가공품의 나트륨 함량을 조사하고, 최근 5년간 시도된 식육가공품 나트륨 저감화 가공기술들을 소개하여 국내 저염 식육가공품 가공기술의 개발 및 고도화에 기여하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 국내 시판 중인 식육가공품의 나트륨 함량

일반 소비자들이 식육가공품에서 섭취하는 나트륨 함량은 제품 자체의 나트륨 함량 및 1회 섭취량에 의해 결

정된다. 특히 제품 자체에 나트륨 함량이 높은 경우 소비자는 의도치 않게 과량의 나트륨을 섭취하게 된다. 국내 식육가공품은 외국의 식육가공품에 비하여 덜 짜고 나트륨 함량이 낮다는 인식이 보편적이다. 이를 비교하기 위하여 실제 우리나라에서 판매되고 있는 국내 생산 및 해외 수입 식육가공품의 나트륨 함량을 조사하였다(표 1~3). 국내 생산 식육가공품의 경우 베이컨류(2개 제조사의 2개 제품), 분쇄가공제품(3개 제조사의 10개 제품), 소시지류(10개 제조사의 21개 제품), 캔햄류(4개 제조사의 5개 제품) 및 프레스햄류(7개 제조사의 13개 제품)를 조사대상으로 선정하였다. 해외 수입 식육가공품의 경우 베이컨류(1개 제조사의 1개 제품), 소시지류(10개 제조사의 24개 제품) 및 캔햄류(3개 제조사의 5개 제품)를 대상으로 하였다. 모든 제품들의 나트륨 함량은 해당 제품의 영양 성분 표기에서 발췌한 자료이며, 일부 제품의 경우 동일한 비교를 위한 100 g 당 함량으로 환산하였다.

국내 시판 중인 베이컨류의 평균 나트륨 함량은 국내 생산 제품의 경우 100 g 당 690 mg이고, 해외 수입 제품의 경우 383 mg으로 조사되었다(표 1). 해외 수입 제품은 1개 제품이어서 국내 생산 제품과 해외 수입 제품의 신뢰성 있는 비교가 어렵지만, 해외 수입 제품이어도 나트륨 함량이 국내 생산 제품과 비교하여 낮은 수치를 알 수 있다.

국내 시판 중인 소시지류의 평균 나트륨 함량은 국내 생산 제품의 경우 100 g 당 672 mg이고, 해외 수입 제품의 경우 1,168 mg으로 조사되었다(표 2). 특히 해외 수입 제품의 나트륨 최소 수치(661 mg/100 g)가 국

표 1. 국내 생산 및 해외 수입 베이컨류의 나트륨 함량 비교

구분	조사 제품수	나트륨 함량(mg/100 g)		
		최소 수치	최고 수치	평균 수치
국내 생산 제품	2개	210	1,170	690
해외 수입 제품	1개	-	-	383
전체 평균	3개	-	-	588

표 2. 국내 생산 및 해외 수입 소시지류의 나트륨 함량 비교

구분	조사 제품수	나트륨 함량(mg/100 g)		
		최소 수치	최고 수치	평균 수치
국내 생산 제품	21개	190	1,346	672
해외 수입 제품	24개	661	3,950	1,168
전체 평균	45개	-	-	936

내 생산 소시지 제품들의 평균 수치와 유사하여, 해외 수입 제품들이 국내 생산 제품보다 월등히 높은 나트륨 함량을 나타내었다. 또한, 국내·외 제품 모두에서 발효소시지류의 나트륨 함량이 기타 소시지 제품과 비교하여 높은 나트륨 함량을 나타내었다.

국내에서 판매되고 있는 캔햄류의 평균 나트륨 함량은 국내 생산 제품의 경우 100 g 당 679 mg이고, 해외 수입 제품의 경우 1,329 mg으로 조사되었다(표 3). 소시지류와 유사하게 해외 수입 제품에서 나트륨 최소 수치(750 mg/100 g)가 국내 생산 제품의 평균 수치보다 높은 것으로 조사되어, 국내 생산 캔햄 제품의 나트륨 함량이 해외 수입 제품과 비교하여 상당히 낮음을 알 수 있다.

분쇄가공제품과 프레스햄의 경우 해외 수입 제품의 조사가 어려워 국내 생산 제품을 중심으로 나타내었다. 현재 판매되고 있는 10개 분쇄가공제품의 평균 나트륨 함량은 657 mg/100 g(최소 수치 350 mg/100 g, 최대 수치 1,320 mg/100 g)을 나타내었고, 13개 프레스햄 제품의 평균 나트륨 함량은 666 mg/100 g(최소 수치 440 mg/100 g, 최대 수치 1,030 mg/100 g)으로 조사되었다. 국내 생산 제품들의 제품군별 나트륨

표 3. 국내 생산 및 해외 수입 캔햄류의 나트륨 함량 비교

구분	조사 제품수	나트륨 함량(mg/100 g)		
		최소 수치	최고 수치	평균 수치
국내 생산 제품	5개	183	1,020	679
해외 수입 제품	5개	750	2,280	1,329
전체 평균	10개	-	-	1,010

륨 함량을 비교하면 베이컨류(690 mg/100 g), 캔햄류(679 mg/100 g), 소시지류(672 mg/100 g), 프레스햄류(666 mg/100 g) 및 분쇄가공제품류(657 mg/100 g)의 순으로 분류되었다. 본 조사는 현재 시판 중인 식육가공품의 나트륨 함량 동향을 파악하기 위한 선행연구 수준에서 진행되었으나, 해외 수입 여부 및 제조사에 따라 나트륨 함량의 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 향후 신뢰성 있고 심도 깊은 조사연구를 통하여 보다 정확한 나트륨 함량의 비교 및 국내에서 나트륨 저감화가 필요한 제품군의 선정이 필요하다고 사료된다.

## 2. 나트륨 저감화를 위한 가공대체재의 개발

최근 저염 제품에 대한 소비자들의 관심과 요구도가 높아지면서 식육가공품에 첨가되는 나트륨의 함량을 줄이기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다. 식육가공품의 나트륨 함량을 줄이기 위한 연구 방향으로는 소금 첨가량을 감소시키거나 짠맛을 내는 무기염류를 이용하여 소금을 대체하는 방법, 소금과 혼합하여 짠맛에 대한 민감도를 높이는 염미증진제를 사용하는 방법, 향미개선제 등을 첨가하여 짠맛의 감소 대신 지미 성분을 증진시켜 기호도를 향상시키는 방법 등이 있다(Jo and Jeong, 2015).

### (1) 염소계 대체재의 활용

저염 식육가공품의 제조 시 소금을 대체하는 물질로 짠맛을 발현하는 무기염류를 사용하고 있으며, 그 종류는 염화칼륨(KCl), 염화칼슘(CaCl<sub>2</sub>) 및 염화마그네슘(MgCl<sub>2</sub>) 등이 있다. 육가공품 제조 공정에서 소금은 나트륨 이온(Na<sup>+</sup>)과 염화이온(Cl<sup>-</sup>)으로 이온화되어 근육 단백질을 구성하는 근원섬유 단백질(염용성 단백질)을 추출하는데 중요한 역할을 하며, 염화이온이 나트륨 이온보다 (+)전하를 가진 근원섬유 단백질에 더 강하게 결합하여 근섬유 사이의 공간을 넓힘으로써 보수력을 향상시킨다(Desmond, 2006; Hamm, 1986). 이러한

이유로 염화이온을 포함하고 있는 무기염류를 이용하여 소금을 대체하는 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 대표적인 염소계 대체재로 염화칼륨이 있다. 염화칼륨은 첨가되는 소금의 최대 30~40%까지 대체가 가능하며, 최종제품의 품질특성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(Inguglia 등, 2017). 그러나 50% 이상의 소금을 염화칼륨으로 대체할 경우 쓴맛이 증가하고 짠맛이 감소되거나 금속취가 발생하는 문제가 보고된 바 있다(Desmond, 2006; Horita 등, 2011). 최근 염화칼륨의 한계를 보완하고 저염 식육가공품의 품질을 개선하고자 glycine, lysine, monosodium glutamate, potassium lactate, phosphate, transglutaminase

등의 첨가물을 이용한 다양한 연구들이 보고되었다(표 4, Canto 등, 2014; Choi 등, 2014; Fellendorf 등, 2018; Marchetti 등, 2015). 풍미증진제로서 lysine 과 liquid smoke를 함께 사용한 저염/저지방 소시지의 경우 염화칼륨에 의한 관능적 특성 저하가 개선될 수 있는 것으로 보고되었으며(Alves 등, 2017), 발효가열소시지에 첨가되는 소금을 염화칼륨으로 대체한 Dos Santos 등(2014)의 연구에 따르면 monosodium glutamate, lysine, taurine, disodium inosinate, disodium guanylate를 함께 첨가하면 소금의 75%를 염화칼륨으로 대체하여도 염화칼륨에 의한 제품의 변화를 최소화 할 수 있는 것으로 나타났다.

표 4. 대체재를 활용한 저염 식육가공품 연구개발 동향

대체재	연구 주제	참고문헌
Transglutaminase, KCl, MgCl <sub>2</sub>	Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers	Canto 등 (2014)
KCl, Potassium lactate, calcium ascorbate	Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage	Choi 등 (2014)
Seaweed (glasswort)	Effect of glasswort ( <i>Salicornia herbacea</i> L.) on the texture of frankfurters	Kim 등 (2014)
Ocean's flavor sea salts, flavor enhancer (savory powder)	The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams	Pietrasik and Gaudette (2014)
KCl, monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium uanylate, lysine, taurine	Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl	Dos Santos 등 (2014)
Phosphate, sea mustard	Optimization for reduced-fat / low-NaCl meat emulsion systems with sea mustard ( <i>Undaria pinnatifida</i> ) and phosphate	Kim 등 (2015)
KCl, sodium tripolyphosphate	Sodium-reduced lean sausages with fish oil optimized by a mixture design approach	Marchetti 등 (2015)
Commercial replacer (SaltPro)	Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat	Ojha 등 (2016)
KCl, high pressure processing	Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl	Tamm 등 (2016)
KCl, MgCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , commercial replacer (AlgySalt®)	Free-sodium salts mixture and AlgySalt® use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population	Triki 등 (2017)
KCl, lysine, liquid smoke	Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl	Alves 등 (2017)
KCl, CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , potassium lactate, potassium citrate, potassium phosphate, glycine	Impact on the physicochemical and sensory properties of salt reduced corned beef formulated with and without the use of salt replacers	Fellendorf 등 (2018)

## (2) 천연 대체재의 활용

천연 물질을 이용하여 합성 첨가물을 대체하는 식품 시장이 성장하고, 저염 식육 가공품의 생산이 증가함에 따라 식육가공품에 첨가되는 소금을 천연 소재를 활용하여 대체하는 시도가 이루어지고 있다. 짠맛을 내거나 염미를 증진시키는 물질, 향미를 개선하는 천연물질이 대체재로 활용될 수 있으며, 염생식물, 효모추출물, 식물성 발효 조성물 등을 나트륨 저감화 소재로 활용한 연구들이 보고되었다. Kim 등(2014)은 저염 소시지에서 염생식물인 함초(glasswort)를 활용하여 최종 제품에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 소금 함량을 50%까지 낮출 수 있다고 보고하였으며, 미역(sea mustard)과 인산염을 활용하면 소금 함량을 3분의 1로 감소시킨 저염 유태물을 제조할 수 있다고 보고되었다(Kim 등, 2015). Jo and Jeong (2015)은 식물성 발효 조성물이 기타 저염 소재의 염미 강도를 비교하였을 때 기존에 사용되는 저염 소재에 비하여 염미 및 지미를 상승시키는 소재로 활용될 가능성이 높다고 보고하였다. 이 외에도 소금의 결정구조를 물리적으로 변화시켜 짠맛을 쉽게 느낄 수 있도록 하거나 우유 추출미네랄, 효모추출물을 혼합하여 나트륨 함량을 감소시킨 저염 소금이 개발되고 있다. 그 예로 미국의 Morton사와 Cargill사에서는 소금 결정체의 구조를 다양하게 변형하거나 소금 결정의 표면적을 넓힌 박편(Flake)소금을 개발하여 시중에 판매하고 있다.

## 3. 나트륨 저감화를 위한 가공공정의 개발

소금 첨가량의 감소에 따른 저나트륨 식육가공품의 가공적성, 관능적 특성 및 미생물학적 안전성 확보를 위한 여러 가공 및 제조기술이 개발되어 왔다. 앞서 서술한 바와 같이 주로 소금 대체재 혹은 기능성 천연 물질 등의 활용이 주를 이루고 있으나, 큰 범주에서 식육가공품 나트륨 저감화에 관한 가공공정 및 기술개발 동향을 소개하고자 한다. 특히 현재 식품산업 전반

에서 식품첨가물의 활용을 최소화한 ‘클린 라벨(Clean Label)’ 제품을 추구한다는 점에서 가공 및 제조기술을 활용한 저나트륨 식육가공품의 개발은 산업계와 소비층의 시대적 요구를 충족할 수 있어 잠재적 가능성이 높을 것으로 기대된다.

### (1) 배합비 조절을 통한 짠맛 증진

원료육, 수분 및 지방 첨가량의 조절이 용이한 재구성 육제품에서 배합비의 구성은 최종 제품의 짠맛에 영향을 미치는 직접적인 요인 중의 하나이다. 실제 육가공 산업에서 원료육은 수분 혹은 지방의 대체를 통해 각각의 제품마다 첨가량의 조절이 이루어진다. 이전에 이루어진 Ruusunen 등(2001)의 연구는 원료육, 수분 및 지방 함량의 관계에 있어 원료육 첨가량이 최종제품의 짠맛에 미치는 중요성을 잘 보여준다. 가열 소시지에서 원료육을 지방으로 대체하여 지방함량을 8%에서 28%까지 증가시킨 경우 소금 첨가량 1.2% 및 2.0% 모두에서 관능적으로 느껴지는 짠맛이 증가하였다고 보고되었다(Ruusunen 등, 2001). 반면 원료육 함량을 고정시키고 수분을 지방으로 대체하여 지방함량을 8%에서 28%까지 증가시킨 경우 소금 첨가량에 관계없이 유사하게 관능적인 짠맛을 느낀다고 조사되었다(Ruusunen 등, 2001). Ruusunen 등(2005)은 우육 패티에서도 이와 유사한 연구결과를 보고하였는데, 원료육 함량의 증가는 관능적 짠맛을 감소시킨 반면 지방 함량의 증가는 관능적 짠맛을 증가시킨다고 하였다. 결국 소시지의 배합비에서 원료육의 구성비율(단백질 함량)이 관능적인 짠맛과 직접적 연관이 있으며, 이는 첨가된 나트륨 이온의 약 70% 정도가 마이오신(myosin) 등의 근육단백질과 결합하여 첨가량 대비 혀의 짠맛 수용체를 자극하는데 덜 사용되기 때문으로 보여진다. 즉, 가공을 위해 첨가되는 소금의 양도 중요하지만 소금이 염소 이온과 나트륨 이온으로 이온화 되어 얼마나 우리의 혀를 자극하는데 사용될 수 있는지도 앞으로 저나트륨 식육가공품을 개발하는데 중요한 부분을 차지하리라 사료된다.

그러나 단순히 짠맛 상승을 위한 원료육 함량의 감소는 최종제품의 품질 저하를 야기할 수 있다는 점에서 제품 전체의 품질을 고려한 배합비의 선택이 필요하다고 판단된다.

**(2) 초고압 처리기술의 활용**

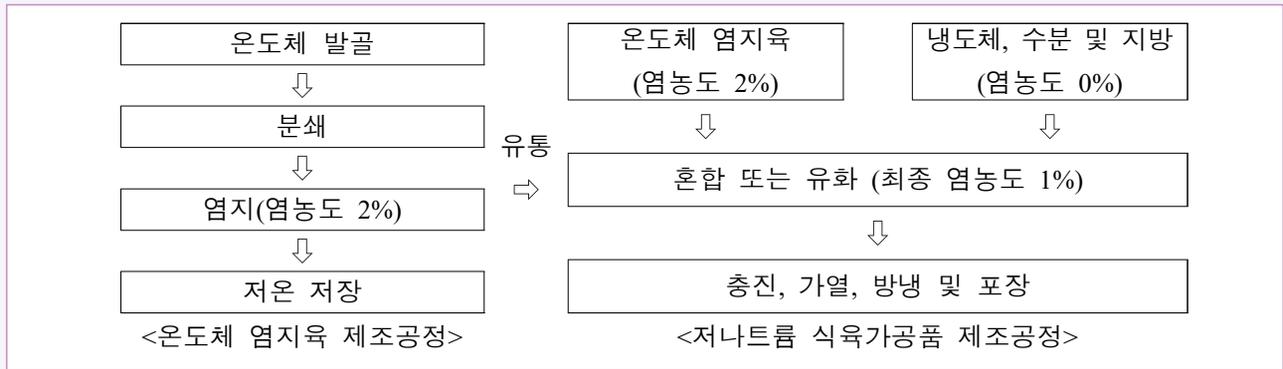
저나트륨 식육가공품 개발에 있어 초기 초고압 처리 기술의 활용은 병원성 및 부패성 미생물의 비활성을 통한 저장안전성 향상에 중점을 두었다. 저염 식육가공품 제조를 위한 초고압 처리기술의 활용에 있어 처리 시점(원료육, 소시지 배터 및 최종제품 등), 처리 수준(압력 및 시간)과 소금 농도 사이의 상호 작용이 존재한다고 보고되었고, 최근의 연구결과들을 살펴보면 다음과 같다(표 5). O'Flynn 등(2014)은 원료육의 초고압 처리 유무(150 MPa)와 첨가 염농도가 저인산염 소시지의 품질특성에 미치는 교호작용에 관하여 보고한

바 있다. Yang 등(2015a)은 저염/저지방 비가열 소시지에 200 MPa의 초고압 처리를 통하여 가열 이후 제품의 조직감 형성을 개선할 수 있다고 보고하였다. 나아가 Yang 등(2015b)은 200 MPa 초고압 처리를 통하여 저염/저지방 소시지(20% 지방 및 1% 소금)의 가공적성 개선이 가능하다고 하였다. Tamm 등(2016)은 텀블링 이후 100 MPa에서 5분간의 초고압 처리 및 0.2% 염화칼륨(potassium chloride)를 활용하여 가열햄(cooked ham)의 소금 함량을 1.1%까지 줄일 수 있다고 제안하였다. Pietrasik 등(2016)은 재구성 가열햄(restructured cooked ham)의 600 MPa 초고압 처리가 저장기간 연장에 효과가 있다고 보고하였다. Rodrigues 등(2016)은 염지 우육에서 초고압 처리(600 MPa)에 의한 미생물 사멸효과에 대해 보고하였고, 특히 소금 및 구연산과 병용처리한 경우 미생물 사멸효과가 우수하다고 하였다. 따라서 위의 내용을 종합해 보면 초고압 처리기술을 활용하여 저염 식육가공품

표 5. 초고압 처리기술을 활용한 저염 식육가공품 연구개발 동향

적용 제품군	연구 주제	참고문헌
소시지류	The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages	O'Flynn 등(2014)
	High pressure processing alters water distribution enabling the production of reduced-fat and reduced-salt pork sausages	Yang 등(2015a)
	Effect of high pressure on cooking losses and functional properties of reduced-fat and reduced-salt pork sausage emulsions	Yang 등(2015b)
	Effects of sodium tripolyphosphate on functional properties of low salt single step high pressure processed chicken breast sausage	Xue 등(2016)
	Optimization of textural properties of reduced-fat and reduced-salt emulsion-type sausages treated with high pressure using a response surface methodology	Yang 등(2016)
	Application of high pressure to chicken meat batters during heating modifies physicochemical properties, enabling salt reduction for high-quality products	Zheng 등(2017)
햄류	Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl	Tamm 등(2016)
	The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams	Pietrasik 등(2016)
	The application of response surface methodology for the development of sensory accepted low-salt cooked ham using high pressure processing and a mix of organic acids	O'Neill 등(2018)
염지제품	Effect of high pressure processing on physicochemical and microbiological properties of marinated beef with reduced sodium content	Rodrigues 등(2016)

그림 1. 온도체 염지육의 제조 방법 및 활용 방안 예시



의 조직감과 저장안정성의 향상이 가능할 것으로 판단되어 향후 활용도가 우수한 가공공정이라고 기대된다.

### (3) 온도체 가공기술의 활용

온도체육은 도살 후 사후강직이 시작되기 이전에 발골된 근육(pre-rigor muscle)을 지칭한다. 보통 사후강직이 완료되기 전에 발골된 근육은 강직이 진행될수록 강하게 수축하여 강직 해제 이후 관능적 품질이 열악한 질긴 육질을 나타내지만, 사후강직 전 근육을 즉시 가공한 경우 보수력, 결착력 및 연도가 우수한 식육가공품을 생산할 수 있다고 알려져 있다(Pisula and Tyburcy, 1996). 특히, 온도체 염지(pre-rigor salting) 기술은 도축 후 사후 강직이 시작되기 전의 온도체육에 2~4%의 소금을 첨가하여 식육가공품 제조를 위한 원료육으로 사용하는 것이다. 온도체육에 고이온 강도의 염을 첨가한 경우 해당작용에 관여하는 효소들의 활성이 억제되어 24시간의 냉장 저장 후에도 일반적인 냉도체육에 비하여 높은 pH를 유지할 수 있으며, 결과적으로 보수력, 염용성 단백질 용해성 및 원료육 간의 결착력이 우수하다고 보고되었다(Choi 등, 2009; Hamm, 1977, 1981; Johnson and Henrickson, 1970). 온도체 염지 기술의 효과를 높이기 위해 염의 종류(NaCl, 인산염, 간장 등), 염 농도, 염지 시간 및 젖산칼슘(calcium lactate), 인산염, 포도당 등과 같은 첨가물이 온도체 염지육의 가공적성에 미치는 영향에

관한 연구들이 전 세계적으로 이루어졌다. 최근 국내에서는 소금 첨가량이 온도체 계육의 이화학적 및 물리적 특성에 미치는 영향(Kim 등, 2015)에 관한 연구가 이루어졌고, 그 결과 온도체 염지효과를 기대하기 위해서는 온도체 발골육에 최소 2% 이상의 소금 첨가가 필요한 것으로 나타났다. 또한, 온도체 가공기술 관련 국내 특허로는 2013년에 온도체 염지육과 냉도체육을 혼합한 계육 소시지의 제조 방법에 관한 기술이 등록된 바 있다(대한민국 등록특허 10-1250515). 한편, 지금까지의 연구결과를 토대로 우수한 가공적성 지닌 온도체 염지육을 저나트륨 식육가공품 제조를 위한 원료육으로 사용하여 소금 첨가량 감소에 따른 가공적성 저하 현상을 해결하기 위한 시도가 이루어지고 있다. Lee (2016)는 나트륨 저감화 기술로써 단백질 변성 제어를 위한 온도체 발골 후 급속 냉각된 원료육에 저온세절혼합기술(cold-batter mixing)을 적용하여 저나트륨 육제품 제조 공정의 유효성에 관해 소개한 바 있다. 아직까지 국내 육가공 산업에서 온도체 발골육 및 염지육을 활용한 식육가공품의 상품화는 전무한 실정이지만, 앞서 설명한 온도체 염지기술의 산업적 활용을 위한 제반시설 및 가공공정을 확립하여 다양한 저나트륨 식육가공품의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

### III. 결론

앞서 살펴본 바와 같이 식육가공품의 나트륨 저감화

를 위하여 다양한 대체재와 가공기술들이 산업화 적용을 목표로 활발하게 연구되고 있다. 이러한 유용 기술을 활용함에 있어 무엇보다도 저염 식육가공품의 목표 나트륨 함량 설정이 우선되어야 할 것이다. 비록 상당수의 연구가 “1% 이하의 소금 농도” 또는 “기존 제품 대비 50% 나트륨 저감화” 등의 형태로 진행되고 있지만, 외국의 경우 해당 국가의 식문화 전반과 국민들의 식육가공품 섭취량 및 형태에 기초하여 저염 식육가공품의 나트륨 함량을 설정해 나가고 있다. 국내에서도 저염 식육가공품 개발이 더욱 활발하게 이루어지기 위해서는 우리나라 실정을 고려하여 보다 구체적인 저나

트륨 함량의 설정이 필요하며, 현재로서는 저염 식육가공품의 가공적성, 풍미 그리고 미생물학적 안전성 모두를 확보하기 위하여 단일 대체재 또는 기술만을 제품에 적용하기 보다는 대체재 및 유용 기술들의 병용처리가 효과적이라고 판단된다.

## 감사의 글

본 원고는 2018년도 농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업(No. PJ0138092018)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Aburto NJ, Ziolkovska A, Hooper L, Elliott P, Cappuccio FP, Meerpohl JJ. 2013. Effect of lower sodium intake on health: Systematic review and meta-analyses. *BMJ* 346:f1326.
2. Alves LAAS, Lorenzo JM, Gonçalves CAA, Dos Santos BA, Heck RT, Cichoski AJ, Campagnol PCB. 2017. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. *Meat Sci* 123:50-56.
3. Canto ACVCS, Lima BRCC, Suman SP, Lazaro CA, Monteiro MLG, Conte-Junior CA, Freitas MQ, Cruz AG, Santos EB, Silva TJP. 2014. Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. *Meat Sci* 96:623-632.
4. Choi JH, Kim I, Jeong JY, Lee ES, Choi YS, Kim CJ. 2009. Effects of carcass processing method and curing condition on quality characteristics of ground chicken breasts. *Korean J Food Sci An* 29:356-363.
5. Choi YM, Jung KC, Jo HM, Nam KW, Choe JH, Rhee MS, Kim BC. 2014. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. *Meat Sci* 96:21-25.
6. Dahl LK. 1972. Salt and -hypertension. *American Journal of Clinical Nutrition* 25:231-244.
7. Desmond E. 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Sci* 74:188-196.
8. Dos Santos BA, Campagnol PCB, Morgano MA, Pollonio MAR. 2014. Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. *Meat Sci* 96:509-513.
9. Fellendorf S, Kerry JP, Hamill RM, O'Sullivan MG. 2018. Impact on the physicochemical and sensory properties of salt reduced corned beef formulated with and without the use of salt replacers. *LWT – Food Sci Technol* 92:584-592.

10. Fries HA. 1976. Salt volume and prevention of hypertension. *Circulation: J American Heart Association* 4:589-595.
11. Gillette M. 1985. Flavor effects of sodium chloride. *Food Technol* 39:47-52.
12. Hamm R. 1977. Postmortem breakdown of ATP and glycogen in ground muscle: A review. *Meat Sci* 1:15-39.
13. Hamm R. 1981. Post-mortem changes in muscle affecting the quality of comminuted meat products. In: *Development in meat science-2*. Lawrie, R. A. (ed), Applied Science Publishers, London, pp. 93-124.
14. Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135-200). New York: Academic Press.
15. Horita CN, Morgano MA, Celeghini RMS, Pollonio MAR. 2011. Physicochemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. *Meat Sci* 89:426-433.
16. Inguglia ES, Zhang Z, Tiwari BK, Kerry JP, Burgess CM. 2017. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends Food Sci Technol* 59:70-78.
17. Jo YJ, Jeong YJ. 2015. Development trend of sodium reduction material. *Food Industry and Nutrition* 20:8-12.
18. Johnson RG, Henrickson RL. 1970. Effect of treatment of pre- and post-rigor porcine muscles with low sodium chloride concentrations on the subsequent extract ability of proteins. *J Food Sci* 35, 268-270.
19. Kim CJ, Hwang KE, Song DH, Jeong TJ, Kim HW, Kim YB, Jeon KH, Choi YS. 2015. Optimization for reduced-fat/low-NaCl meat emulsion systems with sea mustard (*Undaria pinnatifida*) and phosphate. *Korean J Food Sci An* 35:515-523.
20. Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Ham YK, Yeo EJ, Jeong TH, Kim CJ. 2015. Effect of pre-rigor salting levels on physicochemical and textural properties of chicken breast muscles. *Korean J Food Sci An* 35:577-584.
21. Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Lim YB, Ham YK, Yeo EJ, Chang SJ, Choi YS, Kim CJ. 2014. Effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the texture of frankfurters. *Meat Sci* 97:513-517.
22. Lim HJ, Yang HS. 2013. Sodium reduction in meat products.
23. Marchetti L, Argel N, Andrés SC, Califano AN. 2015. Sodium-reduced lean sausages with fish oil optimized by a mixture design approach. *Meat Sci* 104:67-77.
24. Morgan T, Aubert JF, Brunner H. 2001. Interaction between sodium intake, angiotensin II, and blood pressure as a cause of cardiac hypertrophy. *American J Hypertension* 14:914-920.
25. O'Flynn CC, Cruz-Romero MC, Troy D, Mullen AM, Kerry JP. 2014. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. *Meat Sci* 96:1266-1274.
26. Ojha KS, Keenan DF, Bright A, Kerry JP, Tiwari BK. 2016. Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat. *Int J Food Sci Technol* 51:37-45.
27. O'Neill CM, Cruz-Romero MC, Duffy G, Kerry JP. 2018. The application of response surface methodology for the development of sensory accepted low-salt cooked ham using high pressure processing and a mix of organic acids. *Innov Food Sci Emerg Technol* 45:401-411.
28. Pietrasik Z, Gaudette NJ. 2014. The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams. *Meat Sci* 96:1165-1170.

29. Pietrasik Z, Gaudette NJ, Johnston SP. 2016. The use of high pressure processing to enhance the quality and shelf life of reduced sodium naturally cured restructured cooked hams. *Meat Sci* 116:102-109.
30. Pisula A, Tyburcy A. 1996. Hot processing of meat. *Meat Sci* 43:S125-S134.
31. Rodrigues I, Trindade MA, Caramit FR, Candoğan K, Rokhrel PR, Barbosa-Cánovas GV. 2016. Effect of high pressure processing on physicochemical and microbiological properties of marinated beef with reduced sodium content. *Innov Food Sci Emerg Technol* 38:328-333.
32. Ruusunen M, Simolin M, Puolanne E. 2001. The effect of fat content and flavor enhancers on the perceived saltiness of cooked 'bologna-type' sausages. *J Muscle Food* 12:107-120.
33. Ruusunen M, Vainionpää J, Lyly M, Lähteenmäki L, Niemistö M, Ahvenainen R, 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.
34. Tamm A, Bolumar T, Bajovic B, Toepfl S. 2016. Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innov Food Sci Emerg Technol* 36:294-302.
35. Terrell RN. 1983. Reducing the sodium content of processed meats. *Food Technol* 37:66-71.
36. Triki M, Khemakhem I, Trigui I, Salah RB, Jaballi S, Ruiz-Capillas C, Ayadi MA, Attia H, Besbes S. 2017. Free-sodium salts mixture and AlgySalt<sup>®</sup> use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population. *Meat Sci* 133:194-203.
37. WHO. 2012. Guideline: Sodium intake for adults and children.
38. Xue S, Zou Y, Chen X, Yang H, Xing T, Xu X, Zhou G. 2016. Effects of sodium tripolyphosphate on functional properties of low-salt single-step high-pressure processed chicken breast sausage. *Int J Food Sci Technol* 51:2106-2113.
39. Yang H, Han M, Bai Y, Han Y, Xu X, Zhou G. 2015a. High pressure processing alters water distribution enabling the production of reduced-fat and reduced-salt pork sausages. *Meat Sci* 102:69-78.
40. Yang H, Han M, Wang X, Han Y, Wu J, Xu X, Zhou G. 2015b. Effect of high pressure on cooking losses and functional properties of reduced-fat and reduced-salt pork sausage emulsions. *Innov Food Sci Emerg Technol* 29:125-133.
41. Yang H, Khan MA, Han M, Yu X, Bai X, Xu X, Zhou G. 2016. Optimization of textural properties of reduced-fat and reduced-salt emulsion-type sausages treated with high pressure using a response surface methodology. *Innov Food Sci Emerg Technol* 33:162-169.
42. Zheng H, Han M, Yang H, Tang C, Xu X, Zhou G. 2017. Application of high pressure to chicken meat batters during heating modifies physicochemical properties, enabling salt reduction for high-quality products. *LWT-Food Sci Technol* 84:693-700.
43. 국민건강통계. 2016. 2016국민건강통계. 보건복지부 질병관리본부.
44. 김천제, 김현욱, 김학연, 최윤상, 황고은, 한두정, 이수연, 최민성, 박재현, 송동헌. 2013. 온도체 가공을 활용한 계육 가공식품 및 그 제조방법. 대한민국 등록특허 10-1250515.
45. 이흥철. 2016. 나트륨 저감화 식육가공기술로써 단백질 변성 제어를 위한 hot-boning과 cold-batter mixing 기술의 유효성 고찰. *축산식품과학과 산업* 5:58-69.