KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 32, No. 3, pp. 720~725(2000)

효소, Trifluoromethanesulfonic Acid, 열, 및 NaOH 처리에 의한 계란 난백의 항원성 변화

류주현 · 이종미 · 손동화*
이화여자대학교 식품영양학과, *한국식품개발연구원

Changes in the Antigenicity of Chicken Egg White by the Treatments of Protease, Trifluoromethanesulfonic Acid, Heat, and NaOH

Ju-Hyune Ryu, Jong-Mee Lee and Dong-Hwa Shon*
Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University,
**Korea Food Research Institute*

Abstract

To reduce the antigenicity of egg white (EW), EW was treated with several proteolytic enzymes, trifluoromethanesulfonic acid (TFMS), heat, and NaOH. Competitive indirect enzyme-linked immunosorbent assay (ciELISA), using rabbit anti-EW antibody, was performed to examine the antigenicity of the treated EW's. Enzymatic hydrolysis gave no good effect on the reduction of the antigenicity of EW. Neither did the pretreatment with γ-irradiation before the hydrolysis reduce the antigenicity. TFMS treatment removed the antigenicity of EW. The antigenicity of EW heated at 120°C for 30 min or treated with NaOH at 0.3% (w/v) and more, decreased to less than 1/10,000 as compared with that of native EW. The combinatory treatment with NaOH, followed by heat at 70°C for 15 min had a synergic effect on the reduction of the antigenicity of EW.

Key words : chicken egg white, antigenicity, enzyme-linked immunosorbent assay, heat, NaOH

서 론

최근 환경오염 및 식생활양식의 변화에서 비롯한 각종 알레르기의 발증빈도가 점차 증가하고 있다. 이 중에서도 식품 섭취에 의한 알레르기는 그 심각성을 날로 더해가고 있는데, 우리나라의 경우, 식품 알레르기 유병율이 11.4%(남자 9.7%, 여자 12.9%)에 달하고 있다[1]. 이러한 식품알레르기는 특히 영유아 및 소아에게서 많이 발견되고 있는데[2], 그 증상은 설사, 구토, 복통, 습진, 두드러기, 아토피성 피부염, 기관지 천식에서부터 전신성의 anaphylactic shock에 이르기까지 다양하며, 때로는 치명적 질환으로 심하면 사망에 이르게 된다[2,3].

계란은 이러한 알레르기를 유발하는 대표적인 식품이지만, 우수한 단백질 공급원이라는 영양적 가치와 저렴한 가격으로 인해, 일반 식단이나 상업적 가공 식품에서 중요한 식품소재로 자리잡고 있으므로, 그 섭취를 배제하기 어렵다. 따라서, 계란 알레르기의 특성 규명 및 알레르기를 저감화 시킨 계란 소재의 개발이 절실히 요구되고 있으며, 이에 대한 연구가 다각적으로 시도된 바 있다[4-12]. 계란은 난황과 난백으로 이루어져 있는데, 알레르기를 일으키는 원인물질(allergen)은 난백중의 단백질로 알려져 있다[3]. 난백 단백질은 ovalbumin(OA), conalbumin, ovomucoid(OM), lysozyme 등으로 구성되어 있는데[3,13,14], 이들 중에서도 OA(난백단백질의 54%)와 OM(난백단백질의 11%)이 가장 강력한 allergen이다[3,14]. 열에 의한 단백질 변성을 이용함으로써 계란의 항원성을 감소시키고자하는 연구는 오래전부터 시도되어 왔는데, 이런 방법에 의한 항원성 변화는 열을 가해준 시간과 그 온도에 따라 다양한 결과를 나타내었다[4-9]. Disulfide bond의 reduction과 alkylation은 면역화학적 특성을 변화시키지만[8], cyanogen bromide cleavage는 그 항원성에 영향을 주

Corresponding author : Dong-Hwa Shon, Korea Food Research Institute, 46-1, Backhyun-Dong, Bundang-Gu, Songnam 463-420, Korea
Tel : 82-342-780-9133
Fax : 82-342-709-9876
E-mail : dhs95@kfri.re.kr

지 못하는 것으로 보고되었다[10]. NaOH처리와 succinic anhydride 처리가 계란의 항원성을 효과적으로 감소시킨다는 보고도 있었으며[11], papain과 pepsin에 의한 가수분해는 난백 구성물질의 항원성 저하에 효과적이지 못함이 알려져 있다[8,9,12].

이런 연구결과들에도 불구하고, 아직까지 계란 알레르기 대응소재 개발에 큰 진전이 없는 까닭은, 계란이 가진 protease inhibitor activity와 난백내에 있는 당쇄들, 열에 강한 OM 그리고, papain이나 trypsin 등의 효소작용에 저항성이 큰 lysozyme 등[13,14]으로 인해 계란이 가지는 알레르기성을 저하시키기가 쉽지 않기 때문이며, 국내에서는 이에 대한 연구가 거의 이루어지고 있지 않는 실정이다.

이에 본 연구에서는 계란 알레르기 저감화 소재의 자체 기술개발을 위한 기초자료로 활용하기 위해, 먼저 계란 중 알레르기를 일으키는 중요 원인물질(allergen)인 난백(Egg White, EW)에 여러 가지 처리를 실시하여 그 항원성의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 계란은 '알짜란'(제일제당)을 사용하였으며, 분말 난백(egg white powder, EWP)은 SKM Egg Products Export Limited(India) 제품을 사용하였다. Succinic anhydride(SA) 및 trifluoromethane-sulfonic acid(TFMS)는 Sigma Co. 제품을 사용하였다. 난백 분해효소인 bromelain, papain, ficin, trypsin, pancreatin, pepsin 및 *Aspergillus oryzae* 유래의 protease, *Streptomyces caespitosus* 유래의 protease, *Bacillus polymyxa* 유래의 protease들은 Sigma Co. 제품을 사용하였고, Flavourzyme은 (주)대종, Protease NP는 (주)태평양 제품을 사용하였다.

특이항체의 생산

난백에 대한 특이 항체 생산을 위하여, 계란에서 난백을 분리해내고, 균질화(<8,000 rpm, 1 min) 시킨 후 70 mesh 체로 걸러 알끈을 제거한 난백을 phosphate buffered saline(PBS : 0.01 M phosphate buffer with 0.138 M NaCl, 0.0027 M KCl)에 1 mg/mL로 섞은 후 Freund's Complete Adjuvant와 1 : 1로 혼합한 다음 Micro-mate® interchangeable syringe를 이용하여 유탁액을 만들고 이를 2마리 토끼의 발바닥과 등에 각각 1 mL(0.5 mg/head)씩 피하 주사하여 면역하였다. 2차부터 5차까지의 추가면역은 2주 간격으로 실시하였고, Freund's incomplete adjuvant를 사용하여 유탁액을 제조하였다. 매 면역후 1주일 뒤에 토끼 귀의 정맥에서 채혈하였고 1, 2차는 10 mL, 3, 4, 5차는 약 100 mL 정도를 채혈하였다. 각각의 혈액을 1시간 정도 상온에 방치하고 이를 하루 동안 냉장고에 보관한 후 항 혈청을 분리하여 1 mL씩 microcentrifuge tube에 분주하고 sodium azide를 0.02%되게 첨가하여 -70°C에 보관하면서 필요할 때 꺼내어 사용하였다.

간접 비경합 ELISA

항체가의 측정은 간접 비경합 ELISA법으로 실시하였다. 항원을 coating하기 위하여, 면역원으로 사용한 난백을 coating buffer(TRIZMA® PRE-SET CRYSTALS (tris hydroxymethyl) aminomethane, 0.05 M, pH 9.0)에 2 ug/mL로 희석한 후, 100 uL를 microplate well에 각각 분주하여 냉장고에서 하룻밤 정치하였다. 이것을 washing buffer(phosphate buffered saline with Tween 20, PBST; 0.01 M phosphate buffer with 0.138 M NaCl, 0.0027 M KCl, 0.05% Tween 20)로 세 번 세척한 다음 물기를 완전히 제거하였다. 여기에 일정한 배수로 희석한 항난백 혈청을 100 ul씩 처리하여 3반복으로 1시간 동안 상온에서 반응시키고 다시 washing buffer로 위와 같은 방법으로 세척하고 여기에 일정한 배수로 희석한 goat anti-rabbit IgG-HRP conjugate 100 uL를 1시간 동안 상온에서 반응시켰다. 여기에 100 uL의 기질 용액(0.01% TMB in phosphate-citrate buffer pH 5.O, 0.001% H_2O_2, 사용 직전에 준비)으로 상온에서 30분 동안 발색시키고 2 M H_2SO_4를 50 uL씩 넣어 발색 반응을 정지한 후 450 nm에서의 흡광도를 precision microplate reader(Emax, Molecular Devices)로 측정하였다. 항체가를 측정한 결과 2번 토끼의 4차 채혈한 항혈청이 가장 높은 항체가를 나타내 이를 다음 실험에 사용하였다.

효소 처리

난백의 분해효소는 식물성 효소로 bromelain(pH 4.5, 45°C), papain(pH 6.2, 30°C), ficin(pH 7.0, 37°C), 동물성 효소로 trypsin(pH 7.6, 25°C), pancreatin(pH 7.5, 40°C), pepsin(pH 2.0, 37°C), 미생물성 효소로 *Aspergillus oryzae* 유래의 protease(pH 7.5, 37°C), *Streptomyces caespitosus* 유래의 protease(pH 7.5, 37°C), *Bacillus polymyxa* 유래의 protease(pH 7.5, 37°C)를 사용하였다. 난백은 Ultra turrax T25(Germany)로 균질화(<8,000 rpm, 1 min) 시킨 후, 70 mesh 체로 걸러 알끈을 제거하였다. 0.1 N HCl로 각 효소 활성의

최적 pH를 맞춘 후, 증류수로 약 6%(w/v) 단백질 농도가 되게 만들었다. 이 난백 용액에 난백 단백질의 1%(w/w)에 해당하는 효소를 첨가하여 균질화(<8,000 rpm, 5 sec)한 후, 각 효소 활성의 최적 온도로 water bath에서 24시간 반응시켰다(80 spm). 효소반응의 중단은 90°C에서 10분 동안 열처리하였다. PBS를 사용하여 효소 처리한 난백을 1%(w/v) 단백질 농도로 희석하고, 균질화(<8,000 rpm, 10 sec)시킨 다음, table top centrifuge(Hanil Science, MF-80)로 원심분리 (3,000 rpm, 10 min)하였다. 상징액을 취하여, 농도 보정 후 ELISA를 실시하였다.

방사선 조사

분말 난백을 PBS에 5%(w/v) 농도로 녹인 후, 한국원자력 연구소에서 Co-60을 사용하여, 공기 중에서 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20 kGy로 방사선 조사하였다. ELISA를 실시하여 항원성 변화를 알아 본 후, 이들 처리물 중 10kGy로 조사한 난백에 Flavourzyme과 Protease NP 효소를 이용하여 위의 가수분해 방법으로 처리하였다. 이 가수분해물은 농도 보정 후 ELISA 실시하였다.

TFMS 처리

TFMS 2 mL과 anisole 1 mL을 teflon으로 coating된 glass tube에 넣고 혼합한 후, 0°C로 식혔다. 10 mL reactivial에 분말 난백 30 mg과 anisole-TFMS mixture 3 mL을 넣은 후, 질소가스로 30초 동안 치환하였다. 이 혼합물을 stirring하면서 0°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 2배 부피의 차가운 diethyl ether(-40°C)를 위의 혼합물에 넣어 잘 섞어준 후 상온에서 방치하여 ether phase를 제거한 다음, 다시 diethyl ether를 첨가하여 ether phase 제거를 2회 더 반복하였다. 반응물을 증류수로 투석한 후, table top centrifuge(Hanil Science, MF-80)로 원심분리(3,000 rpm, 10 min)하여 상징액을 취하고, 농도 보정 후 ELISA를 실시하였다.

열처리

동결 건조된 분말 난백을 증류수에 녹여 1%(w/v) 단백질 농도로 조절한 후, water bath에서 60, 80, 100°C로 30분간 처리하는 한편, 다른 하나의 시료는 autoclave(121°C, 30분)하여 처리하였다.

NaOH 처리

분말 난백을 증류수에 녹여 5%(w/v) 단백질 농도로 조절한 후, NaOH를 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3%(w/v) 농도로 첨가하여, 50°C shaking water bath에서 2시간동안 반응시키고, 그 중 일부는 증류수로 투석하여, 농도 보정 후 바로 ELISA를 실시하였다. 나머지 일부는 water bath에서 70°C 15분간 열처리한 후, 증류수로 투석하여 ELISA를 실시하였다.

SA 처리

동결 건조된 EWP를 0.1 M carbonate buffer(pH 8.5)에 녹여 10%(w/v) 단백질 농도로 만든 후, pH 8.5로 조절하면서, SA를 서서히 첨가하여 1%(w/v) SA 농도로 만든 후 증류수에 투석하였다. 처리한 시료는 농도 보정 후 ELISA를 실시하였다.

항원성 조사 방법

항원성 조사는 간접 경합 ELISA(competitive indirect ELISA: ciELISA)를 이용하였는데 2 ug/mL 난백 면역원 100 uL로 coating한 microplate에 항체와 단계별 (10^{-3}~10^{3} mg/mL)로 희석한 난백처리물의 1 : 1 혼합액을 각 well 당 100 uL 씩 넣어 1시간 반응시키고, 이후 반응은 간접 비경합 ELISA와 같은 방법으로 실시하였다. 한편, 난백 처리물의 항원성 변화를 검토하기 위하여 먼저 처리전 난백의 IC_{50}값과 처리후 난백의 IC_{50}값을 각각 구하였다. 다음으로 전자를 후자로 나누어서 구한 상대적인 반응성(reactivity)으로서 항원성 변화 정도를 비교하였다.

$$\text{반응성} = \frac{\text{처리전 난백의 } IC_{50}}{\text{처리후 난백의 } IC_{50}}$$

단백질 정량

단백질 정량은 Lowry법을 보완한 bicinchoninic acid (BCA) 정량법을 사용하였다. 표준물질은 bovine serum albumin을 사용하였으며, Jasco v-550(SSE-343, Japan)의 분광광도계를 이용하여 흡광도 592 nm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

효소 처리에 의한 항원성 변화

효소처리는 그 처리조건이 까다롭지 않고, 화학물질과 달리 안전성이 보장되므로, 단백질의 modification에 많이 이용되고 있다. 식물성 효소, 동물성 효소, 및 미생물성 효소로 난백을 가수분해한 후, SDS-PAGE를 실시하였다(Fig. 1). 그 결과 효소처리하지 않은 난백에 비하여 효소처리 후에는 난백이 어느 정도 분해되

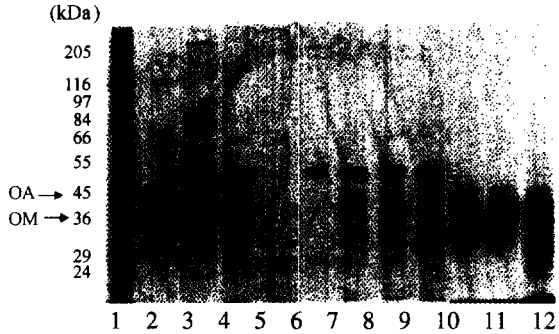

Fig. 1. SDS-PAGE of egg white (EW) hydrolysates on 10% polyacrylamide gel.
EW was hydrolyzed by botanical, animal, and microbial proteases for 24 hr at each optimal pH and temperature. Enzyme concentration was 1% of egg white protein. Lane 1, molecular weight marker; lane 2, ovomucoid; lane 3, egg white; lane 4, bromelain; lane 5, papain; lane 6, ficin; lane 7, protease from *Aspergillus oryzae*; lane 8, protease from *Streptomyces caespitosus*; lane 9, protease from *Bacillus polymyxa*; lane 10, trypsin; lane 11, pancreatin; lane 12, pepsin.

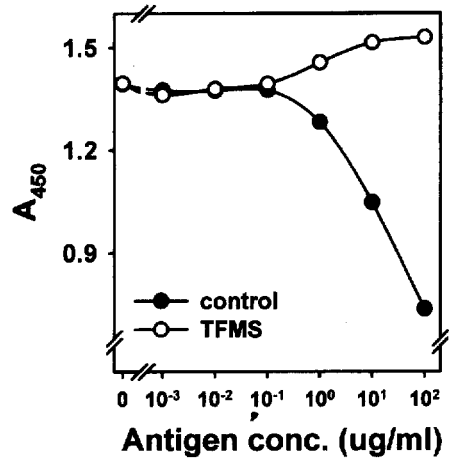

Fig. 2. Inhibition analysis for the reactivity of trifluoromethanesulfonic acid (TFMS) treated EW to anti-EW antibody.
TFMS treatment was done at 0°C for 60 min and it was dialyzed against distilled water.

었음을 알 수 있었다. 항원성을 ciELISA로 조사한 결과, 효소처리한 난백의 항체와의 반응성은 1/10~1/100 정도 밖에 감소되지 않는 것으로 나타났다(data 생략). 항원성이 어느 정도 감소되면 알레르기 환자에게 안전할 것인가에 대한 정설은 없으나, 반응성이 1/10,000 이하로 될 때 항원성이 사라진 것으로 간주한다면[11], 효소처리는 항원성 감소에 효과적이지 못하였다. 이러한 결과는 papain 분해로 획득된 OM fragment가 여전히 항원성을 가지고 있다는 Morton 등[8]의 보고와 pepsin으로 분해된 OM이 native OM과 똑같이 passive cutaneous anaphylaxis(PCA) test에서 반응을 보인다는 Matsuda 등[12]의 보고와 일치하였다. 이렇게 효소처리가 난백의 항원성 저하에 효과적이지 못함은 난백 구성단백질 중 OM이 갖는 trypsin inhibitor의 작용[13-15]으로 인해 효소가 그 기능을 제대로 발휘하지 못하였고, 난백 내에 있는 당(10% : 건물량 기준), 특히 OM에 있는 당쇄부분(20~25%)[16,17]이 효소 분해 작용을 방해했기 때문으로 생각된다.

한편, 방사선 조사를 실시하면 이러한 OM의 trypsin inhibitory activity를 감소시키고, 약 75%의 당쇄를 제거하는 효과가 있다는 보고가 있었으므로[17], 방사선을 조사한 후 효소처리를 한다면 가수분해가 보다 효과적일 것으로 기대하여, 난백을 1-20 kGy 로 조사(irradiation)하였다. ELISA로 항원성을 조사한 결과, 항원성에 아무런 변화도 나타나지 않았다(data 생략). 그 다음 10 kGy로 방사선 조사한 난백을 효소로 분해한 후 그 항원성 변화를 살펴보았는데, 예상과 달리 방사선-효소 복합처리도 여전히 난백의 항원성을 감소시키지 못한 것으로 나타났다(data 생략). 따라서, 효소 분해가 항원성을 변화시키지 못한 이유는 protease inhibitor activity나 당쇄 때문이라기보다는, 효소가 난백의 알레르겐을 제대로 분해시키지 못했기 때문으로 생각된다.

TFMS 처리에 의한 항원성 변화

TFMS처리도 방사선 조사처럼, OM의 protease inhibitor activity감소와 그 당쇄를 제거시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있어서[16], 효소처리 등의 2차적 처리가 효과적일 것으로 생각되어 난백 처리물질로 사용하였다. 그 결과, TFMS는 단독 처리만으로도 난백의 항원성이 거의 소실된 것으로 나타났다(Fig. 2). 이는 TFMS의 반응성이 매우 강하여 당쇄 파괴 및 단백질 분해를 일으켰기 때문으로 생각된다. 그러나, TFMS는 안전성의 문제가 있어 소재생산에 적용하기는 어려울 것으로 예상된다.

열 처리에 의한 항원성 변화

항원성 감소를 위하여 60, 80, 100, 121°C에서 30분간 열 처리를 실시하였고, 그 결과를 항난백 항체를 이용한 ciELISA로 조사하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이, 항원성 감소는 80°C부터 나타나기 시작하였고, 온도가 올라갈수록 그 감소폭이 증가하여 121°C에서는 1/10,000 이하로 특이항체와의 반응성이 감소되어

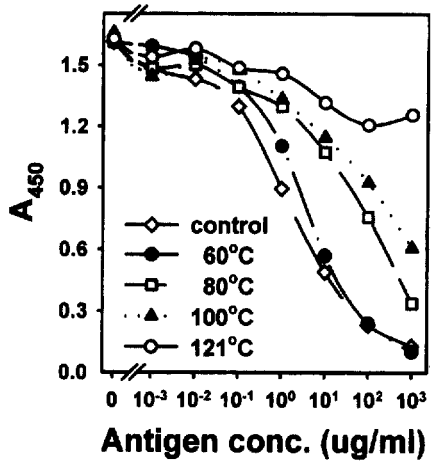

Fig. 3. Inhibition analysis for the reactivity of heated EW's to the anti-EW antibody.
EW was heated at 60, 80, 100, and 121°C for 30 min.

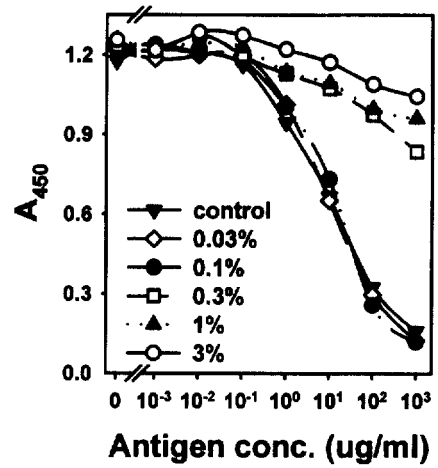

Fig. 4. Inhibition analysis for the reactivity of NaOH treated EW's to anti-EW antibody.
EW was treated at 0.03, 0.1, 0.3, 1, and 3%(w/v) of NaOH. NaOH treatment was done for 2 hr at 50°C and it was dialyzed against distilled water.

항원성이 거의 사라진 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 90°C에서는 70분 이상, 100°C에서는 30분이상 가열하여야만, 난백중 OM의 항체와의 반응성이 반이상으로 감소하고, 100°C에서 120분간 가열하면 항원성이 거의 사라진다는 Matsuda 등[5]의 보고와 유사하였다. 따라서, 100°C이상의 온도에서 30분이 넘게 가열하여야만 계란의 항원성 제거가 가능함을 알 수 있었다. 하지만, 100°C 이상의 고온처리는 가열취를 생성하는 문제점이 있었다.

NaOH 처리에 의한 항원성 변화

알칼리 처리는 식품단백질의 가용화를 위하여 흔히 사용되는 방법이므로, 각 농도별 NaOH로 난백을 처리하였다. 50°C에서 2시간 동안 NaOH로 처리해 본 결과, 항원성 감소는 0.3%(w/v) 이상의 농도부터 나타나기 시작하였으며, 이 농도에서는 1/10,000정도로 반응성이 감소되었다(Fig. 4). NaOH 농도 1%(w/v) 이상에서는 반응성이 거의 나타나지 않아, NaOH의 농도가 증가할수록 항원성이 효과적으로 감소된 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 전란 용액을 NaOH로 처리한 후, ELISA 등으로 항원성 감소를 조사한 Hisatomi 등[11]의 보고와 거의 일치하였다. 한편, SDS-PAGE 결과에서 NaOH 처리 농도 0.3%(w/v) 에서부터 난백의 band가 흐려지기 시작하여, 1%(w/v) 농도 이상에서는 대부분의 난백 단백질이 분해된 것으로 나타났다(data 생략). 따라서, 이렇게 난백의 항원성이 감소된 원인은 NaOH가 난백을 알칼리 분해시켰기 때문이라 생각된다.

보다 효과적인 항원성 감소를 위해, NaOH를 위와 같이 각 농도별로 첨가하여 50°C에서 2시간 동안 반응시킨 후, 70°C 15분간의 열처리를 더하여 주었다. 그 결과, NaOH 단독 처리시에는 항원성 감소가 0.3% NaOH 농도에서 나타나기 시작한데 비해, 열처리(70°C 15분)를 추가하였을 때에는 0.1% NaOH 농도부터 1/100정도로 반응성이 감소되었다(data 생략). 또한 단독 처리시에는 1% NaOH 농도에서 항원성이 1/10,000이하로 나타나 거의 제거된 반면, 열처리를 추가하였을 때에는 0.3% NaOH 농도부터 항원성이 거의 사라진 것으로 나타났다. 따라서, NaOH와 열처리를 병행하는 방법이, 단독 처리보다 항원성 감소에 효과적임을 알 수 있었다.

SA는 여러 화학물질 보다 실온에서 처리조건이 간단하고, 단백질 표면의 OH기를 COOH기로 변화시킴으로서 분자표면의 증가[11]가 유발되어 NaOH처리가 보다 효과적일 것으로 기대하여 난백 처리물질로 사용하였다. 그러나, SA 단독처리는 항원성 감소에 전혀 영향을 주지 못했다(data 생략). SA로 처리 한 다음 NaOH로 처리하고, 다시 70°C로 15분간 열처리한 후 항원성의 변화를 조사하였다. 이들 세 가지 처리를 복합적으로 실시한 결과, 0.3% NaOH 농도 이상에서 두 가지 복합처리시(NaOH처리와 열처리)와 동일하게 나타나, 항원성이 거의 제거된 것을 알 수 있었다(data 생략). 따라서, SA의 단독 또는 복합적인 처리는 실질적인 항원성의 감소에 도움이 되지 않았다.

이상과 같이 토끼에서 생산된 항난백항체를 이용한 ciELISA로 여러 가지 처리 난백의 항원성 변화를 조

사한 결과, NaOH 및 열처리가 식품에 적용 가능한 효과적인 방법임이 밝혀졌다. 이와 더불어 난백 처리물 중 주요 계란 알레르겐인 OM과 OA의 항원성 변화에 대한 검토가 요구된다. 또한 이러한 EW의 항원성 감소가 계란 알레르기 환자에게서 알레르기 유발성과 얼마나 관련이 있는지를 밝히기 위하여, 환자혈청을 이용한 처리난백의 알레르기성 변화에 대한 추가적인 연구도 필요하다고 생각한다.

요 약

여러 가지 처리가 난백의 항원성을 감소시키는데 미치는 영향을 조사하기 위하여, 토끼 항난백항체로 난백 처리물들의 간접 경합 ELISA(ciELISA)를 실시하였다. 식물성, 동물성, 미생물성의 9가지 효소를 이용한 가수분해처리는 난백의 항원성에 영향을 주지 못했다. 보다 효율적인 효소 가수분해를 위해 방사선 조사 후, 효소처리를 실시했는데, 이것 역시 항원성을 감소시키지 못했다. Trifluoromethanesulfonic acid 처리는 난백의 항원성을 거의 제거시키는 것으로 나타났다. 열처리는 121°C 고온처리의 경우에서만 반응성이 1/10,000 이하로 감소하여 항원성이 거의 사라졌다. NaOH 단독 처리는 0.3%(w/v) 이상의 농도에서 반응성이 감소되기 시작하여, 1%(w/v) 이상에서는 반응성이 1/10,000 이하로 감소하였다. NaOH 처리에 70°C, 15분간의 열처리를 더해 주면, NaOH 단독 처리시보다 효과적으로 항원성이 감소되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어, 방사선 조사에 협조해 주신 한국원자력연구소 방사선공학연구실 변명우 실장, 이주은 박사께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

문 헌

1. Han, J.S., Hong, S.O., Kim, J.S., Han, J.P. and Kim, N.S. Frequency of food allergy in Korea and the causative food allergy. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 1-9 (1997)
2. Kaminogawa, S. Food allergy is the origin of all allergy, pp. 19-37. In: Food allergy. 1st ed. Nexus Inc., Seoul, Korea (1997)
3. Enomoto, A. and Kaminogawa, S. Food allergy and hypoallergenic food, pp. 61-76. In: Food and Immunology. 1st ed. Murakami, H. and Kaminogawa, S. (eds.). Koudanshya Scientific Inc., Tokyo, Japan (1992)
4. Matsuda, T., Tsuruta, K., Nakabe, Y. and Nakamura, R. Reduction of ovomucoid immunogenic activity on peptic fragmentation and heat denaturation. Agric. Biol. Chem. 49: 2237-2241 (1985)
5. Matsuda, T., Watanabe, K. and Nakamura, R. Immunochemical studies on thermal denaturation of ovomucoid. Biochim. Biophys. Acta 707: 121-128 (1982)
6. Urisu, A., Ando, H., Morita, Y., Wada, E., Yasaki, T., Yamada, K., Komada, K., Torii, S., Goto, M. and Wakamatsu, T. Allergenic activity of heated and ovomucoid-depleted egg white. J. Allergy Clin. Immunol. 100: 171-176 (1997)
7. Peng, H.J., Chang, S.N., Tsai, C., Su, SN., Shen, H.D. and Chang, CH. Heat denaturation of egg-white proteins abrogates the induction of oral tolerance of specific Th2 immune responses in mice. Scand. J. Immunol. 48: 491-496 (1998)
8. Morton, J.I. and Deutsch, H.F. Immunochemical studies of modified ovomucoids. Arch. Biochem. Biophys. 93: 661-665 (1961)
9. Deutsch, H.F. and Morton, J.I. Physical-chemical studies of some modified ovomucoids. Arch. Biochem. Biophys. 93: 654-660 (1961)
10. Beeley, J. Active fragments obtained by cyanogen bromide cleavage of ovomucoid. Biochem. J. 155: 345-351, (1976)
11. Hisatomi, M., Kimera, M., Inukai, S., Oshida, K. and Morikawa, A. Development of hen's egg with low antigenicity for allergic patients. Arerugi 40: 1454-1463 (1991)
12. Matsuda, T., Watanabe, K. and Naakmura, R. Immunochemical and physical properties of peptic-digested ovomucoid. J. Agric. Food Chem. 31: 942-946 (1983)
13. Lee, S.L. and Shin, H.S. Animal food, pp. 487-531. In: New Food Chemistry. 2nd ed. Shin-Kuang Publishing Co., Seoul, Korea (1994)
14. Yang, J.S. and Oh, B.Y. The property of chicken egg white. Food Sci. Ind. 32: 42-55 (1999)
15. Tomimatsu, Y., Clary, J.J. and Bartulovich, J.J. Physical characterization of ovoinhibitor, a trypsin and chymotrypsin inhibitor from chicken egg white. Arch. Biochem. Biophys. 115: 536-544 (1996)
16. Gu, J. X., Matsuda, T., Nakamura, R., Ishiguro, H., Ohkubo, I., Sasaki, M. and Takahashi, N. Chemical deglycosylation of hen ovomucoid. J. Biochem. 106: 66-70 (1989)
17. Lee, Y.K., Matsuhashi, S. and Kume, T. Change in carbohydrates of chicken and quail ovomucoids by gamma radiation. Rad. Phys. Chem. 54: 285-290 (1999)

(2000년 3월 17일 접수)