

가압가열 처리한 시판 돈육 소시지의 항원성에 미치는 소화효소의 영향

김서진 · 김꽃봉우리 · 송유진 · 이소영 · 윤소영 · 이소정 · 이청조 · 안동현*

부경대학교 식품공학과/식품연구소

Effect of Digestive Enzymes on the Allergenicity of Autoclaved Market Pork Sausages

Seo-Jin Kim, Koth-Bong-Woo-Ri Kim, Eu-Jin Song, So-Young Lee, So-Young Yoon,
So-Jeong Lee, Chung-Jo Lee, and Dong Hyun Ahn*

Faculty of Food Science & Biotechnology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

Food allergy is a serious nutritional problem in both children and adults. Therefore, food allergenicity reduction methods are greatly needed. The allergenicity is altered by various manufacturing processes, and the digestibility of food proteins can be affected by food processing. This study was conducted to investigate the effect of *in-vitro* digestibility on the allergenicity of autoclaved market pork sausages using pepsin (30 min) and trypsin (5, 30, 60, 90, and 120 min). The binding ability of the porcine serum albumin (PSA) from sausages A and B significantly decreased by about 30 and 23%, respectively, after autoclave treatment (121; 5, 10, and 30 min). After the pepsin and trypsin treatments, the binding ability of products A and B at 30 min decreased. These competitive indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ci-ELISA) results corresponded well with the sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and immunoblotting results. The results demonstrated that the allergenicity of pork sausages considerably decreased after autoclave treatment, and were also maintained or decreased after enzyme treatment. Accordingly, autoclave treatment represents a promising processing technology for the reduction of the allergenicity of diverse food products.

Key words : pork sausage, allergenicity, autoclave, pepsin, trypsin

서 론

최근에는 환경오염 및 식생활양식의 변화로 인해 각종 알레르기의 발생 빈도가 증가하고 있으며(Ryu, 2000) 특히, 식품섭취에 의한 알레르기는 영유아 및 소아에게 많이 발견되고 있어 그 심각성이 점차 부각되고 있다(Halken, 1997). 식품 알레르기의 일반적인 증상은 두드러기, 홍반, 설사 및 구토 등이며 심한 경우에는 아나필락시스 쇼크 및 사망을 일으키기도 한다(Yungineer *et al.*, 1988). 이러한 식품 알레르기를 유발하는 원인 물질인 알레르겐은 일반적으로 10-70 kDa의 분자량을 가진 단백질로 열, 산 및 소화효소에 안정하다고 알려져 있으며 지금까지 밝혀진 알레르겐으로는 우유에 존재하는 casein과 β -lactoglobulin

(Wal, 2001), 달걀의 ovalbumin과 ovomucoid(Lee *et al.*, 2001), 밀의 gluten과 glutenin(Watanabe *et al.*, 1994; Maruyama *et al.*, 1998) 외에도 다수가 있다. 알레르기를 유발하는 대표적인 원인 식품은 콩류(Bock and Atkins, 1989), 우유(Shin *et al.*, 2004), 밀(Battais *et al.*, 2005), 어류(Lee *et al.*, 2000), 갑각류(Shimakura *et al.*, 2005), 육류(Cho *et al.*, 2001; Chung *et al.*, 2001) 및 달걀(Philippe and Eigenmann, 2004) 등으로 식품 알레르기의 약 90% 이상이 이들 식품에 의해 발생한다고 알려져 있다(Sampson and Ho, 1997; Sampson and McCaskil, 1985). 하지만 주요 식품 항원의 항목이나 감작률은 인종과 지역에 따른 식습관의 차이에 의해 다양하게 나타나므로 한국인을 대상으로 한 연구가 필요한 실정이다. 국내 대학병원에서 379명의 알레르기 천식증상을 나타내는 환자를 대상으로 알레르기 원인 식품을 조사한 결과 계란, 돼지고기, 복숭아, 고등어, 닭고기, 우유, 메밀, 게, 밀가루 및 토마토 순서대로 빈도가 높게 나타났다(Kim *et al.*, 1995). 또한 돼지고기는 식품위생법 제10조의 규정에 따라 식품 등의 표

*Corresponding author : Dong-Hyun Ahn, Faculty of Food Science & Biotechnology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea. Tel: 82-51-629-5831, Fax: 82-51-629-5824, E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

시기준 제9조, 별지 1에 국내의 주요 알레르기 유발 식품으로 원재료명을 표시하도록 지정되어 있다. 이와 같이 돼지고기는 국내 알레르기 환자들에게 비교적 유발율이 높은 식품으로 보고되었음에도 불구하고 돼지고기 알레르기에 대한 연구는 교차반응(Choi *et al.*, 2007)과 유발 성분 동정(Chung *et al.*, 2001)에 대해서만 보고되고 있을 뿐 매우 미비한 실정이다.

한편, 국내의 식육 소비량은 국민 생활수준이 향상됨에 따라 매년 증가하고 있으며, 식육을 이용한 가공제품의 생산량 역시 매년 증가하고 있는 추세이다. 이 중 축육 소시지는 44,068톤으로 27.6%의 시장 점유율을 차지하고 있어 햄과 함께 전체 육가공품 중 소비가 가장 높은 식품이다(Cho *et al.*, 2006; Kwon *et al.*, 2002). 하지만 돈육 소시지의 주 원료인 돼지고기가 항원으로 작용하여 알레르기를 유발하므로 이러한 식품의 항원성을 저감화하기 위한 방법이 요구된다. 알레르기를 저감화하기 위해서는 원인물질인 단백질의 제거가 효과적이는데, 단백질분자 중에서도 항체와 결합하거나 림프세포와 반응하는 등 실제로 알레르기 반응에 관여하는 부분인 epitope를 파괴, 제거 또는 변형함으로써 단백질의 항원성을 저감화 하는 것이 가능하다(Kim *et al.*, 2003). 하지만 식품 항원은 위액과 장액의 소화반응에 안정하여 섭취 후 장에서 면역반응을 일으킬 수 있으므로(Opara *et al.*, 1998) 저 알레르기 식품을 개발하기 위해서는 최종적으로 소화 효소에 의한 항원성 변화도 살펴보아야 한다. 따라서 본 연구에서는 *in vitro* 상의 가상소화시스템에서 가압가열 처리한 돈육 소시지의 항원성 변화를 조사함으로써 저 알레르기 식품 개발에 대한 가압가열 처리법의 응용가능성을 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 시중에 판매되고 있는 돈육 소시지 제품 7 종류를 마트에서 구입하였다. 구입한 제품들은 소시지의 주요 항원 분리 방법을 이용하여 추출한 후 ci-ELISA를 실시하여 그 중 가장 결합력이 높은 2개의 제품을 실험 재료로 사용하였다.

표준항원 및 항체

PSA의 표준 항원은 Sigma사(Sigma Chemical Co., USA)에서 구입하였으며 goat polyclonal-IgG는 Bethyl사(Bethyl laboratories Inc., USA)에서 구입하여 사용하였다. Anti-goat IgG peroxidase conjugate는 Sigma사(Sigma Chemical Co., USA)에서 구입하여 사용하였다.

가압가열 처리

시판 돈육 소시지를 잘게 자른 후 시험관에 20 g을 취

하였다. 소시지가 들어있는 시험관을 가압 멸균기(DW-AC 920, D.W. Industries, Korea)에 넣고 게이지압 1.5 kg/cm², 온도 121°C에서 5, 10 및 30분간 가압가열 하였다.

소시지의 주요 항원 분리

Wang 등(2002)의 방법을 인용하여 소시지에 있는 돼지고기의 PSA 획분을 분리하였다. 가압가열한 소시지를 20 g 취한 후 2배량의 0.01 M PBS(phosphate buffered saline, pH 7.3)를 가하였다. 이 액을 homogenizer(AN-7, Acc Homogenizer, Nihonseiki, Japan)로 10,000 rpm에서 1분간 균질화하고 원심분리기(Supra 30K, Hanil Scieene Co., Korea)로 16,000×g, 30분간 원심분리하였다. 이렇게 하여 얻은 상층액을 5A filter paper(Advantec, Japan)로 여과한 후 실험에 사용하였다. 단백질 농도는 BCA protein assay kit(Pierce, USA)를 사용하였으며 ELISA는 1 mg/mL, SDS-PAGE는 2 mg/mL로 보정하여 사용하였다.

효소처리

가압가열한 돈육 소시지를 추출하고 농도를 보정한 후 효소 처리하였다. 먼저 0.1 M HCl로 pH를 2로 맞춘 후 효소와 기질이 1:200의 비율로 반응하도록 펩신(Pepsin, Sigma, USA)을 첨가하고 30분 동안 반응시켰다. 0.1 M NaOH를 가하여 반응을 중지하는 동시에 pH를 7-8로 맞춘 후 1:300의 비율로 트립신(Trypsin, Sigma, USA)을 첨가하고 5, 10, 30, 60, 90 및 120분 동안 반응시켰다. 트립신 반응을 중지시키기 위해 트립신 저해제(Trypsin inhibitor from soybean, Sigma, USA)를 첨가하고 100°C에서 10분 동안 열처리하였다. 그 후 급냉하고 냉장 보관하여 실험에 사용하였다. 펩신과 트립신을 반응시킬 때에는 활성을 최적으로 하기 위하여 water bath에서 37°C를 유지하였다.

Ci-ELISA의 실험조건

시판 소시지의 항원성 변화를 알아보기 위하여 Lee 등(1998)의 방법을 변형하여 ci-ELISA를 실시하였다. 0.2 M bicarbonate coating buffer(pH 9.6)를 이용하여 PSA를 일정 농도로 희석하고 costar 96-well flat bottom plate(469957; Nunc, Kamstrupvej, Denmark)의 well에 100 µL씩 분주한 후 4°C에서 하룻밤 동안 coating시켰다. 비 특이적 반응을 막기 위해 1% gelatin 용액으로 blocking한 후 0.01 M PBS(pH 7.3)를 이용하여 항원, 항체를 일정 농도로 희석한 다음 각각 50 µL씩 분주하여 반응 시켰다. 그 다음 2차 항체와 OPD(o-phenylenediamine, Sigma Chemical Co., USA) 용액으로 반응시키고 2 M H₂SO₄로 반응을 중지시켜 ELISA reader(Model 550, Bio-rad, USA)로 흡광도(490 nm)를 측정하였다. 각 단계별 반응조건은 37°C에서 2시간이고 각 단계가 끝날 때마다 0.01 M PBST(0.01 M PBS containing

0.1%(v/v) tween 20)용액으로 4회 수세하였다.

Ci-ELISA의 titration curve

표준 항원과 1차 항체와의 최적 결합 농도를 찾기 위해 titration curve를 작성하였으며 Lee 등(1998)의 방법을 약간 변형하여 사용하였다. 즉 coating buffer(pH 9.6)에 5, 10 및 20 µg/mL로 희석된 표준항원을 well에 넣은 다음 4°C에서 하룻밤 coating 시키고 0.01 M PBS(pH 7.3)를 이용하여 희석된 1차 항체를 100 µL씩 넣었다. 이하 모든 과정은 ci-ELISA의 실험조건과 동일하였다.

Ci-ELISA의 standard curve

Ci-ELISA의 실험조건으로 표준항원을 coating 시킨 well에 0.01 M PBS(pH 7.3)를 이용하여 200 µg/mL에서 0.195 µg/mL까지 희석된 항원을 각각 50 µL씩 분주한 후 titration curve에서 결정된 항체의 희석농도로 50 µL씩 분주하였다. 이하 모든 과정은 ci-ELISA의 실험조건과 동일하며 표준 항원과 항체의 100% 결합을 위해 항체 50 µL와 0.01 M PBS(pH 7.3) 50 µL만을 well에 첨가하였으며 blank로서 0.01 M PBS(pH 7.3) 100 µL를 첨가하였다.

SDS-PAGE

Laemmli(1970)의 방법을 사용하여 SDS-PAGE를 실시하였으며 20% separating gel과 4.5% stacking gel로 구성된 SDS polyacrylamide gel을 사용하였다. 표준분자량 marker (Protein marker, BioLab, USA)의 분자량별 standard는 insulin A, B chain(2.3 kDa-3.4 kDa), aprotinin(6.5 kDa), lysozyme(14 kDa), trypsin inhibitor(20 kDa), triosephosphate isomerase(26 kDa), lactate dehydrogenase(36 kDa), MBP₂(42 kDa), glutamic dehydrogenase(55 kDa), serum albumin(66 kDa), phosphorylase b(97 kDa), β-galactosidase(116 kDa), MBP-β-galactosidase(158 kDa), myosin(212 kDa)을 사용하였다.

Immunoblotting

SDS-PAGE에 의해 분리된 단백질은 Towbin 등(1979)의 방법을 참고하여 methanol-activated polyvinylidene difluoride (PVDF) membrane에 transfer시킨 후 각 strip을 3% gelatin으로 1시간 동안 실온에서 blocking 시켰다. 1% gelatin으로 1차 항체를 1:500으로 희석시킨 후 실온에서 3시간 30분 동안 반응시키고 TBST(tris buffered saline containing 0.1%(v/v) tween 20)로 3회 세척하였다. TBST를 사용하여 1:1000으로 희석시킨 2차 항체를 넣고 실온에서 1시간 반응 시킨 후 TBST로 3회 세척하였으며, 기질로서 DAB (3,3'-Diaminobenzidine tetrahydrochloride, Sigma Chemical Co., USA) 용액을 가하여 발색시킨 다음 반응정도를 관찰하였다.

결과 및 고찰

Ci-ELISA의 titration curve

항체와 결합하는 표준항원과 goat polyclonal-IgG와의 최적 결합 농도를 찾기 위하여 titration curve를 작성한 결과 10 µg/mL의 항원이 각각의 희석 항체(0.0156-2 µg/mL)와 가장 강하게 반응하였으며 항체는 2 µg/mL일 때 각각의 희석 항원(5, 10 및 20 µg/mL)과 가장 강하게 반응하였다. 따라서 coating 항원의 농도는 10 µg/mL, 항체는 2 µg/mL로 실험에 사용하였다.

Ci-ELISA의 standard curve

10 µg/mL 농도의 항원과 2 µg/mL 희석농도의 goat p-IgG로 standard curve를 그린 결과(Fig. 1), p-IgG와 반응하는 PSA의 농도는 다음의 식으로 구할 수 있었다.

$$x = e^{\left(\frac{2.6998-y}{0.5373}\right)}$$

x = p-IgG와 반응하는 PSA의 농도
y = absorbance value

이 때 p-IgG와 반응하는 PSA의 최적 검출 농도 범위는 3.125에서 100 µg/mL이었으며 오차 범위는 $p \leq 1$ 이었다.

가압가열 처리에 의한 시판 돈육 소시지의 항원성 변화

가압가열 처리에 의한 시판 돈육 소시지의 항원성 변화를 알아보기 위하여 ci-ELISA를 실시한 결과(Fig. 2), A와 B사 제품의 항체와의 결합력이 각각 30% 및 23% 이하로 크게 감소하였으며 처리시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 특히 30분 처리구의 경우 두 제품 모두

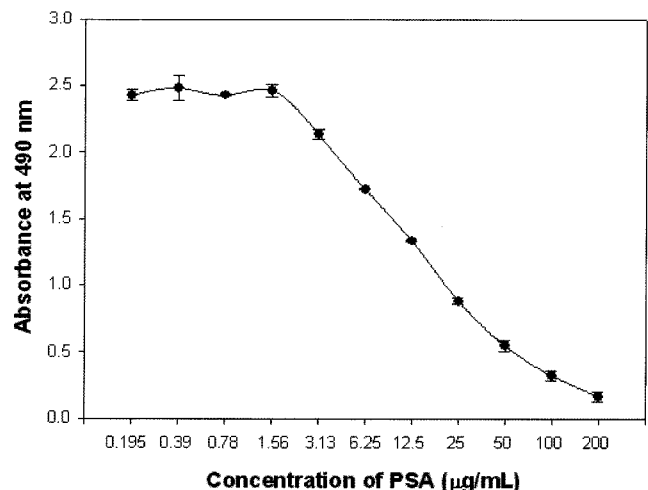


Fig. 1. Standard curve of goat p-IgG to PSA by ci-ELISA. PSA was used as a coating antigen. Goat p-IgG was used for capturing PSA was serially diluted from 200 to 0.195 µg/mL.

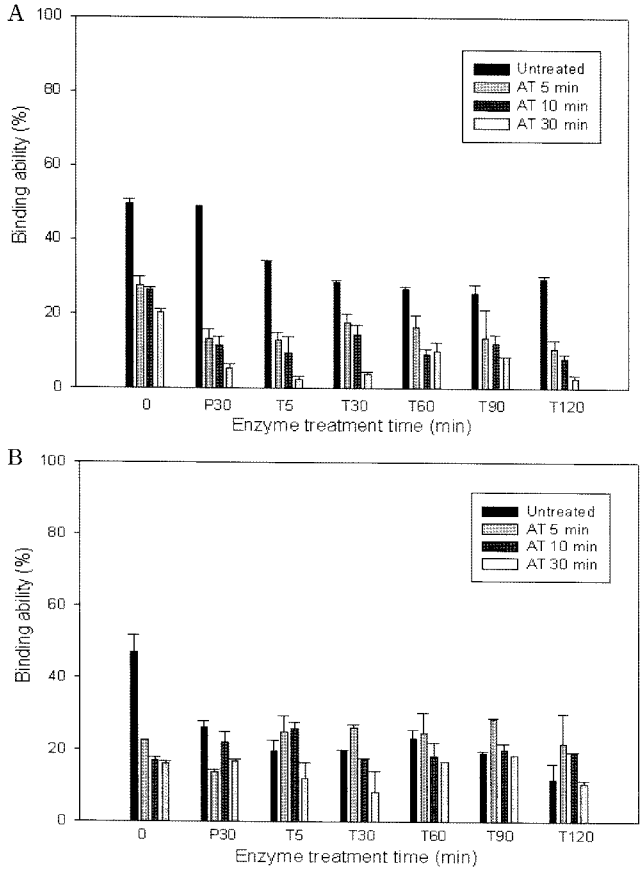


Fig. 2. Binding ability of goat p-IgG to PSA from pork sausage (A, B; different sausages) treated with pepsin (p) and trypsin (T) after autoclave treatment (AT). The binding ability was measured by ci-ELISA. Binding ability = Bt/Box100. Bt: binding ability of PSA from pork sausage treated with pepsin and trypsin after autoclave treatment, Bo: binding ability of pork extracts.

에서 20% 이하의 가장 낮은 결합력을 나타내었다. SDS-PAGE 결과에서도 두 제품 모두 5분 가압가열 처리에 의해 PSA band가 약화되었으며(Fig. 4(a), lane 3) 10 및 30분 처리 시에는 PSA band가 저분자 펩타이드로 많이 분해되었다(Fig. 5, 6(a), lane 3). Immunoblotting 결과에서는 두 제품 모두 무처리구의 PSA band가 항체와 반응하였지만 가압가열 처리 후에는 항체와 반응하지 않았다(Fig. 3-6(b), lane 2). 식품소재 단백질의 대다수는 구상 단백질이며 원형의 구상 단백질을 수용액을 가열하면 분자내부에 묻혀 있던 소수성 펩타이드 체인이 분자 표면에 노출하게 된다. 압력에 의해서도 단백질의 입체구조는 붕괴하게 되는데(Son, 1997) 이러한 PSA의 구조 변화에 의해서 항체가 PSA의 epitope를 인식하지 못한 것으로 사료된다. Han 등(2006)은 120°C 열처리에 의해 우유의 주요 항원인 BSA와 BGG의 band가 전기영동상에서 대부분 소실되었다고 하였다. 또한 Lee 등(2004)은 소, 돼지와 닭 등의 축산물이 가열처리에 의해 항원성이 크게 저감화된다고 하였으며 Katayama법으로 알레르기 감소를 살펴본 결과 가압

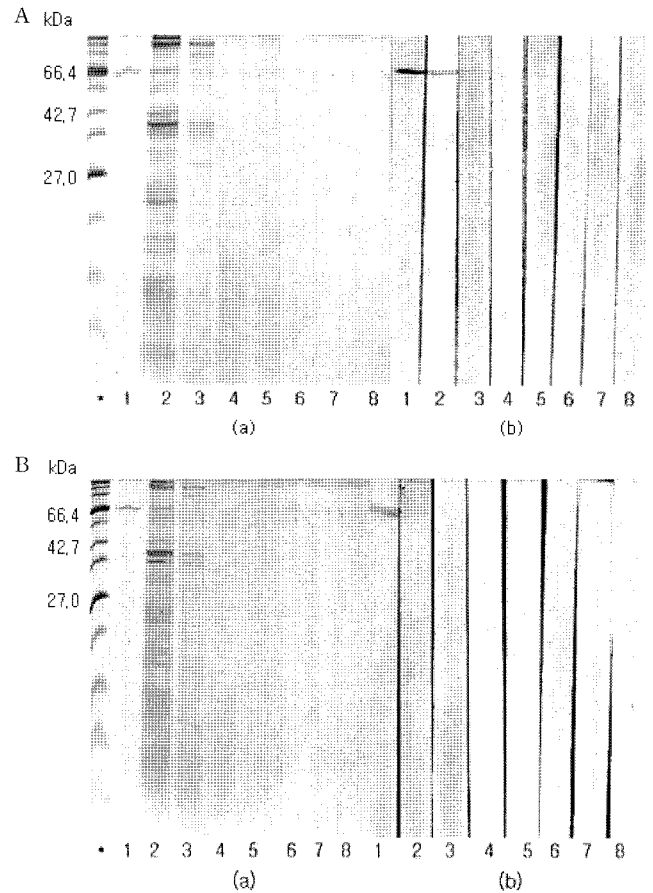


Fig. 3. SDS-PAGE (a) and Immunoblotting (b) of PSA from pork sausage (A, B; different sausages) treated with pepsin and trypsin. Samples are (*) protein marker, (1) PSA, (2) untreated pork sausage, (3) pepsin 30 min, (4) trypsin 5 min, (5) trypsin 30 min, (6) trypsin 60 min, (7) trypsin 90 min, (8) trypsin 120 min.

가열 처리(121°C, 30분)에 의해 돼지고기 알레르기가 억제되었다고 하여 본 연구결과와 일치함을 확인하였다.

가압가열 처리한 시판 돈육 소시지의 항원성에 미치는 소화효소의 영향

가압가열 처리에 의한 돈육 소시지의 항원성 저감화를 확인한 후 돈육 소시지의 감소된 항원성이 체내에서 소화, 흡수 후 변화하여 알레르기 반응을 유발하는지 알아보려고 하였다. 이에 가상의 소화모델 시스템을 만들기 위하여 위와 소장에서 단백질을 소화하는 주요 효소인 펩신 및 트립신을 *in vitro* 상에서 소시지에 처리한 후 항원성 변화를 살펴보았다. Ci-ELISA를 실시하여 PSA와 p-IgG와의 결합력을 살펴본 결과 A 제품의 경우 5, 10 및 30분 가압가열 처리구가 펩신 및 트립신 처리에 의해 결합력이 약 20% 이하로 크게 감소하였으며 특히 가압가열 30분 처리구는 약 10% 이하의 가장 낮은 결합력을 나타내었다(Fig. 2, A). B 제품은 가압가열 30분 처리구의 경우 소화 효소 처리 후에도 감소하는 경향을 보였으며 트립신 120

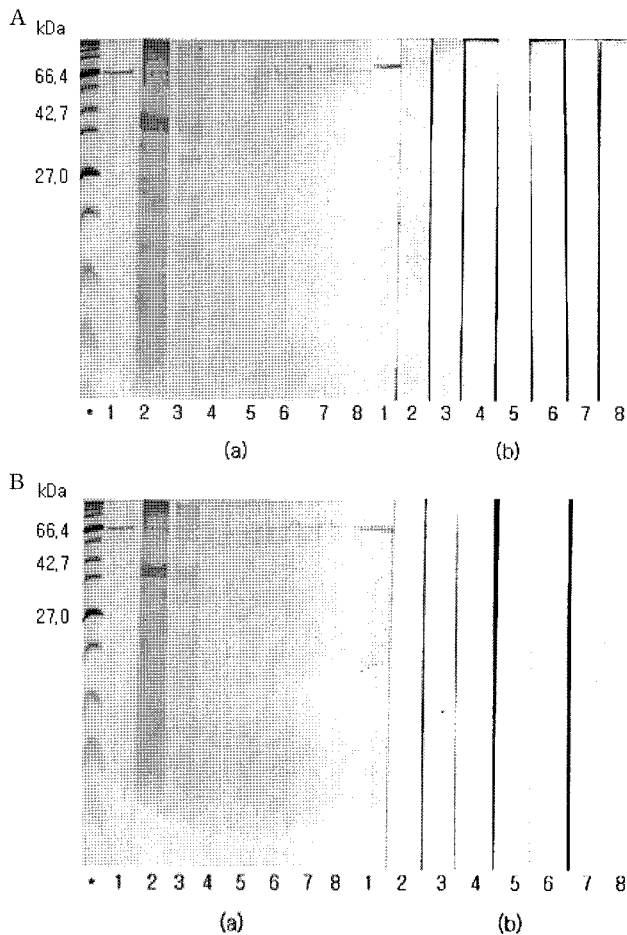


Fig. 4. SDS-PAGE (a) and Immunoblotting (b) of PSA from pork sausage (A, B; different sausages) treated with pepsin and trypsin after autoclave treatment (121°C, 5 min). Samples are (*) protein marker, (1) PSA, (2) autoclave treated pork sausage, (3) pepsin 30 min, (4) trypsin 5 min, (5) trypsin 30 min, (6) trypsin 60 min, (7) trypsin 90 min, (8) trypsin 120 min.

분 처리에 의해 약 10% 이하로 결합력이 감소하였다(Fig. 2, B). 하지만 두 제품 모두 효소 시간에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. SDS-PAGE 결과에서는 A 제품의 경우(Fig. 4-6, A(a)) 모든 가압가열 처리구가 펩신 처리에 의해 66 kDa band가 약화되었으며 42 kDa 이하의 저분자 펩타이드로 많이 분해되었다. 10분과 30분 가압가열 처리구는 트립신 처리에 의해 PSA band가 거의 소실되었다. B 제품의 가압가열 처리구는(Fig. 4-6, B(a)) 효소처리에 의해 PSA band가 더욱 약화되었으며 특히 가압가열 30분 처리구의 PSA band는 트립신 처리 후 거의 소실되었다. Immunoblotting 결과에서는 A 제품의 경우(Fig. 3-6, A(b)) 무처리구의 PSA band가 펩신 30분 처리까지 항체와 다소 강하게 반응하였지만 가압가열과 효소처리 후에는 항체와 반응하지 않았으며 B 제품은(Fig. 3-6, B(b)) 효소처리에 의해 모든 실험구가 항체와 반응하지 않았다. 이와 같은 결과는 펩신 및 트립신이 가압가열처리로 변성된 PSA의

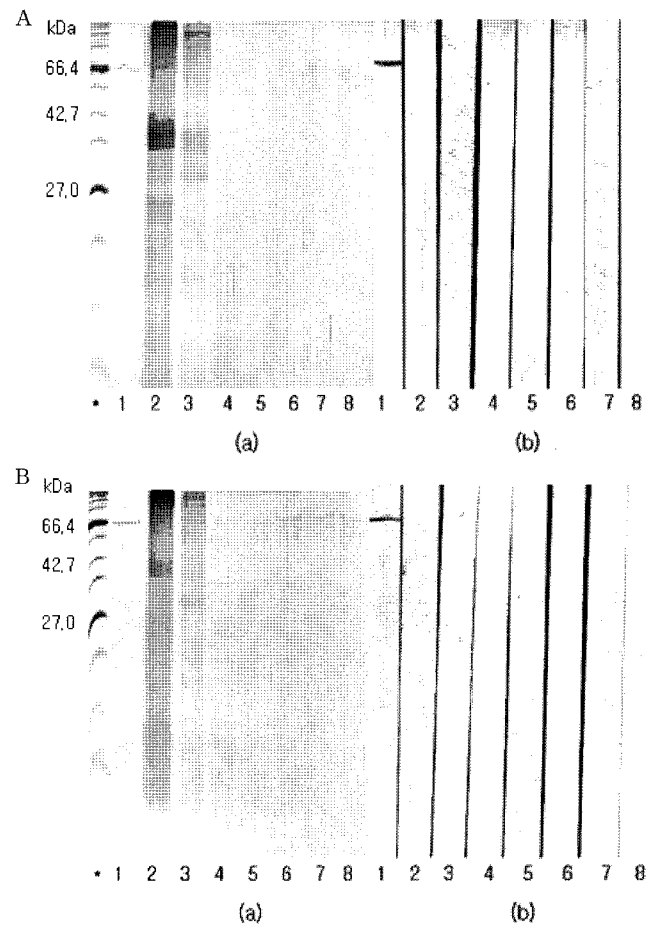


Fig. 5. SDS-PAGE (a) and Immunoblotting (b) of PSA from pork sausage (A, B; different sausages) treated with pepsin and trypsin after autoclave treatment (121°C, 10 min). Samples are (*) protein marker, (1) PSA, (2) autoclave treated pork sausage, (3) pepsin 30 min, (4) trypsin 5 min, (5) trypsin 30 min, (6) trypsin 60 min, (7) trypsin 90 min, (8) trypsin 120 min.

구조에 더 쉽게 작용하였기 때문에 나타난 것으로 사료된다. Yang 등(1990)은 우육 추출물에 열처리(121°C, 5, 10 및 15분)한 후 SDS-PAGE를 실시한 결과 5분 처리구에서 myosin heavy chain과 같이 분자량이 큰 단백질들의 band 강도가 크게 약화되었으며 가열처리시간이 증가함에 따라 band 강도가 더욱 약화되었다고 보고하였다. 또한 같은 조건으로 가열한 우육추출물을 트립신 처리하였을 때 myosin 분자 등의 중합체가 완전히 소화되었다고 하였으며 Rhee 등(1981)도 가열처리가 단백질의 소화성을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. Takagi 등(2003)은 가열처리한 BSA가 *in vitro* 상의 SGF(simulated gastric fluid) 처리에 의해 무처리구보다 높은 소화성을 나타내었으며 안정한 3.9 kDa band도 사라졌다고 하였다. 따라서 가압가열 처리한 소시지는 소화효소 처리 후에도 항원성이 증가하지 않고 오히려 감소하는 경향을 나타내어 돼지고기의 항원성 감소에 가압가열 처리법이 효과적임을 확인하였다.

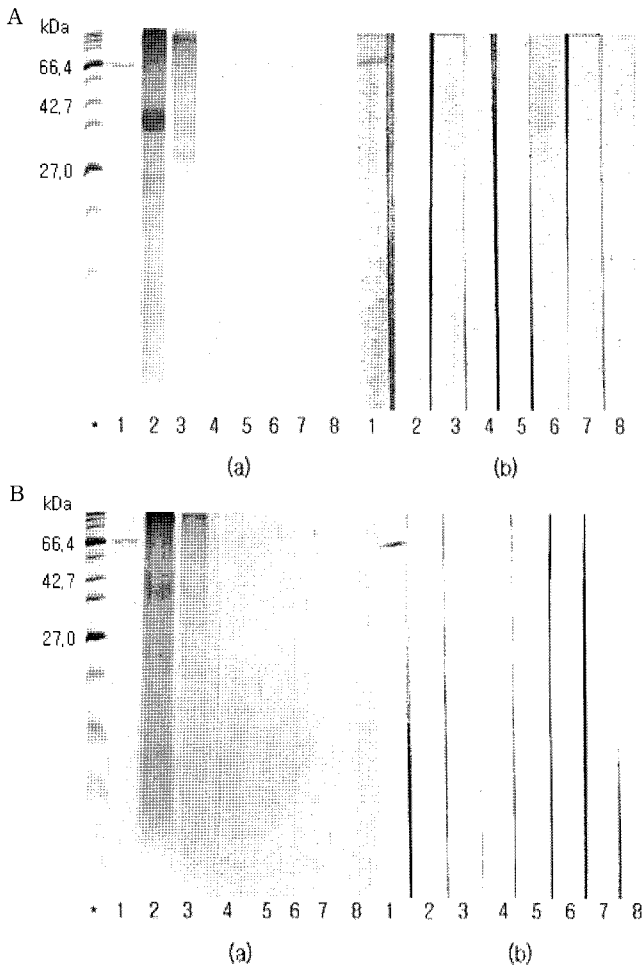


Fig. 6. SDS-PAGE (a) and Immunoblotting (b) of PSA from pork sausage (A, B; different sausages) treated with pepsin and trypsin after autoclave treatment (121°C, 30 min). Samples are (*) protein marker, (1) PSA, (2) autoclave treated pork sausage, (3) pepsin 30 min, (4) trypsin 5 min, (5) trypsin 30 min, (6) trypsin 60 min, (7) trypsin 90 min, (8) trypsin 120 min.

요 약

시판 돈육 소시지에 가압가열 처리를 하고 펩신 및 트립신을 처리한 후 ci-ELISA, SDS-PAGE 및 immunoblotting을 실시하여 시판 돈육 소시지의 항원성 변화를 살펴본 결과는 다음과 같다. A와 B 제품 소시지는 가압가열 처리에 의해 항체와의 결합력이 각각 30%, 23% 이하로 크게 감소하였다. SDS-PAGE 결과에서도 두 제품 모두 5분간 가압가열 처리에 의해 PSA band가 약화되었으며 10분 및 30분 처리 시에는 PSA band가 저분자 펩타이드로 많이 분해되었다. Immunoblotting 결과에서는 두 제품 모두 무처리구의 PSA band가 항체와 반응하였지만 가압가열 처리 후에는 항체와 반응하지 않았다. 가압가열 처리에 의한 돈육 소시지의 항원성 저감화를 확인한 후 소화효소가 감소된 시판 소시지의 항원성에 미치는 영향을 살펴보았다. Ci-ELISA를 실시하여 PSA와 p-IgG와의

결합력을 살펴본 결과 A 제품의 경우 5, 10 및 30분 가압가열 처리구가 펩신 및 트립신 처리에 의해 결합력이 약 20% 이하로 크게 감소하였으며 특히 가압가열 30분 처리구는 약 10% 이하의 가장 낮은 결합력을 나타내었다. B 제품은 가압가열 30분 처리구의 경우 소화효소 처리 후에도 감소하는 경향을 보였으며 트립신 120분 처리에 의해 약 10% 이하로 결합력이 감소하였다. SDS-PAGE 결과에서는 A 제품의 경우 모든 가압가열 처리구의 PSA band가 펩신 처리 시 저분자 펩타이드로 많이 분해되었으며 10 및 30분 가압가열 처리구의 경우 PSA band가 트립신 처리에 의해 거의 소실되었다. B 제품의 가압가열 처리구는 효소처리에 의해 PSA band가 더욱 약화되었으며 특히 가압가열 30분 처리구의 PSA band는 트립신 처리 후 거의 소실되었다. Immunoblotting 결과에서는 A 제품의 경우 무처리구의 PSA band가 펩신 30분 처리까지 항체와 다소 강하게 반응하였지만 가압가열과 효소처리 후에는 항체와 반응하지 않았으며 B 제품은 효소처리에 의해 모든 실험구가 항체와 반응하지 않았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 돈육 시판 소시지는 가압가열 처리에 의해 항원성이 크게 감소하였으며 소화효소 처리 후에도 항원성이 증가하지 않고 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 가압가열 처리한 돈육 소시지는 섭취 후 소화, 흡수 시에도 항원성이 감소하므로 가압가열 처리가 돼지고기 알레르기 저감화에 효과적인 방법임을 확인하였다.

참고문헌

1. Battais, F., Pineau, F., Popineau, Y., Aparicio, C., Kanny, G., Guerin, L., and Moneret-Vautrin, D. (2005) Food allergy to wheat products : the effect of bread baking and *in vitro* digestion on wheat allergenic proteins. A study with bread dough, crumb, and crust. *Clin. Exp. Allergy* **33**, 962-970.
2. Bock, S. A. and Atkins, F. M. (1989) The natural history of peanut allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.* **83**, 900-904.
3. Cho, S. H., Jung, S. A., Song, E. J., Lee, S. Y., Kim, K. B. W. R., Park, J. G., Park, S. M., and Ahn, D. H. (2006) Effect of improvement of storage properties and reducing of sodium nitrate by glycyrrhiza uralensis and curcula longa in pork sausage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 997-1004.
4. Cho, E. D., Kim, D. S., and Jung, K. H. (2001) Identification of the chicken meat allergens. *J. Appl. Pharmacol.* **9**, 7-14.
5. Choi, S. J., Hur, G. Y., Shin, S. Y., and Park, H. S. (2007) A case of adult onset cow's milk allergy presenting beef and park meat allergy. *Korean J. Asthma Allergy Clin. Immunol.* **27**, 200-203.
6. Chung, H. J., Park, J. H., Kim, J. H., Kim, Y. O., Chung, S. T., Kim, J. H., Cho, E. D., Cho, D. H., Noh, G. W., and Kim, D. S. (2001) Identification of allergens in pork meat. *J. Pharm. Korea* **45**, 39-45.
7. Halken, S. (1997) Prevention of foo allergy. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **4**, 149-156.

8. Han, G. D., Fan, J. P., and Suzuki, A. (2006) Changes of SDS-PAGE pattern and allergenicity of BSA and BGG in beef extract treated with heat and high pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 594-599.
9. Kim, D. W., Kim, D. W., Choe, H. S., Ahn, C. N., Jeong, S. G., Ham, J. S., and In, Y. M. (2003) Reduction of antigenicity of bovine casein by microbial enzymes. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* **21**, 97-104.
10. Kim, K. E., Jeoung, B. J., and Lee, K. Y. (1995) The incidence and principal foods of food allergy in children with asthma. *Pediatr. Allergy Respir. Dis.* **5**, 96-105.
11. Kwan, K. W., Rhee, S. K., Kim D. S., and Lee, O. H. (2002) Nutritional evaluation and physico-chemical changes of emulsified sold at korean markets during storage at 10°C. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **22**, 294-300.
12. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.
13. Lee, B. O., Chang, O. K., and Oh, D. K. (2000) Evaluation of allergenicity for fish and method for reduction of allergenicity by food technological treatment. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **20**, 114-124.
14. Lee, B. O., Heo, M. Y., Chang, O. K., and Kim, T. H. (2004) Hypoallergenic method of livestock products. Proceed. Korean Soc. Food Sci. of Ani. Res. Conference, Seoul, Korea, pp. 1-19.
15. Lee, J. W., Park, J. H., Kim, S. B., Kim, C. J., Hyun, C. K., and Shin, H. K. (1998) Application of competitive indirect enzyme-linked immunosorbent assay (Ci-ELISA) for monitoring the degree of frozen denaturation of bovine myosin. *Int. J. Food Sci. Technol.* **33**, 401-410.
16. Lee, J. W., Yook, H. S., Cho, K. H., Kim, M. R., Kim, C. J., and Byun, M. W. (2001) Effects of heat treatment on the antigenicity of gamma-irradiated egg white albumin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 848-853.
17. Maruyama, N., Ichise, K., Katsube, T., Kishimoto, T., Kawase, S., Matsumura, Y., Takeuchi, Y., Sawada, T., and Utsumi, S. (1998) Identification of major wheat allergens by means of the *Escherichia coli* expression system. *Eur. J. Biochem.* **255**, 739-745.
18. Opara, E. I., Oehlschlager, S. L., and Hanley, A. B. (1998) Immunoglobulin E mediated food allergy. Modelling and application of diagnostic and predictive tests for existing and novel foods. *Biomarkers* **3**, 1-19.
19. Philippe A. and Eigenmann D. D. (2004) Egg Allergy : immunological and Clinical Aspects. *Pediatr. Allergy Respir. Dis.* **14**, 111-118.
20. Rhee, K. S. and Rhee, K. C. (1981) Nutritional evaluation of the protein in oilseed products heated with sugars. *J. Food Sci.* **46**, 164-168.
21. Ryu J. H., Lee, J. M., and Shon, D. H. (2000) Changes in the antigenicity of chicken egg white by the treatments of protease, trifluoromethanesulfonic acid, heat, and NaOH. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 720-725.
22. Sampson, H. A. and McCaskil, C. C. (1985) Food hypersensitivity and atopic dermatitis : evaluation of 113 patients. *J. Pediatr.* **107**, 669-675.
23. Sampson, H. A. and Ho, D. G. (1997) Relationship between food-specific IgE concentration and the risk of positive food challenges in children and adolescent. *Allergy. Clin. Immunol.* **100**, 444-451.
24. Shimakura, K., Tonomura, Y., Hamada, Y., Nagashima, Y., and Shiomi, K. (2005) Allergenicity of crustacean extractives and its reduction by protease digestion. *Food Chem.* **91**, 247-253.
25. Shin, M. Y., Han, Y. S., Park, H. Y., Ahn, Y. H., Chung, E. H., Ahn, K. M., and Lee, S. I. (2004) Cow`s milk protein-specific IgE concentrations in two age groups of children with cow`s milk allergy. *Pediatr. Allergy Respir. Dis.* **14**, 207-214.
26. Son, K. H. (1997) Use of high pressure to food industry. Proceed. Korean Soc. Food Sci. of Ani. Res. Conference, Seoul, Korea, pp. 105-118.
27. Takagi, K., Teshima, R., Okunuki, H., and Sawada, J. I. (2003) Comparative study of in vitro digestibility of food proteins and effect of preheating on the digestion. *Biol. Pharm. Bull.* **26**, 969-973.
28. Towbin, H. T., Staehelin, T., and Gordon, J. (1979) Electrophoretic transfers of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets : procedure and some applications. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **76**, 4350-4354.
29. Wal, J. M. (2001) Structure and function of milk allergens. *Allergy* **56**, 35-38.
30. Wang, C. H., Kou, S. K., and Chen, H. L. (2002) Porcine serum albumins sandwith ELISA for determining the cooking temperature of cured ground pork. *Taiwanese J. Agric. Food Chem.* **40**, 197-204.
31. Watanabe, M., Suzuki, T., Ikezawa, Z., and Arai, S. (1994) Controlled enzymatic treatment of wheat proteins for production of hypoallergenic flour. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **58**, 388-390.
32. Yang, J. B., Yoon, W. H., Ko, M. S., and Kim, C. H. (1990) Electrophoretic patterns of myofibrillar proteins by sugar addition and heat treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 640-645.
33. Yunginger, J. W., Sweeney, K. G., Sturner, W. Q., Giannandrea, L. A., Teigland, J. D., Bray, M., Benson, P. A., York, J. A., Biedrzycki, L., and Squillace, D. L. (1988) Fatal food-induced anaphylaxis. *J. Am. Med. Assoc.* **260**, 1450-1452.

(Received 2009.1.19/Revised 2009.3.27/Accepted 2009.4.2)