

생리활성 물질을 이용한 식육제품의 생산

Manufacturing of meat products by using bioactive materials

김형상, 이승연, 허선진(Hyeong Sang Kim, Seung Yuan Lee, Sun Jin Hur)

중앙대학교 동물생명공학과

Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University

I. 서론

식육은 영양소 공급, 풍미증진 및 건강 증진과 같은 생물학적인 역할뿐만 아니라 식도락으로 대표되는 사회학적인 중요한 역할을 담당한다(Zhang *et al.*, 2010). 식육은 고급 식문화를 대표하는 소재로써 널리 이용되고 있음에도 불구하고, 성인병과 소화기 암 등과 관련하여 건강을 해치는 주범으로 오해하고 있는 경우가 많다. 그렇기 때문에 식육의 역할을 논함에 있어 생물학적인 장·단점과 함께 먹는 즐거움을 주는 사회학적인 식육의 역할에 대한 평가를 간과해서는 안 될 것이다. 이러한 이유로 학계와 산업계는 식육제품을 생산함에 있어 건강에 대한 이러한 소비자들의 불안감을 해소시킬 수 있는 다양한 소재에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근 식물 소재의 껍질이나 씨와 같은 천연물에서 획득한 생리활성 물질의 효능에 대한 연구가 많이 이루어짐에 따라 여러 추출 용매 및 다양한 조건을 이용하여 이러한 물질을 분리 동정하는 것에 대한 관심이 증가되고 있다. 뿐만 아니라 축산물의 단백질 가수분해물에서 생리활성 펩타이드를 분리 및 제조하는 연구를 통해 부가가치를 높이는 연구 역시 식육제품의 기능성을 증대시킬 수 있는 좋은 방법이 될 것이다. 따라서 본고에서는 식육의 안정성을 증대시킬 뿐만 아니라 소비자의 건강증진에 도움을 줄 수 있는 생리활성물질을 이용하여 식육제품을 생산하는 최신 경향에 대해 논하고자 한다.

II. 본론

1. 육제품에서 생리활성 물질의 이용

우리가 섭취하는 식품 속에는 여러 가지 생리활성 물질이 포함되어있다. 이러한 생리활성 물질은 항산화, 면역력 증

*Corresponding author: Sun Jin Hur
4726 Seodong-daero, Daedeok-myeon,
Anseong-si, Gyeonggi-do, 456-756, Korea
Tel: +82-31-670-4673
Fax: +82-31-675-3108
E-mail: hursj@cau.ac.kr

대, 해독, 호르몬 조절, 항균 및 항바이러스 효과를 통해 노화 및 여러 성인병의 위험을 예방하는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 효과를 갖는 생리활성 물질을 육제품에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 육제품의 항산화 활성을 증진시킨 제품들이 소비자들에게 각광받으면서 항산화 기능을 갖는 물질에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 신선육과 육제품의 저장기간 동안 지방 산화가 일어나게 되는데, 이는 제품의 품질을 저하시킬 수 있는 중요한 요인이 된다(Devatkal *et al.*, 2014). 포장한 고기에서 산화로 인한 신선육의 표면에서 보이는

갈색과 지질산화는 소비자들의 관점에서 매우 바람직하지 않은 변화이다. 따라서 식육과 육제품에서 지질 산화를 조절하는 것이 매우 중요한 사항이다.

식육과 육제품을 가공 및 저장시 이화학적 특성의 변화가 일어나게 되고 지질 산화를 개시하는 자유 라디칼의 생성을 이끌 수 있다. 이러한 지방 산화로 식육 및 육제품의 색도, 조직감, 냄새에서 바람직하지 않은 변화가 일어나고, 영양학적 가치가 감소하게 된다(표 1). 따라서 식육 및 육제품에서 이를 억제하기 위해 금속 킬레이터, 라디칼 소거제, 환원제와 같은 강력한 항산화제가 필요하다.

표 1. 지방 산화에 의해 식육과 육제품에서 일어나는 바람직하지 않은 변화

Type	Condition	Undesirable changes	Reference
Liver pâté from Iberian and white pigs	Refrigerated storage (4°C/90 days)	- Lipid and protein oxidation - Increase of non-heme iron content - Color changes	Estévez and Cava (2004)
Semi-ripened pork salami	Retail storage (10°C/150 days) in an open display cabinet	- Resulting in rancidity and a loss of acceptability - TBARS increased - Flavor deterioration (formation of volatiles from lipid oxidation)	Lorenzo <i>et al.</i> (2013)
Raw porcine patties	Chilled storage (4°C/15 days)	- Loss of redness and an increase of lightness - TBARS increased - Formation of protein carbonyls	Rodríguez-Carpena <i>et al.</i> (2011)
Emulsified cooked burger	Chilled storage (2°C/12 days)	- Increase of protein carbonyls - Intense loss of redness - Increase of hardness	Ganhão <i>et al.</i> (2010)
Different muscles from Iberian pigs	Refrigerated storage (4°C/10 days)	- Phospholipid content decreased - Changes in fatty acid profiles of neutral and polar lipids - Increased TBARS values and hexanal content	Morcuende <i>et al.</i> (2003)
Goat meat nuggets	Frozen storage (-18°C/90 days)	- Increased TBARS and free fatty acids values - Increased expressible water - Decreased overall acceptability	Das <i>et al.</i> (2008)

이러한 식육 및 육제품의 지방산화를 억제하기 위해 butylated hydroxytoluene(BHT), butylate hydroxyanisole (BHA) 그리고 tert-butylhydroquinone(TBHQ)와 같은 합성 항산화제가 지난 수십년간 널리 사용되어져왔다(Jayathilakan *et al.*, 2007). 하지만 이러한 물질들이 가지는 발암성 등의 부정적 효과로 인하여 이를 대체하기 위한 천연물 유래 항산화제의 수요가 증가하고 있다(Juntachote *et al.*, 2006). 따라서 많은 연구들이 과채류로부터 천연 항

산화물질을 개발하여 합성 항산화제를 대체하는 방향으로 초점을 기울이고 있다(Kim and Chin, 2016; Mercadante *et al.*, 2010).

과일과 채소는 인체 영양에 중요한 역할을 가지고 있는데, 식물유래 항산화제는 다음과 같은 메커니즘에 의해 지질 산화를 지연시킬 수 있다. (i) 산소 농도 감소, (ii) 라디칼 소거에 의해 라디칼 연쇄반응의 개시를 방지, (iii) 라디칼 생성을 예방하기 위해 촉매와 결합, (iv) 과산화물 분

해, (v) 수소원자 분리를 방지하기 위해 연쇄 절단(Dorman *et al.*, 2003). 따라서 이와 같은 기능을 할 수 있는 대표적인 천연물에 존재하는 항산화 물질과 육제품 적용 사례를 다음과 같이 정리하였다.

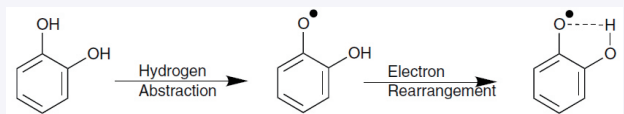
가. 아스코르브산 (Ascorbic acid)

아스코르브산은 육제품의 지방 산화를 억제함으로써 저장성을 증진시키기 위해 널리 사용되어져왔다(Hwang *et al.*, 2013). Djenane 등(2002)은 공기 조절 포장 조건에서(70% O₂ + 20% CO₂ + 10% N₂) 신선한 우육 스테이크를 1℃의 온도로 29일간 냉장저장하는 동안에 일어나는 지방 산화를 측정하였는데, 스테이크 표면에 비타민 C를 처리한 처리구에서 대조구에 비해 낮은 TBARS 값을 보였다(*p*<0.05). Sánchez-Escalante 등(2001)은 아스코르브산을 타우린, 카르노신 그리고 로즈마리 분말과 함께 우육 패티에 첨가하여 2℃의 냉장저장 동안 색도와 지질 안정성을 평가하였다. 그 결과, 아스코르브산을 타우린과 카르노신과 혼합할 경우 미오글로빈 산화 억제효과를 보였으며, 카르노신을 단독 또는 아스코르브산과 혼합할 경우 지방 산화를 억제하였다고 보고하였다.

나. 페놀성 화합물(Phenolic compounds)

페놀성 화합물을 식육과 육제품에 이용하는 것 또한 산화적 안정도를 증진시킬 수 있다. 페놀성 항산화제는 자유 라디칼 종결자 뿐만 아니라 금속 킬레이터로 작용한다(Dinis *et al.*, 1994). 페놀성 화합물은 적절한 항산화제이며 과산화물 안정제로 고려된다. 가장 중요한 메커니즘은 라디칼 반응이 일어나는 동안 지질 자유 라디칼과 반응하여 분자간 수소결합을 형성하여 이를 불활성화시키는 것이다(그림 1). 페놀성 화합물과 몇몇 유도체들은 자동산

그림 1. 페놀성 화합물에서 내부 분자간의 수소결합 (Baum and Perun, 1962).



화를 방지한다(Burton *et al.*, 1985). 하지만 이들의 잠재적인 독성으로 인하여 소수의 페놀성 화합물들이 현재 허용되는 상황이다. Barbosa-Pereira 등(2014)은 양조장 잔류물로부터 페놀성 화합물을 추출하여 활성 포장 필름을 개발하여 냉장저장 동안 우육의 산화적 안정성을 증진시켰다. Jongberg 등(2013)은 녹차 추출물(500 ppm 총 페놀성 화합물)과 로즈마리 추출물(400 ppm 총 페놀성 화합물)을 볼로나 소시지 제조에 이용하여 지방 산화를 지연시켰다고 보고하였다.

다. 플라보노이드 (Flavonoids)

플라보노이드는 식물의 2차 대사물질로, 천연 항산화 물질이다. 플라보노이드는 산소 라디칼을 소거하고(Bors *et al.*, 1990), 금속 이온을 킬레이팅하며(Afanas'ev *et al.*, 1989), 지질 과산화로부터 보호하는 능력을 가지고 있다(Laughton *et al.*, 1991). 또한 항균, 소염제, 항종양, 항바이러스, 항알레르기 활성을 지니고 있다(Middleton, 1998). 대표적인 플라보노이드는 퀘르세틴(flavonol), 캄페롤(flavonol), 나린제닌(flavanone) 그리고 안토시아닌이 있다(Marais *et al.*, 2006). 플라보노이드의 지방 산화 억제에 대한 연구가 많이 진행되어왔다. Jia 등(2012)은 안토시아닌이 풍부한 블랙 커런트 추출물을 돈육 패티에 적용하였으며, 추출물 첨가를 통해 냉장 저장기간 동안 패티 제품의 지방과 단백질 산화를 억제시키는 효과를 보였다고 보고하였다. 40% 에탄올로 2시간 동안 추출하였을 때 가장 높은 안토시아닌 함량과 라디칼 소거능을 보였고(*p*<0.05), 추출물을 0.5, 1 그리고 2% 농도로 돈육 패티에 첨가하였을 때 농도 의존적으로 TBARS 값과 카보닐 함량을 감소시켰다고 보고하였다(*p*<0.05). Jabuticaba(*Plinia jabuticaba* Berg)는 안토시아닌과 flavonol이 풍부한 브라질 과일인데, Almeida 등(2015)은 jabuticaba 껍질로부터 항산화 물질을 추출하여 볼로나 소시지에 첨가하여 냉장저장 동안 지방 산화 및 미생물 안정성에 미치는 효과를 평가하였다. 실험 결과 0.5 0.75 그리고 1% jabuticaba 껍질 추출물을 소시지에 첨가하여 제조를 한 결과 대조구에 비해

유의적으로 낮은 TBARS 값을 보여 지방 산화를 억제시켰음을 보고하였다($p < 0.05$).

라. α -토코페롤(α -Tocopherol)

α -토코페롤(비타민 E)은 주요한 소수성 항산화 물질이며 계육, 우육 그리고 돈육의 색도, 조직감, 향미 그리고 영양학적 가치를 안정화시키기 위해 꾸준히 사용되어져 왔다(Buckly and Conolly, 1980; Gray *et al.*, 1996). Aksu와 Kaya(2005)는 α -토코페롤을 터키에서 소비되는 가열 우육인 kavurma에 첨가하여 항산화 물질이 색도와 지방 산화도에 미치는 효과를 평가하였다. 4°C에서 진공포장하여 300일 동안 저장한 결과 α -토코페롤을 50과 100 mg/kg 첨가한 처리구에서 각각 14.19와 9.17 $\mu\text{mol malondialdehyde (MDA)}/\text{kg}$ 값을 보여 18.50 MDA/kg의 값을 보인 대조구에 비해 지방 산화도가 감소하였음을 보고하였다. 식이로 급여하는 비타민 E 또한 신선육의 지질 안정성에 영향을 미칠 수 있다. Jensen 등(1996)은 토코페롤 공급원인 α -토코페롤 아세테이트를 급여함으로써 돼지의 근육 α -토코페롤 함량이 증가함을 보고하였으며, 4°C에서 6일간 냉장저장 동안 원료육과 가열육의 지방 산화도를 유의적으로 감소시켰다고 하였다($p < 0.05$). 계육에서 또한 식이로 급여한 α -토코페롤이 지질 과산화물과 TBARS 값 그리고 콜레스테롤 산화물 함량을 감소시켰다고 보고하였다(Grau *et al.*, 2001).

마. 카로티노이드 (Carotenoids)

카로티노이드는 라이코펜, 베타카로틴, 루테인, 제아잔틴, 아스타잔틴을 포함하는 지용성 항산화 물질이다(Young *et al.*, 2004). 카로티노이드의 항산화 활성은 일중항산소의 소광제로써 많은 연구를 통해 보고되어져왔다(Conn *et al.*, 1991; DiMascio *et al.*, 1989). 근육 식품의 기능성과 항산화 활성이 카로티노이드의 첨가를 통해 증진될 수 있다. Gaicía 등(2009)은 82 mg/100 g의 라이코펜을 함유하는 건조 토마토 껍질을 0-6%의 다양한 함량으로 우육 패티

에 첨가하였으며, 건조 토마토 껍질의 섬유소로 인해 조직감이 증진되었으며 전체적 수용도를 고려하였을 때 4.5% 함량을 첨가하는 것이 적절할 것으로 결론지었다. Mercadante 등 (2010)은 노르비신, 라이코펜, 제아잔틴 그리고 베타카로틴을 포함한 천연 색소를 에리소르비산 나트륨을 대체하기 위해 소시지에 첨가하였으며, 45일 동안 4°C의 냉장 저장 동안 모든 물질이 제품의 산화적 안정도를 유지하였다고 보고하였다(MDA equivalents $< 0.38 \text{ mg}/\text{kg}$).

2. 다양한 소재의 기능성 육제품 제조

최근 기능성을 강조한 육제품의 제조 또한 활발히 이루어지고 있다. 특히, 항균활성을 지니면서 인체에 무해하며 가열시 환경호르몬이 발생되지 않는 소재를 이용한 포장재의 개발이 이루어지고 있다. 포장재의 경우 키토산과 분리유청 단백질 그리고 알긴산을 이용한 사례가 많이 보이고 있다(표 2). 이들 물질을 다양한 조건으로 활용하여 육제품의 저장성을 증진시키는 연구가 더욱 활발히 이루어질 것으로 예상된다.

표 2. 식육제품에서 항균제와 포장재 이용

Antimicrobial agent	Packaging materials	Substrate
Acetic acid	Chitosan	Water
Lactic acid	Alginate	Lean beef muscle
p-aminobenzoic acid	WPI	Culture media
Propionic acid	Chitosan	Water
	Chitosan	Bologna, Cooked ham
Sodium benzoate	Chitosan	Culture media
Sorbic acid	WPI	Culture media
Potassium sorbate	Starch/glycerol	Chicken breast
Glucose oxide	Alginate	Fish
Lysozyme	Nylon, Cellulose acetate	Culture media
Nisin	Silicon coating	Beef tissue
Pediocin	PE	Broiler drumstick skin
	Corn zein film	Culture media
	Cellulose	Cooked meats

건강한 육제품을 개발하는 두 가지 방법이 있다. 첫째는 바람직하지 않은 물질을 감소시키는 것이고, 둘째는

바람직한 물질의 함량을 높이는 것이다(Decker and Park, 2010). 이러한 측면에서 육제품에 함유된 지방은 제품의 향미, 조직감, 필수 지방산의 공급 등의 긍정적인 측면이 많음에도 불구하고 많은 양을 섭취할 경우 여러 만성 질환, 특히 관상동맥질환과 같은 질병에 노출되기 쉽기 때문에 이를 대체하기 위해 지방 대체재와 관련한 연구들이

많이 진행되어왔다. 지방대체재의 종류는 단백질, 지방 그리고 탄수화물을 기본으로 한 재료들이 다양하게 출시되고 있으며, 세계 각국의 기업들이 이러한 지방 대체재를 이용하여 건강 기능성 육제품을 제조하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다(표 3).

표 3. 육제품에서 단백질, 지방 및 탄수화물 소재의 지방대체제

Protein base	Lipid base	Carbohydrate base
Microparticulated protein (Simplexses®)	Emulsifiers (Dur-Lo®, ECTM-25)	Cellulose (Aviel® cellulose gel, Methocel™, Solka-Floc®)
Modified whey protein concentrate (Dairy-L®)	Salatrim (Benefat™)	Dextrins (Amylum, N-Oil®)
	Esterified propoxylated	Fiber (Opta™, Oat Fiber, Snowite, Ultracel™, Z-Trim)
	Olestra (Olean®)	Gum (KELCOGE®, KELTROL®, Slendid™)
	Sorbestrin	Inulin (Raftiline®, Fruitafit®, Fibruline®)
		Maltodextrins (CrystalLean®, Lorelite, Lycadex®, MALTRIN®, Paselli®D-LITE, Paselli®EXCEL, Paselli®SA2, STAR-DR®)
		Z-trim
		Oatrim (Hydrolyzed oat flour) (Beta-Trim™, TrimChoice)
		Polydextrose (Litesese®, Sta-Lite™)
		Polyols
		Starch and modified food starch (Amalean® I & II, Fairnex™VA15, &VA20, Instant Stellar™, N-Lite, OptaGrade®, Perfectamy™ AC, AX-1, & AX-2, PURE-GEL®, STA-SLIM™)

3. 축산물 유래 가수분해물을 이용한 항고혈압 기능성 펩타이드

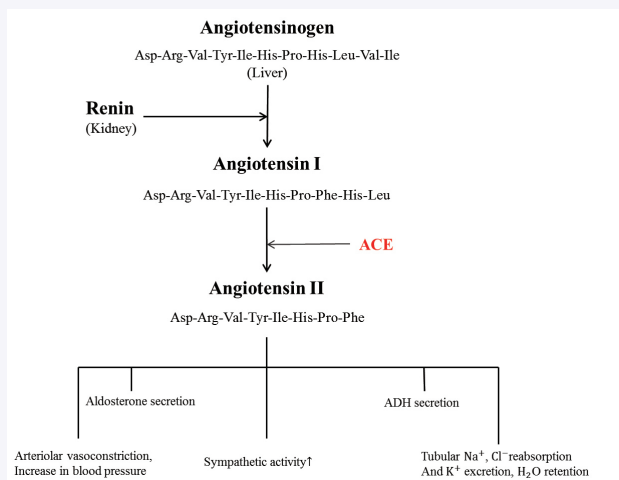
고혈압은 동맥 경화증, 뇌출혈, 신장질환, 심장 및 혈관계 질환 등과 같은 혈압 증가에 따른 복합적인 작용으로 유발되는 심각한 질병이다. 이러한 혈관 수축에 의한 혈

압 증가의 주요 원인이 되는 인자로는 안지오텐신 전환효소(ACE)가 널리 알려져 있으며, 이를 예방하고자 ACE 억제제가 많이 개발되고 있다. ACE 억제제는 레닌-안지오텐신 시스템의 활성을 차단하는 역할을 하여 고혈압제로서 사용되고 있으며, 시중에 판매되는 고혈압제로는 benazepril, captopril, enalapril, perindopril, trandolapril, quinapril,

aceon 및 univasc 등이 있다. 그러나, 시판되고 있는 ACE 억제제는 마른기침, 두통, 피로감, 비정상적인 미각, 혈중 칼륨 농도 증가 및 대사조절 장애와 같은 부작용을 나타내는 경우가 있다. 따라서 이러한 부작용을 줄이는데 초점을 맞추어 식품소재를 이용한 연구들이 진행되고 있다.

최근 식품 단백질에서 유래된 생리활성 펩타이드 연구를 통해 생리활성 소재 개발에 관한 관심이 높아지고 있다. 일반적으로, 단백질 내에서 생리활성을 갖는 펩타이드의 아미노산 길이는 2-20개로 알려져 있으며(Himaya *et al.*, 2012), 생리활성 펩타이드는 건강 증진 및 질병 감소에 도움을 주는 생리활성 소재로서 중요한 역할을 하고 있다. 우유, 치즈, 육류 등의 축산물에서 유래한 펩타이드는 항산화, 항균활성, 면역 조절, 항혈전, 항암활성 등과 같은 생리활성 효능을 가지고 있다는 연구가 보고되어 오고 있다(Contreras *et al.*, 2009; Korhonen and Pihlanto, 2006; Ryan, 2011; Salami *et al.*, 2011). 다양한 생리활성 중에서도 특히, 항고혈압 성분을 가진 펩타이드에 관한 연구에 주목하고 있으며, 대부분의 축산물 유래 식품의 가수분해물이 항고혈압 활성을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Ryan, 2011; Udenigwe, 2013).

그림 2. 안지오텐신 전하효소 작용 기전.



가. 축산물 유래 항고혈압 활성 펩타이드 획득 방법

단백질은 다양한 가수분해제를 이용하여 항고혈압 활

성을 가진 펩타이드를 얻을 수 있으며, 그 종류는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 소화기관에서 분비되는 소화 효소를 이용한 가수분해, 둘째, 단백질 가수분해능을 가진 미생물을 이용한 효소 가수분해, 마지막으로 미생물 또는 식물유래 효소를 이용하여 얻을 수 있다. 가수분해제를 이용한 단백질 가수분해물은 주로 ultrafiltration을 이용하여 펩타이드의 사이즈에 따라 분획한다(Bourseau *et al.*, 2009; Connolly *et al.*, 2015). 분획한 가수분해물은 항고혈압 활성을 측정할 수 있는 다양한 방법을 통해 생리활성을 측정하여, 다양한 기술을 이용하여 정제된 펩타이드를 획득한다. 위에서 언급한 다양한 정제기술로는 gel permeation, gel filtration chromatography, ion exchange chromatography 및 high performance liquid chromatography (HPLC) 등이 있으며, 주로 HPLC 및 FPLC 등이 사용되고, 이때 정제된 펩타이드는 항고혈압 활성 평가를 측정한다. 최종적으로 MALDI-TOF (Matrix Assisted Laser deionization time of flight), ESI (electrospray ionisation), PICO, TAG methods 및 Edman degradation 기술을 이용하여 높은 항고혈압 활성을 가진 펩타이드의 서열을 분석한다.

나. ACE억제 펩타이드 획득을 위한 가수분해 방법

단백질 가수분해는 소화효소를 이용하는 방법이 주로 이용되고 있다. 최근 연구된 바에 의하면, 소화과정 중에 분해된 항고혈압활성 펩타이드는 육류, 우유, 달걀 등과 같은 축산물 유래 식품에서 보고되어왔다. 단백질 분해는 위에서 분비되는 펩신에 의해 pH 2-3수준에서 시작되며 단백질에서 polypeptide로 분해된다. 소장에서는 trypsin, a-chymotrypsin, elastase, carboxypeptidase A, B등의 pancreatic proteases와 소장액에 의해 pH 7-8수준에서 polypeptide 나 거대 peptide가 분해된다(Parrot *et al.*, 2003; Vermeirssen *et al.*, 2004). 뿐만 아니라, 소화과정 중에 복합효소를 사용하게 되면 가수분해도가 더욱 증가하여 작은 분자로 분해될 수 있다. Hernández-Ledesma 등 (2004)과 Tagliacruzchi (2016)의 연구에 의하면 펩타이드의 ACE 억제 활성은 소화과정이 진행될수록 더욱 증가한다는 연구 결과가 보고

되었다(Hernández-Ledesma *et al.*, 2004; Tagliazucchi *et al.*, 2016). 이와 같은 연구 결과는 소화과정이 진행될 수록, 거대분자인 단백질이 더 작은 펩타이드로 분해되어 체내 흡수가 쉬워지기 때문에 ACE 억제 활성이 증가하는 것으로 판단된다. 그러므로 더 작은 펩타이드로 분해될 수 있는 획득방법을 구현하는 것이 요구된다.

단백질 효소 가수분해물은 신체적, 영양학적, 생리활성 기능을 증진하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 단백질 가수분해물은 소화 효소 외에도 자연 소재에서 유래된 상업적인 단백질 가수분해제를 이용하여 얻을 수 있다. 대표적으로 첫째, 식물에서 유래한 ficin, bromelain, papain 등이 있고, 둘째, 미생물에서 유래한 Alacalse, Flavourzyme, Neutrase, Proteinase K, collagenase 등, 셋째, 동물 세포에서 유래한 pepsin, chymotrypsin and trypsin 등이 있다(Udenigwe, 2013). 이 효소들 중에 미생물에서 유래한 단백질 가수분해 효소는 가격이 저렴하고 안정하며, 가수분해능이 매우 높은 것으로 알려져 있다(Mao *et al.*, 2007).

마지막으로 낙농업에서는 생리활성 펩타이드 획득하고자 스타티와 같은 단백질 가수분해 활성을 가진 미생물 발효가 널리 사용되고 있다. 대표적인 스타티인 Lactic acid bacteria (LAB)는 유단백질인 카제인(casein)을 가수분해하여 최종산물인 펩타이드와 아미노산을 얻을 수 있다(Christensen *et al.* 1999). 주로 사용되는 LAB는 *Lactococcus lactis* spp. diacetylactis, *L. lactis* spp. cremoris, *Lactobacillus (Lb) helveticus*, *Lb. delbrueckii* spp. 등이 있으며, 모두 생리활성 펩타이드를 형성하는데 역할을 한다. 이와 같이 축산물 유래 소재는 다양한 가수분해 방법을 통해 가수분해물을 얻을 수 있으며 이들의 생리활성에 관한 연구들은 점진적으로 증가하고 있으나, 더 효율적이고 안정된 가수분해물 획득과 관련하여 지속적인 노력이 필요할 것으로 판단된다.

다. 항고혈압 활성을 가진 펩타이드 분획 및 정제

생리활성을 가진 가수분해물은 분자량, 흡수 및 소화율 등과 같은 서로 다른 물리 화학적인 특성을 가지고 있어

이를 분획하기 위한 연구가 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 그 중에 분자량 범위를 이용한 막 분리를 통해 가수분해물을 분획하는 연구가 보고되었다(Leeb *et al.*, 2014). Ultrafiltration (UF)은 단백질 가수분해물로부터 획득한 생리활성 펩타이드를 분자량 별로 농축 및 정제하는데 흔히 사용되고 있는 분리 방법이다. 그러나 UF 분리 과정은 펩타이드 분자 질량에 따라 큰 차이가 있기 때문에 복합적인 가수분해물을 여과하는데 어려움이 있다. 따라서, 이 문제를 보완하기 위해 단백질 등전점과 전하를 이용한 ion-exchange membrane absorption chromatography (IE-MAC)과 cross-flow electro membrane filtration (CFEMF) 기술이 이용되고 있다. 이와 같은 기술을 통해서 분리된 펩타이드는 다시 생리활성을 확인하여 생리활성이 가장 높은 분획물을 선별하게 되며, 선별된 펩타이드의 서열을 분석하기 위해 MALDI-TOF-MS, Q-TOF 등을 사용하여 생리활성이 높은 펩타이드의 서열을 확인할 수 있다(Ghassem *et al.*, 2011). 따라서, 앞서 제시한 가수분해물 및 펩타이드 분리 및 정제 방법을 이용하여 최적의 효율을 낼 수 있는 방법을 선별하여 적용한다면 다양한 질환을 예방 및 치료할 수 있는 생리활성 소재를 획득하는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

라. 축산물 유래 단백질 가수분해물의 항고혈압 활성 펩타이드

현대인들은 서구화된 식습관이나 불규칙한 생활 습관 및 스트레스로 인하여 여러 성인병이 발생하고 있다. 이 중 고혈압은 혈관 내 압력이 상승되며, 혈압 강하가 억제됨에 따라 발생하게 된다. 따라서 혈압 상승 원인 중에 하나인 ACE의 활성을 억제하게 되면 고혈압 치료에 상당한 효과가 있다고 보고되어 왔다. 따라서 부작용의 피해가 적은 식품 단백질로부터 ACE를 억제할 수 있는 생리활성 펩타이드에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이 중에서 축산물 유래 단백질에서 획득한 항고혈압 활성 펩타이드에 관한 많은 연구들이 보고되었다(표 4) (Chen *et al.*, 2015; Matsufuji *et al.*, 1994; Qian *et al.*, 2007).

Jang 등(2004)의 연구결과에 의하면, 소고기에서 유래한 근장단백질은 thermolysin, protease, proteinase을 통해 가수분해물을 얻었으며, in vitro 및 in vivo 실험을 통해 VLAQYK 서열을 가진 ACE 억제 펩타이드를 확인하였다(Jang *et al.*, 2004). Nakashima 등(2002)와 Arihara 등(2001)의 연구에서도 돼지 골격근 단백질 가수분해물에서 ACE 억제 효능을 가진 펩타이드를 확인하였다(Arihara *et al.*, 2001; Nakashima *et al.*, 2002). 이 펩타이드 서열은 주로 N-말단에 methionine, C-말단에 소수성 펩타이드인 proline과 lysine으로 구성하고 있다고 보고되었다. Saiga 등(2003) 연구에 의하면, 닭가슴 근육에서도 IC₅₀GF-HypGTHypGLHypGF서열을 가진 ACE 억제 펩타이드를 확인하였으며, 이 펩타이드의 IC₅₀ 수치는 42 μM을 나타내어 강력한 항고혈압 소재로써 확인할 수 있었다(Saiga *et al.*, 2003). 육제품에서도 항고혈압 활성을 가진 펩타이드에 관한 연구가 많이 보고되어왔으며, 이 중에 Iberian 및 Spanish 건조햄에서 각각 PPL, PAP, AAP 와AAARP와 같은 항고혈압 활성을 가진 펩타이드 서열을 확인할 수 있었고, 이들은

거의 97.7% ACE 억제율을 확인할 수 있었다(Escudero *et al.*, 2013; Mora *et al.*, 2015). 또한, 우유 단백질에서 유래한 ACE 억제 펩타이드에 관한 연구도 많이 보고되어 왔다. 유청 단백질에서 유래한 펩타이드인 LAFNPTQLEGQCHV, VRYL, KKYNVPQ 서열을 가진 펩타이드가 ACE 억제 활성을 나타낸다고 보고되었다(Corrêa *et al.*, 2014). 이 외에도, Sipola 등(2001)과 Mizushima 등(2004)의 연구에서 sour milk의 단백질 가수분해물에서 얻은 VPP와 IPP 서열을 가진 ACE 억제 펩타이드를 확인할 수 있었다(Mizushima *et al.*, 2004; Sipola *et al.*, 2001). 위와 같이 제시된 연구에서 발견된 항고혈압 활성을 가진 펩타이드의 구조는 대부분 C-말단에 소수성 아미노산 잔기들을 포함하고 있기 때문에, 지질내에서 펩타이드의 용해도를 증진할 수 있는 역할을 하여 항고혈압 활성을 나타내는데 도움이 된다고 판단된다. 또한, 이러한 결과를 통해 축산물 유래 가수분해물을 이용한 펩타이드는 고혈압 억제를 하는 기능성 소재로의 가능성을 제시하였으며, 이를 이용한 기능성 신소재 개발을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

표 4. 축산물 유래 항고혈압 펩타이드

축산물	항고혈압 펩타이드 서열
Spanish 건조 햄	Ala-Ala-Ala-Thr-Pro
소고기 근장 단백질	Val-Leu-Ala-Gln-Tyr-Lys Asp-Phe-His-Ile-Asn-Gly
돼지고기	Arg-Pro-Arg, Lys-Ala-Pro-Val-Ala and Pro-Thr-Pro-Val-Pro Arg-Pro-Arg and Lys-Ala-Pro-Val-Ala
돼지 골격근단백질	Met-Asn-Pro-Pro-Lys, Ile-Thr-Asn-Pro, Met-Asn-Pro and Pro-Pro-Lys Met-Asn-Pro, Asn-Pro-Pro, Pro-Pro-Lys, Ile-Thr-Thr, Thr-Thr-Asn, and Thr-Asn-Pro Glu-Lys-Glu-Arg-Glu-Arg-Gln Lys-ArgGln-Lys-Tyr-Asp-Ile
Iberian 건조 햄	Pro-Pro-Lys, Pro-Ala-Pro and Ala-Ala-Pro
염소 치즈	Phe-Gln-Pro-Ser
닭가슴근	GFHypGTHypGLHypGF
난백 단백질	Tyr-Ala-Glu-Glu-Arg-Tyr-Pro-Ile-Leu Tyr-Pro-Ile and Arg-Ala-Asp-His-Pro Arg-Ala-Asp-His-Pro-Phe-Leu and Tyr-Ala-Glu-Glu-Arg-Tyr-Pro-Ile-Leu
염소 치즈 유청	Leu-Ala-Phe-Asn-Pro-Thr-Gln-Leu-Glu-Gly-Gln-Cys-His-Val
산유	Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro
만체고 치즈	Val-Arg-Tyr-Leu

III. 결론

현재까지 다양한 생리활성 물질을 이용한 식육제품 개발이 시도되어 왔으나, 시장에서 그 영향력이 크지 않은 실정이다. 이러한 이유는 고기가 가진 부정적인 이미지를 개선할 만큼 효과적인 소재의 개발이나 식육제품의 개발이 미진하기 때문일 것이다. 그렇기 때문에 향후에도 식

육제품의 기능성을 극대화시킬 수 있는 효과적인 소재의 개발이 요구된다고 할 수 있다. 이를 위해서는 식육의 안정성을 극대화시킬 뿐만 아니라 섭취시 건강증진에 도움을 주는 소재개발을 통한 생물학적인 순기능 뿐만 아니라 소비자들이 식육섭취로부터 안심할 수 있는 사회화적인 기능을 가진 새로운 혁신적인 소재의 개발이 요구된다.

참고문헌

1. Afanas'ev, I. B., Dorozhko, I., Brodskii, A. V., Korstyuk, V. A., and Potapovitch, A. (1989) Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochem. Pharmacol.* **38**, 1763–1769.
2. Aksu, M. İ. and Kaya, M. (2005) The effect of α -tocopherol and butylated hydroxyanisole on the colour properties and lipid oxidation of kavurma, a cooked meat product. *Meat Sci.* **71**, 277–283.
3. Almeida, P. L., Lima, S. N., Costa, L. L., Oliveira, C. C., Damasceno, K. A., Santos, B. A., and Campagnol, P. C. B. (2015) Effect of jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. *Meat Sci.* **110**, 9–14.
4. Arihara, K., Nakashima, Y., Mukai, T., Ishikawa, S., and Itoh, M. (2001) Peptide inhibitors for angiotensin I-converting enzyme from enzymatic hydrolysates of porcine skeletal muscle proteins. *Meat Sci.* **57**, 319–324.
5. Barbosa-Pereira, L., Aurrekoetxea, G. P., Angulo, I., Paseiro-Losada, P., and Cruz, J. M. (2014) Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef. *Meat Sci.* **97**, 249–254.
6. Baum, B. and Perun, A. (1962) Antioxidant efficiency versus structure. *Soc. Plast. Engrs. Trans.* **2**, 250–257.
7. Bors, W., Heller, W., Michel, C., and Saran, M. (1990) Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.* **186**, 343–355.
8. Bourseau, P., Vandanjon, L., Jaouen, P., Chaplain-Derouiniot, M., Massé, A., Guérard, F., Chabeaud, A., Fouchereau-Péron, M., Le Gal, Y., Ravallec-Plé, R., Bergé, J. P., Picot, L., Piot, J. M., Batista, I., Thorkelsson, G., Delannoy, C., Jakobsen, G., and Johansson, I. (2009) Fractionation of fish protein hydrolysates by ultrafiltration and nanofiltration: impact on peptidic populations. *Desalination*, **244**, 303–320.
9. Buckley, J. and Conolly, J. F. (1980) Influence of alpha-tocopherol (vitamin E) on storage stability of raw pork and bacon. *J. Food Prot.* **43**, 265–267.
10. Burton, G. W., Doba, T., Gabe, E. J., Hughes, L., Lee, F. L., Prasad, L., and Ingold, K. U. (1985) Autoxidation of biological molecules. 4. Maximizing the antioxidant activity of phenols. *J. Am. Chem. Soc.* **107**, 7053–7065.
11. Chen, Y., Li, C., Xue, J., Kwok, L. Y., Yang, J., Zhang, H., and Menghe, B. (2015) Characterization of angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of fermented milk produced by *Lactobacillus helveticus*. *J. Dairy Sci.* **98**, 5113–5124.
12. Christensen, J. E., Dudley, E. G., Pederson, J. A., and Steele, J. L. (1999) Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Anton. Leeuw.* **76**, 217–246.
13. Conn, P. F., Schalch, W., and Truscott, T. G. (1991) The singlet oxygen and β -carotene interaction. *J. Photochem. Photocitol. B: Biol.* **11**, 41–47.
14. Connolly, A., O'Keeffe, M. B., Piggott, C. O., Nongonierma, A. B., and Fitzgerald, R. J. (2015) Generation and identification of angio-

- tensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from a brewers'spent grain protein isolate. *Food Chem.* **176**, 64–71.
15. Contreras, M. D. M., Carrón, R., Montero, M. J., Ramos, M., and Recio, I. (2009) Novel casein-derived peptides with antihypertensive activity. *Int. Dairy J.* **19**, 566–573.
 16. Corrêa, A. P. F., Daroit, D. J., Fontoura, R., Meira, S. M. M., Segalin, J., and Brandelli, A. (2014) Hydrolysates of sheep cheese whey as a source of bioactive peptides with antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activities. *Peptides*, **61**, 48–55.
 17. Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Gadekar, Y. P., Singh, R. P., and Pragati, H. (2008) Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Sci.* **80**, 607–614.
 18. Decker, E. A. and Park, Y. (2010) Healthier meat products as functional foods. *Meat Sci.* **86**, 49–55.
 19. Devatkal, S. K., Thorat, P., and Manjunatha, M. (2014) Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. *J. Food Sci. Technol.* **51**, 2685–2691.
 20. DiMascio, P., Kaiser, S., and Sies, H. (1989) Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch. Biochem. Biophys.* **274**, 532–538.
 21. Dinis, T. C. P., Madeira, V. M. C., and Almeida, L. M. (1994) Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-amino-salicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Arch. Biochem. Biophys.* **315**, 161–169.
 22. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A., and Roncalés, P. (2002) Ability of α -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chem.* **76**, 407–415.
 23. Dorman, H. J. D., Peltoketo, A., Hiltunen, R., and Tikkanen, M. J. (2003) Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food Chem.* **83**, 255–262.
 24. Escudero, E., Mora, L., Fraser, P. D., Aristoy, M. C., Arihara, K., and Toldrá, F. (2013) Purification and identification of antihypertensive peptides in Spanish dry-cured ham. *J. Proteomics*, **78**, 499–507.
 25. Estévez, M. and Cava, R. (2004) Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Sci.* **68**, 551–558.
 26. Ganhão, R., Morcuende, D., and Estévez, M. (2010) Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Sci.* **85**, 402–409.
 27. García, M. L., Calvo, M. M., and Selgas, M. D. (2009) Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. *Meat Sci.* **83**, 45–49.
 28. Ghassem, M., Arihara, K., Babji, A. S., Said, M., and Ibrahim, S. (2011) Purification and identification of ACE inhibitory peptides from Haruan (*Channa striatus*) myofibrillar protein hydrolysate using HPLC - ESI-TOF MS/MS. *Food Chem.* **129**, 1770–1777.
 29. Grau, A., Guardiola, F., Grimpa, S., Barroeta, A. C., and Codony, R. (2001) Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poultry Sci.* **80**, 1630–1642.
 30. Gray, J. I., Gomaa, E. A., and Buckley, D. J. (1996) Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* **43**, S111–S123.
 31. Hernández-Ledesma, B., Amigo, L., Ramos, M., and Recio, I. (2004) Angiotensin converting enzyme inhibitory activity in commercial fermented products. formation of peptides under simulated gastrointestinal digestion. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 1504–1510.
 32. Himaya, S. W. A., Ngo, D. H., Ryu, B., and Kim, S. K. (2012) An active peptide purified from gastrointestinal enzyme hydrolysate of Pacific cod skin gelatin attenuates angiotensin-1 converting enzyme (ACE) activity and cellular oxidative stress. *Food Chem.* **132**, 1872–1882.
 33. Hwang, K. E., Choi, Y. S., Choi, S. M., Kim, H. W., Choi, J. H., Lee, M. A., and Kim, C. J. (2013) Antioxidant action of *ganhwayakssuk* (*Artemisia princeps* Pamp.) in combination with ascorbic acid to increase the shelf life in raw and deep fried chicken nuggets. *Meat Sci.* **95**, 593–602.
 34. Jang, A., Cho, Y., Lee, J., Shin, J., Kim, I., and Lee, M. (2004) The effect of beef peptide on blood pressure and serum lipid concentration of spontaneously hypertensive rat (SHR). *J. Animal Sci. Technol.* **46**, 107–114.
 35. Jayathilakan, K., Sharma, G. K., Radhakrishna, K., and Bawa, A. S. (2007) Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants

- and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat. *Food Chem.* **105**, 908–916.
36. Jensen, C., Guidera, J., Smovgaard, M., Staun, H., Skibste, L. H., Jensen, S. K., Møller, A. J., Buckley, J., and Bertelsen, G. (1996) Effects of dietary α -tocopheryl acetate supplementation on α -tocopherol deposition in porcine *m. psoas major* and *m. longissimus dorsi* and on drip loss, colour stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Sci.* **45**, 491–500.
 37. Jia, N., Kong, B., Liu, Q., Diao, X., and Xia, X. (2012) Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage. *Meat Sci.* **91**, 533–539.
 38. Jongberg, S., Tørngren, M. A., Gunvig, A., Skibsted, L. H., and Lund, M. N. (2013) Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork. *Meat Sci.* **93**, 538–546.
 39. Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S., and Bauer, F. (2006) The oxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Sci.* **72**, 446–456.
 40. Kim, H. S. and Chin, K. B. (2016) Evaluation of different drying temperatures on physico-chemical and antioxidant properties of water-soluble tomato powders and on their use in pork patties. *J. Sci. Food Agric.* **96**, 742–750.
 41. Korhonen, H. and Pihlanto, A. (2006) Bioactive peptides: Production and functionality. *Int. Dairy J.* **16**, 945–960.
 42. Laughton, M. J., Evans, P. J., Moroney, M. A., Hoult, J. R., and Halliwell, B. (1991) Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclooxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochem. Pharmacol.* **42**, 1673–1681.
 43. Leeb, E., Holder, A., Letzel, T., Cheison, S. C., Kulozik, U., and Hinrichs, J. (2014) Fractionation of dairy based functional peptides using ion-exchange membrane adsorption chromatography and cross-flow electro membrane filtration. *Int. Dairy J.* **38**, 116–123.
 44. Lorenzo, J. M., Bedia, M., and Bañón, S. (2013) Relationship between flavour deterioration and the volatile compound profile of semi-ripened sausage. *Meat Sci.* **93**, 614–620.
 45. Mao, X. Y., Ni, J. R., Sun, W. L., Hao, P. P., and Fan, L. (2007) Value-added utilization of yak milk casein for the production of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides. *Food Chem.* **103**, 1282–1287.
 46. Marais, J. P. J., Deavours, B., Dixon, R. A., and Ferreira, D. (2006) The stereochemistry of flavonoids. In: *The science of flavonoids*, Grotewold, E. (ed) Springer, NY, pp. 1–46.
 47. Matsufuji, H., Matsui, T., Seki, E., Osajima, K., Nakashima, M., and Osajima, Y. (1994) Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides in an alkaline protease hydrolyzate derived from sardine muscle. *Biosci. Biotech. Bioch.* **58**, 2244–2245.
 48. Mercadante, A. Z., Capitani, C. D., Decker, E. A., and Castro, I. A. (2010) Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Sci.* **84**, 718–726.
 49. Mercadante, A. Z., Capitani, C. D., Decker, E. A., and Castro, I. A. (2010) Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Sci.* **84**, 718–726.
 50. Middleton, Jr. E. (1998) Effect of plant flavonoids on immune and inflammatory cell function. In: *Flavonoids in the Living System*. *Adv. Exp. Med. Biol.* **439**, 175–182.
 51. Mizushima, S., Ohshige, K., Watanabe, J., Kimura, M., Kadowaki, T., Nakamura, Y., Tochikubo, O., and Ueshima, H. (2004) Randomized controlled trial of sour milk on blood pressure in borderline hypertensive men. *Am. J. Hypertens.* **17**, 701–706.
 52. Mora, L., Escudero, E., Arihara, K., and Toldrá, F. (2015) Antihypertensive effect of peptides naturally generated during Iberian dry-cured ham processing. *Food Res. Int.* **78**, 71–78.
 53. Morcuende, D., Estévez, M., Ruiz, J., and Cava, R. (2003) Oxidative and lipolytic deterioration of different muscles from free-range reared Iberian pigs under refrigerated storage. *Meat Sci.* **65**, 1157–1164.
 54. Nakashima, Y., Arihara, K., Sasaki, A., Mio, H., Ishikawa, S., and Itoh, M. (2002) Antihypertensive activities of peptides derived from porcine skeletal muscle myosin in spontaneously hypertensive rats. *J. Food Sci.* **67**, 434–437.
 55. Parrot, S., Degraeve, P., Curia, C., and Martial G. A. (2003) *In vitro* study on digestion of peptides in Emmental cheese: analytical evaluation and influence on angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Food/Nahrung.* **47**, 87–94.

56. Qian, Z. J., Je, J. Y. and Kim, S. K. (2007) Antihypertensive effect of angiotensin I converting enzyme-inhibitory peptide from hydrolysates of bigeye tuna dark muscle, *Thunnus obesus*. *J. Agric. Food Chem.* **55**, 8398–8403.
57. Rodríguez-Carpena, J. R., Morcuende, D., and Estévez, M. (2011) Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. *Meat Sci.* **89**, 166–173.
58. Ryan, J. T., Ross, R. P., Bolton, D., Fitzgerald, G. F., and Stanton, C. (2011) Bioactive peptides from muscle sources: meat and fish. *Nutrients*. **3**, 765–791.
59. Saiga, A., Okumura, T., Makihara, T., Katsuta, S., Shimizu, T., Yamada, R., and Nishimura, T. (2003) Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides in a hydrolyzed chicken breast muscle extract. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 1741–1745.
60. Salami, M., Moosavi-Movahedi, A. A., Moosavi-Movahedi, F., Ehsani, M. R., Yousefi, R., Farhadi, M., Niasari-Naslaji, A., Saboury, A. A., Chobert, J. M., and Haertlé, T. (2011) Biological activity of camel milk casein following enzymatic digestion. *J. Dairy Res.* **78**, 471–478.
61. Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J. A., and Roncalés, P. (2001) The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.* **58**, 421–429.
62. Sipola, M., Finckenberg, P., Santisteban, J., Korpela, R., Vapaatalo, H., and Nurminen, M. L. (2001) Long-term intake of milk peptides attenuates development of hypertension in spontaneously hypertensive rats. *J. Physiol. Pharmacol.* **52**, 745–754.
63. Tagliazucchi, D., Shamsia, S., and Conte, A. (2016) Release of angiotensin converting enzyme-inhibitory peptides during in vitro gastro-intestinal digestion of camel milk. *Int. Dairy J.* **56**, 119–128.
64. Udenigwe, C. C. and Howard, A. (2013) Meat proteome as source of functional biopeptides. *Food Res. Int.* **54**, 1021–1032.
65. Vermeirssen, V., Van Camp, J., and Verstraete, W. (2004) Bioavailability of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Brit J. Nutr.* **92**, 357–366.
66. Young, A. J., Phillip, D. M., and Lowe, G. M. (2004) Carotenoids antioxidant activity. In: Carotenoids in health and disease, Krinsky, N. I., Mayne, S. T., and Sies, H. (ed) CRC Press, NY, pp. 105–126.
67. Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., and Ahn, D. U. (2010) Improving functional value of meat products. *Meat Sci.* **86**, 15–31.