

육제품에서의 합성 아질산염 대체기술

Alternative Curing Technology in Meat Products

정 종 연(Jong Youn Jeong)

경성대학교 식품응용공학부

School of Food Biotechnology & Nutrition, Kyungsoong University

I. 서론

국내 육가공 산업은 수십 년 동안 비약적인 발전을 하여왔고 이제는 건강에 관심을 갖는 소비자들의 요구에 직면하는 상황이 되었다. 1980년부터 1990년대까지 육가공품은 단백질 공급원으로서 밥 반찬용으로 취식한 시기였고, 2000년부터 2013년은 안심 트렌드에 맞춰 프리미엄 제품이 출현한 시기로 육제품의 필수 재료인 '합성 아질산나트륨'의 위해성 논란이 극대화된 시기였다. 최근 2014년 이후부터는 합성 아질산나트륨에 대한 소비자들의 불신감 가중으로 이를 대체한 제품에 대한 수요와 인기 상승과 더불어 시장에 정착되었다(한국농수산식품유통공사, 2015). '자연주의', '친환경', '유기농', '무방부제'와 같은 키워드는 이제 식품산업에서 보편적으로 사용하는 용어가 되었고, 신선육 및 육가공 제품에서도 흔히 볼 수 있는 대명사가 되었다. 때문에 육가공 업체에서는 합성 식품첨가물을 천연소재로 대체하거나 아예 배제시킴으로써 건강하고 유익한 식품을 선호하는 소비자들의 요

구에 부응하는 육제품을 개발, 생산하고자 노력하고 있다. 2010년 CJ 제일제당이 'The(더) 건강한 햄'을 출시하면서 시작된 합성아질산염 무첨가 육제품 시장은 대상 청정원의 '건강생각', 농협목우촌의 '순진무가', 롯데푸드 '엔네이처', 동원 F&B '자연레시피' 등으로 합성아질산염 무첨가 카테고리를 넘어 본격적으로 시장이 확대되고 있다. 따라서 본보에서는 전통적으로 염지 육가공품에 사용하고 있는 합성 아질산나트륨의 대체기술에 대하여 소개하고자 한다.

II. 육제품에서 질산염 및 아질산염의 이용

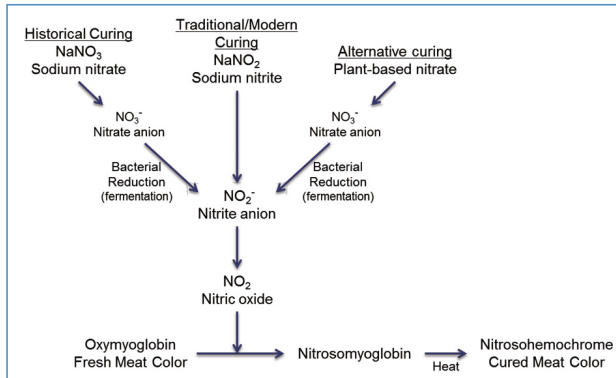
1. 염지

염지, 즉 'Curing'은 불고기나 양념갈비를 제조할 때 '양념'하는 것과는 다소 다른 개념이다. 염지는 소금과 함께 질산염(nitrate) 또는 아질산염(nitrite)을 육제품 제조시 첨

*Corresponding author: Jong Youn Jeong
School of Food Biotechnology & Nutrition, Kyungsoong University

Tel: +82-51-663-4711
E-mail: jeongjy@ks.ac.kr

그림 1. 전통적 염지방법 및 식물소재 이용 합성아질산염 대체방법을 이용한 염지육색 발현기작(Quickert, 2012)



가하는 것을 뜻하는 것으로, ‘Cure’의 의미는 화학적 물질로서의 질산염/아질산염을 말하거나 질산염/아질산염을 식육에 첨가한다는 뜻이다(Sebranek and Bacus, 2007). 육제품에서 합성 아질산나트륨(sodium nitrite) 만큼 각종 언론매체와 소비자들에게 우려의 대상이었던 식품첨가물은 없을 듯하다. 이러한 우려에도 불구하고 육가공 산업에서 아질산나트륨 사용하고 있는 이유는 육제품의 육색고정, 독특한 풍미부여, 미생물학적 안전성, 항산화작용처럼 분명한 목적이 있기 때문이다. 게다가 무엇보다도 중요한 사용상의 이점은 *Clostridium botulinum*을 억제하는 항미생물제로서 작용인 것이다.

아질산염(nitrite)은 육내에서 산화제, 환원제, 또는 니트로조화제로서 역할을 할 수 있는 매우 반응성이 높은 화합물이기 때문에 질산염(nitrate), 질산(nitric acid) 및 일산화질소(nitric oxide)와 같은 관련 화합물들로 전환될 수 있다. 특히 육제품의 염지과정 중 아질산염으로부터 일산화질소의 형성은 염지반응을 위해 필수적인 전제조건인 것이다(Møller and Skibsted, 2002). 즉, 염지시 마이오글로빈(myoglobin)과 같은 육색소와 반응하는 기질은 일산화질소이기 때문에 합성아질산염의 직접적인 첨가 또는 다른 방식(채소분말 중 아질산염/질산염 이용)으로 일산화질소로 환원시켜 육색소와의 복합체를 형성하는 것이 중요하다(그림 1).

2. 질산염 및 아질산염의 이용

식육에 대한 염지가 언제부터 시작되었는지는 정확히 알려지고 있지 않지만, 기원전 3000년 전쯤 소금을 사용하여 식품을 저장하였다는 것이 역사적 기록을 통해 받아들여지고 있다(Sindelar and Milkowski, 2011). 염지육에서 아질산염(nitrite)의 주요한 기능은 ‘pink’색 형성, 염지풍미생성, 효과적인 항산화제 및 향미생물제로서 작용 등이다(Pegg, 2004; Sindelar and Milkowski, 2011). 질산염(nitrate)은 환원되어 아질산염으로 전환되기 때문에 아질산염과 동일한 기능을 갖고 있다. 그러므로 자연상태로 존재하든가 합성첨가물로서 첨가되는 질산염 및 아질산염이든가에 관계없이 식육내 존재하는 미생물 또는 질산염/아질산염 환원활성을 갖는 미생물의 첨가를 통해 동일한 염지효과를 갖도록 하는 것이 육제품에서 합성아질산염 대체기술의 주요한 개념이라고 할 수 있다.

■ 염지육색 발현

분명 아질산염은 기본적인 염지제로 다양한 기능을 갖는 식품첨가물이다. 아질산염 첨가의 효과 중 가장 첫 번째 기능은 염지육색의 발현 및 고정이다. 또한 육색 고정에 일산화질소(nitric oxide)가 직접적으로 관여하기 때문에, 아질산염을 이용하여 일산화질소로의 환원을 촉진시키기 위해 보통 아스코르빈산(ascorbate)과 같은 환원제를 사용하기도 한다. 환원된 일산화 질소는 마이오글로빈(myoglobin) 또는 메트마이오글로빈(metmyoglobin)의 헴철(heme-iron) 원자의 6번째 위치에 결합되고, 가열처리 후 니트로조헤모크롬(nitrosohemochrome)을 형성함으로써 전형적인 염지육색인 ‘reddish-pink’를 나타내며 보다 안정적인 색상을 갖는다(Pegg and Shahidi, 2000; Parthasarathy and Bryan, 2012). 염지육색을 나타내는 육색소의 형태인 니트로조헤모크롬은 매우 낮은 아질산염 농도(1 ppm)로도 형성되지만(Ahn and Maurer, 1987), 불균일한 염지육색 발현을 방지하고 유통기한 동안 안정적인 육색을 유지하기 위하여 더 높은 농도의 아질산염 첨가가

필요하다(Sebranek and Bacus, 2007; Sindelar and Milkowski, 2011). 또한 염지 육제품 중의 잔류 아질산염 수준은 가공과정 및 저장기간 동안 산화와 빛에 의해 점차 감소되기도 하므로, 냉장 저장시 염지육색 유지의 목적을 위해 대략 10~15 ppm 수준의 잔류 아질산염이 권장된다(Sindelar and Milkowski, 2011).

■ 염지풍미 부여

염지 풍미는 염지 육제품에서 중요한 품질요소이며 아질산염 첨가에 의해 유도된다. 이 풍미에 대한 화학적 성질, 기본적인 발생 메커니즘에 대해서는 아직까지 정확히 알려지지 않았지만(Sebranek and Bacus, 2007; Sindelar and Milkowski, 2011), 낮은 농도의 아질산염으로도 유의적인 염지풍미를 가져오는 것으로 보고되고 있다. Pegg와 Shahidi(2000)는 40 ppm의 아질산염의 첨가로 적당한 염지 풍미를 발생시켰다고 하였고, Sebranek과 Bacus(2007)는 40~50 ppm 이상의 아질산염 첨가가 염지육 풍미 부여에 적당한 수준이라고 제시하였다.

■ 항미생물 작용

아질산염은 단독사용 또는 기타 염류와 복합적으로 사용함으로써 많은 호기성 및 혐기성 미생물의 성장을 억제한다(Alahakoon *et al.*, 2015). 특히 아질산염의 항미생물 작용에서 가장 중요한 것은 혐기성 세균인 *Clostridium botulinum*의 억제와 *Listeria monocytogenes*와 같은 미생물을 제어하는 기능이다(Sebranek and Bacus, 2007; Tompkin, 2005). 많은 연구자들은 아질산염이 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 및 *Clostridium perfringens*의 성장을 억제할 수 있다고 보고하였다(Parthasarathy and Bryan, 2012; Pradhan *et al.*, 2009). 그러나 아질산염은 *Salmonella*와 *Escherichia coli*와 같은 그람 음성 병원균을 효과적으로 제어하지 못한다고 알려져 있다(Tompkin, 2005). 아질산염이 갖는 미생물억제 수단은 분명하지는 않지만, 염지시육색 발현을 위해 생성되는 일산화 질소(nitric oxide)와

관련이 있는 것으로 알려져 있다. 혐기성 세균의 황화철(iron-sulfur) 효소와 일산화질소(nitric oxide)와의 반응은 이러한 세균의 발아를 감소시키기 때문이다(Payne *et al.*, 1990).

■ 항산화 효과

아질산염의 또 다른 주목할 만한 특성은 항산화 효과이다. 아질산염은 매우 적은 양으로도 항산화제로서 효과적으로 작용한다. 이러한 항산화 작용은 염지시 아질산염으로부터 생성된 일산화질소(nitric oxide)가 식육 색소 중의 헴철(heme-iron)과 결합하여 육색소를 안정화시키기 때문인 것으로(Alahakoon *et al.*, 2015), 일산화 질소는 지질의 자동산화를 막는 역할도 한다(Pegg and Shahidi, 2000). Morrissey와 Techivangana(1985)에 따르면, 50 ppm 아질산염의 첨가는 우육, 돈육 및 계육의 TBA 값을 50~64%까지 감소시켰고, 생선은 약 35%까지 TBA 수준을 감소시켰다고 하였다. 100 ppm의 아질산염 첨가시에는 57~72%의 TBA 값이 감소되었다고 하였다. 염지 가공공정에서 아질산염의 항산화 효과는 매우 효과적임에도 염지육색 및 풍미를 부여하는 것만큼 독특한 특성은 아니다. 왜냐하면, 아질산염 외에도 천연 화합물을 사용하여 육제품에서 지질의 산화를 방지할 수 있는 많은 항산화제가 사용될 수 있기 때문이다.

III. 합성아질산염의 대체

아질산염의 사용이 법적으로 규제되기 시작한 것은 1925년부터이다(Shahidi and Pegg, 1992). 하지만, 오늘날까지 염지육 풍미 등과 같이 아질산염의 독특한 특성을 갖도록 하는 대체제는 발견되지 못했다. 아질산염은 상기에서 살펴본 바와 같이 다양한 효과를 복합적으로 갖고 있기 때문에 Shahidi와 Pegg(1992)은 “아질산염의 모든 기능들을 갖는 단독 화합물을 찾기란 결코 쉬운 일이 아니다”라고 언급했을 정도다.

육가공 제품에서 아질산염의 사용을 배제하거나 대체

하기 위한 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 직접적인 대체방법이다. 즉, 염지 시스템에서 질산염과 아질산염을 완전히 제거하는 대신에 유기산 등의 다른 대체소재를 첨가하는 개념이다. 두 번째는 간접적인 대체방법이다. 이 방법은 염지 가공공정에서 질산염 및 아질산염의 일부 또는 전부를 제거하는 대신 다른 공급원으로부터 질산염 및 아질산염을 대체하는 간접적인 방식인 것이다.

1. 직접적인 아질산염 대체기술

아질산염의 *C. botulinum* 억제 및 향미생물 효과를 직접적으로 대체하기 위해 Sofos 등(1979)은 소르빈산 및 소르빈산염을 사용하여 식품 효모 및 곰팡이를 억제하고 부패를 억제하고자 하였고, Huhtanen과 Feinberg(1980)는 이 소르빈산이 *C. botulinum* 포자 발아를 억제시킬 수 있다고 하였다. 한편, 프로피온산, 구연산, 아세트산, 피루브산 등 유기산들이 비염지 칠면조 제품 중의 *C. botulinum* 균의 성장억제에 효과가 있는지 조사되었다(Miller et al., 1993). 그 결과 이러한 화합물들은 *C. botulinum* 성장의 2차적 장벽으로써 작용하여 식품 안전성을 개선할 수 있을 것으로 확인하였지만, 다양한 pH 조건하에서 칠면조 제품의 *C. botulinum* 독소 생성을 감소시키지는 못하였다. Nelson 등(1983)은 산성피로인산나트륨(sodium acid pyrophosphate), 헥사메타인산나트륨(sodium hexameta phosphate), 삼인산나트륨(sodium tripolyphosphate)을 비염지, 아질산염 무첨가 계육 유회물에 첨가하였지만 *C. botulinum* 독소 생산 억제에 영향이 없었다.

과거 아질산염의 직접적인 대체기술의 또 다른 시도로서 아질산염의 발색에 관련하여 나이트로실화 헴 색소(nitrosylated heme pigment)의 이용성에 대해서도 조사되었다. 그 중 하나가 소위 가열 염지 육색소(cooked cured-meat pigment, CCMP)이다. 이 염지 색소(CCMP)는 화학적으로 합성된 형태로 아질산염을 대체하더라도 아질산염이 첨가된 제품과 유사한 색도와 외관을 갖도록 한 것이다. Shahidi와 Pegg(1990, 1991)는 헤민(hemin)과 일산

표 1. 합성아질산나트륨 무첨가 식육가공품 제조사 및 브랜드

제조사	브랜드	제품출시
CJ 제일제당	The(더) 건강한	2010년 5월
농협 목우촌	순진무가	2010년 12월
사조대림	사조 로하이	2011년 7월
대상 청정원	건강생각	2013년 3월
롯데푸드	엔네이처	2013년 4월
하림	3% 날씬한	2013년 6월
동원F&B	자연레시피	2014년 5월

화 질소(nitric oxide)로 CCMP를 만들어 아질산나트륨을 대체하여 염지육색을 발현시키고자 분쇄 돈육에 첨가하였는데, Hunter L, a, b 값이 아질산나트륨을 첨가한 대조구와 차이가 없었다고 하였다. 추가로 Shahidi와 Pegg(1994)는 CCMP를 첨가한 아질산염 무첨가 돈육 시스템에서 니트로사민(nitrosamine)이 형성되는 지를 조사하였는데, 이 CCMP 존재하에서 돈육제품 중 니트로사민이 형성되지 않는다는 것을 확인하였다. O'Boyle 등(1990)도 CCMP가 아질산염을 첨가하지 않는 햄류에 성공적으로 첨가될 수 있는 색소라고 평가하였고, 아질산염을 첨가한 제품과 유사한 제품을 제조할 수 있을 것이라고 결론 내렸다. 그러나 이 가열 염지 육색소(cooked cured-meat pigment, CCMP)은 많은 이점에도 불구하고 화학적 합성품이란 점이 극복해야 할 부분이었다.

2. 간접적인 아질산염 대체기술

간접적인 아질산염 대체기술은 국내외적으로 실제 상업화된 육제품 생산에 적용되어 대중화된 방식이다(표 1). 최근 많은 육가공업체에서 합성아질산염 무첨가 육제품 제조시 이용하고 있는, 소위 ‘채소분말’ 또는 ‘채소즙’을 이용함으로써 천연성분으로 합성 아질산염을 배제시킨 방법으로 우리나라뿐만 아니라 유럽과 미국에서도 상업적으로 채택하여 적용되고 있는 방법이다.

이 대체기술과 관련하여 진행된 연구를 살펴보면, 1998년 Morita 등이 질산염 및 아질산염이 첨가되지 않은 살라미 제품에 starter culture(*Staphylococcus xylosum*)를 첨가하

표 2. 한국 및 기타 국가들에서의 채소류 중 질산염 함량(mg/kg)

채소류	한국 평균 ¹⁾	미국 평균 ²⁾	독일 평균 ³⁾	덴마크 평균 ⁴⁾
배추	1,740	-	-	993
무	1,878	-	2,030	-
상추	2,430	850	1,489	2,603
시금치	4,259	2,797	965	1,783
샐러리	-	1,495	-	-
양파	23	-	-	-
호박	639	-	-	-
파	436	-	-	-
오이	212	-	-	-
감자	452	-	93	144
당근	316	-	232	-
마늘	124	-	-	-
양배추	725	418	451	342
브로콜리	-	394	-	-

출처: ¹⁾ Chung 등(2003), ²⁾ Keeton 등(2009), ³⁾ Belitz와 Grosch(1999),
⁴⁾ Petersen과 Stoltzel(1999)

였는데, 아질산염을 첨가한 제품과 같은 색상이 발현되는 것을 확인하였다. Tanaka 등(1985a)과 Tanaka 등(1985b)은 유산균 starter culture가 베이컨 제품의 첨가되는 아질산염을 대체할 수 있다고 보고하였다. 사실상 그 당시에는 유산균 starter culture를 아질산염 무첨가 제품을 제조할 때 완전히 대체할 수 있을 지, 또는 아질산염의 간접적인 공급원으로서 유산균의 특정 strain을 이용하여 질산염을 이용하여 아질산나트륨을 완전히 대체할 수 있을 지에 대한 것이 관심사였다. 그 중 후자의 것이 가능성 있는 방법으로 주로 논의되었다(Sindelar and Houser, 2009). 채소류는 상당량의 질산염이 함유되어 있다고 알려져 있으며, 그 중 시금치, 배추, 샐러리, 무가 질산염이 많은 대표적인 채소들이다(표 2). 따라서 채소즙과 채소분말이 자연적으로 존재하는 질산염의 공급원으로서 간접적인 방법에 의해 아질산염으로 대체할 수 있는 기술이 개발되기 시작하였다. Sindelar 등(2007)은 상업적으로 판매되는 샐러리즙 분말의 질산염 함량을 분석하였는데 27,462 ppm(약 2.75%)이상이 검출되었다. 현재 합성 아질산염 무첨가 육제품에 적용되고 있는 표준화된 채소즙 분말 제품의 질산염은 대략 30,000 ppm 이상이다.

간접적인 아질산염 대체기술에서 한가지 더 중요한 요소는 질산 환원균이다. 질산염은 반응성이 없는 화합물이기 때문에, 질산염 환원균을 이용하여 반응성있는 질산염으로 전환되도록 하여야 한다. 이러한 전환(환원)이 일어났을 때부터 일반적인 아질산관련 염지반응이 일어날 수 있기 때문이다(그림 1). 발효소시지에 사용하는 전형적인 유산균 starter culture(예, *Lacticobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*)는 질산염을 아질산염으로 환원할 수 없다. 그러나, *Kocuria varians*, *Staphylococcus xylosus*, *staphylococcus carnosus* 등과 같은 질산환원효소를 갖고 있는 배양균들이 질산염을 아질산 상태로 환원하도록 돕는다(Sindelar and Houser, 2009).

채소 중 질산염을 이용한 간접적인 아질산염 대체방법이 과연 전통적으로 사용해오던 합성 아질산염 첨가제품과 동등한 효과를 갖는지가 또 다른 관심사항이다. 미생물학적 안전성 측면에서는 기존의 합성 아질산염을 사용한 제품과 큰 차이는 없는 것으로 보고되고 있다(Glass and Sindelar, 2010; Jackson *et al.*, 2011a,b). Xi 등(2012)은 채소로부터 유래된 질산염으로 염지한 프랑크푸르트 소시지의 효과를 평가하였는데, 초기에 3 log CFU/g로 접종한 소시지에서 *Listeria monocytogenes*의 성장이 28일 동안 차이가 없었다고 보고하였다.

또한 이러한 대체기술을 신규 육제품에 적용하기에 앞서 검토해야 할 중요한 사항이 있다. 첫째, 채소분말의 사용량에 따른 소비자 기호성 검토이다. 상업적으로 판매중인 채소분말은 대부분 표준화된 질산함량(약 30,000 ppm)을 갖고 있기 때문에 소량을 사용하게 된다. 그럼에도 불구하고 본래의 식물원료에서 기인된 냄새가 육제품에서는 이취로 받아들여질 수도 있기 때문에 과도하게 첨가하게 되면 관능적 품질 저하를 초래하게 되므로 적절한 첨가량과 함께 잔류 아질산이온 농도를 병행하여 고려해야 한다. 두 번째, 채소분말 사용에 따른 아질산염의 투입량 및 잔류량을 검토해야 한다. 육가공 제품은 유형에 따라 분쇄형 및 유향형 소시지, 햄류, 캔햄류 등 가공방법이 다양하고, 제품의 크기와 모양 또한 다양하기 때문에 동일한 양의 채소분말을 사용하더라도 가공 및 생산직후와 유통

중의 아질산함량의 차이를 보일 수 있다. 더구나 각 제조업체에 따라 가공과정, 가공시간, 사용방식 등이 다를 수 있다. 따라서 상기에 열거한 합성 아질산염이 갖고 있는 다양한 기능적 효과를 채소분말 대체 소재로 동등의 효과를 기대하기 위해서는 최종 생산제품 및 유통제품에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

IV. 결론

최근 건강에 대한 관심과 친자연주의 열풍과 더불어 가격은 비싸도 안심하고 먹을 수 있는 소비자들의 요구와 이를 반영하여 ‘합성 아질산염 대체기술’을 적용한 육제품의 보급은 육가공 산업에 새로운 성장동력을 제공하였다. 사실상 일반 육제품에 사용하는 수준에서 합성 아질산염은 인체에 무해하나 그 동안 많은 도전을 받아왔다.

분명히 아질산염은 염지 육제품의 품질 및 안전성을 위해서 필수적 것임에는 틀림없다. 기존의 방식처럼 합성 아질산염을 사용하거나 직접 또는 간접적인 대체기술로 아질산염을 대체하여 생산 및 제조되는 육제품들은 각각 특장점이 있을 것이다. 끝으로 합성 아질산염을 대체하기 위해 사용되는 채소 농축분말 및 배양 미생물들은 대부분 값비싼 수입산에 의존하고 있으므로 국내 현실에 맞는 ‘한국형’으로의 개발 및 관련 연구가 지속적으로 필요하다.

감사의 글

이 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2015RID1A1A01059805)이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ahn, D. U. and A. J. Maurer. (1987) Concentration of nitrate and nitrite in raw turkey breast meat and the microbial conversion of added nitrate to nitrite in tumbled turkey breast meat, *Poult. Sci.* **66**: 1957–1960
2. Alahakoon, A. U., Jayasena, D. D., Ramachandra, S., and Jo, C. (2015) Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date, *Trends Food Sci. Tech.* **45**: 37–49
3. Belitz, H.-D. and Grosch, W. (1999). *Food Chemistry*. 2nd ed. Springer-Verlag, Berlin
4. Chung, S. Y., Kim, J. S., Kim, M., Hong, M. K., Lee, J. O., Kim, C. M., and Song, I. S. (2003) Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea, *Food Addit. Contam.* **20**: 621–628
5. Glass, K. and Sindelar, J. (2010) Controlling *Listeria monocytogenes* in Natural, Ready-to-Eat Meat and Poultry Products AMI Foundation funded Final Report, Available from: <http://www.meatpoultryfoundation.org/namif/wp-content/uploads/07-205.pdf>, Accessed Oct., 11, 2016
6. Huhtanen, C. N. and Feinberg, J. (1980) Sorbic acid inhibition of *Clostridium botulinum* in nitrite free poultry frankfurters, *J. Food Sci.* **45**: 453–457
7. Jackson, A. L., Sullivan, G. A., Kulchaiyawat, C., Sebranek, J. G., and Dickson, J. S. (2011a) Survival and growth of *Clostridium perfringens* in commercial no-nitrate-or-nitrite-added (natural and organic) frankfurters, hams, and bacon, *J. Food Prot.* **74**: 410–416
8. Jackson, A. L., Kulchaiyawat, C., Sullivan, G. A., Sebranek, J. G., and Dickson, J. S. (2011b). Use of natural ingredients to control growth of *Clostridium perfringens* in naturally cured frankfurters and hams, *J. Food Prot.* **74**: 417–424
9. Keeton, J. T., Osburn, W. N., Hardin, M. D., and Bryan, N.S. (2009) A national survey of the nitrite/nitrate concentrations in cured meat products and nonmeat foods available at retail, American Meat Institute Foundation Report, Available at: <http://research.pork.org/FileLibrary/ResearchDocuments/08-124-KEETON-TxA-M.pdf>, accessed Oct., 11, 2016
10. Miller, A. J., Call, J. E., and Whiting, R. C. (1993) Comparison of organic salts for *Clostridium botulinum* control in uncured turkey

- product, *J. Food Prot.* **56**: 958–962
11. Møller, J. K. S. and Skibsted, L.H. (2002) Nitric oxide and myoglobins, *Chem. Rev.* **102**: 1167–1178
 12. Morita, H., Sakata, R., and Nagata, Y. (1998) Nitric oxide complex of iron (III) myoglobin converted from metmyoglobin by *Staphylococcus xylosum*, *J. Food Sci.* **63**: 352–355
 13. Morrissey, P. A. and Techivangana, J. Z. (1985) The antioxidant activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats, *Meat Sci.* **14**: 175–190
 14. Nelson, K. A., Busta, F. F., Sofos, J. N., and Wagner, M. K. (1983) Effect of polyphosphates in combination with nitrite–sorbate or sorbate on *Clostridium botulinum* growth and toxin production in chicken frankfurter emulsions, *J. Food Prot.* **46**: 846–850
 15. O’Boyle, A. R., Rubin, L. J., Diosady, L. L., Aladin–Kassam, N., Comer, F., and Brightwell, W. (1990) A nitrite–free curing system and its application to the production of wieners, *Food Technol.* **44(5)**: 88, 90–91, 93, 95–96, 98, 100–10
 16. Parthasarathy, D. K. and Bryan, N. S. (2012) Sodium nitrite: the “cure” for nitric oxide insufficiency, *Meat Sci.* **92**: 274–279
 17. Payne, M. J., Glidwell, C., and Cammack, R. (1990) Interaction of iron–thiol–nitrosyl compounds with the phosphoroclastic system of *Clostridium sporogenes*, *J. Gen. Microbiol.* **136**: 2077–2087
 18. Pegg, R. B. (2004) Curing, In: Encyclopedia of meat sciences, Jensen, W. K., Devine, C., and Dikeman, M. (eds.) Elsevier Ltd., Oxford, UK, pp. 349–360
 19. Pegg, R. B. and Shahidi, F. (2000) Nitrite curing of meat: The N–nitrosamine problem and nitrite alternatives, Food and Nutrition Press, Inc., Trumbull, CT
 20. Petersen, A. and Stoltze, S. (1999) Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake, *Food Addit. Contam.* **16**: 291–299
 21. Pradhan, A. K., Ivanek, R., Grohn, Y. T., Geornaras, I., Sofos, J. N., and Wiedmann, M. (2009) Quantitative risk assessment for *Listeria monocytogenes* in selected categories of deli meats: impact of lactate and diacetate on listeriosis cases and deaths, *J. Food Prot.* **72(12)**: 978–989
 22. Quickert, S. (2012) Safety of Alternatively Cured Meats, Proceed. 65th Recip. Meat Conf., Fargo, ND, pp. 1–3
 23. Sebranek, J. G. and Bacus, J. N. (2007) Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Sci.* **77**: 136–147
 24. Shahidi, F. and Pegg, R. B. (1990) Colour characteristics of cooked cured–meat pigment and its application to meat, *Food Chem.* **38**: 61–68
 25. Shahidi, F. and Pegg, R. B. (1991) Novel synthesis of cooked cured–meat pigment, *J. Food Sci.* **56**: 1205–1208
 26. Shahidi, F. and Pegg, R. B. (1992) Nitrite–free meat curing systems: Update and review, *Food Chem.* **43**: 185–191
 27. Shahidi, F. and Pegg, R. B. (1994) Absence of volatile N –nitrosamines in cooked nitrite–free cured muscle foods, *Meat Sci.* **37**: 327–336
 28. Sindelar, J. J. and Houser, T. A. (2009) Alternative curing systems, In: Ingredients in meat products– properties, functionality and applications, Tarté, R. (ed), Springer Science+Business Media, LLC, New York, NY, pp. 379–405
 29. Sindelar, J. J. and Milkowski, A. L. (2011) Sodium nitrite in processed meat and poultry meat: A review of curing and examining the risk/benefit of its use, AMSA White Paper Series, No. 3, American Meat Science Association, Available at: <http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/white-papers/2011-11-amsa-nitrite-white-paper.pdf?sfvrsn=8>, accessed Oct., 11, 2016
 30. Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., and Ahn, D. U. (2007) Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages, *J. Food Sci.* **72**: S324–S332
 31. Sofos, J. N., Busta, F. F., Bhothipaksa, K., and Allen, C. E. (1979) Sodium nitrite and sorbic acid effects on *Clostridium botulinum* toxin formation in chicken frankfurter–type emulsions, *J. Food Sci.* **44**: 668–672, 675
 32. Tanaka, N., Gordon, N. M., Lindsay, R. C., Meske, L. M., Doyle, M. P., and Traisman, E. (1985a) Sensory characteristics of reduced

- nitrite bacon manufactured by the Wisconsin process. *J. Food Prot.* **48**: 687–692
33. Tanaka, N., Meske, L., Doyle, M. P., Traisman, E., Thayer, D. W., and Johnston, R. W. (1985b) Plant trials of bacon made with lactic acid bacteria, sucrose and lowered sodium nitrite. *J. Food Prot.* **48**: 679–686
34. Tompkin, R. B. (2005). Nitrite. In: Antimicrobials in food, 3rd ed., Davidson, P.M, Sofos, J.N, and Branan A.L. (Eds.) CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
35. Xi, Y., Sullivan, G. A., Jackson, A. L., Zhou, G. H., and Sebranek, J. G. (2012) Effects of natural antimicrobials on inhibition of *Listeria monocytogenes* and on chemical, physical and sensory attributes of naturally-cured frankfurters. *Meat Sci.* **90(1)**: 130–138
36. 한국농수산물유통공사. 2015. 2015 가공식품 세분시장 현황 - 식육/어육/알가공품 시장. aT한국농수산물유통공사.



정 종 연

2014. 09.~현재 재. 경성대학교 식품응용공학부
식품생명공학전공 교수

2011. 06.~2014. 08. CJ 제일제당 식품연구소, 수석연구원

2009. 10.~2011. 05. Michigan State University, 연구원

2007. 09.~2009. 09. University of Wisconsin-Madison,
연구원

2006. 06.~2007. 08. 건국대학교 BK21 축산식품연구팀, 연구원

2001. 03.~2005. 08. 건국대학교 축산가공학과 박사(육가공학)