

가공처리에 의한 식품알레르겐의 특성변화

Effects of Food Processing on the Change of Allergenicity

성동은¹, 오상석^{2*}

Dongeon Sung¹ and Sangsuk Oh^{2*}

¹이화여자대학교 식품산업융합기술연구소, ²이화여자대학교 식품공학과

¹Research Center for Convergence Technology in Food Science & Industry,

²Department of Food Science & Technology, Ewha Womans University

I. 머리말

식품 알레르기는 특정 식품의 섭취로 인해 반복적으로 야기되는 비정상적인 면역반응이다. 대다수의 사람들에서 부작용이 없는 식품 내 비독성 단백질이 특별히 민감한 사람들에서 알레르기 증상을 일으키는 현상은 아직까지도 과학적으로 모두 밝혀지지 않았으며, 현재 완벽한 치료법도 없다. 세계 알레르기 기구(World Allergy Organization)는 역학조사에 근거해 약 2.2억~2.5억명이 식품 알레르기로 인해 고통 받고 있으며, 식품알레르기의 발생은 성인에서 1~2% 정도이며 영유아에서는 이보다 높은 5~8%로 추정하였다(1). 우리나라 영유아에서 식품알레르기 유병률은 약 5% 정도로 보고되었다(2). 식품알레르기는 삶의 질을 현저히 낮출 뿐만 아니라 아나필락시스와 같은 전신적 쇼크로 인해 생명을 위협하기도 한다. 식품알

레르기로 인한 전신적 아나필락시스가 미국에서만 약 53,700건 발생하며, 2,000명이 병원을 방문하며, 약 200명은 심각한 알레르기 증상으로 인해 사망에 이르는 것으로 보고되었다(3). 최근 식품알레르기 유병률은 세계적으로 증가추세이며, 심각한 반응을 보이는 경우가 많아 국내외적으로 국가차원의 식품알레르기 관리방안을 마련하기 위해 노력하고 있다.

현재 식품알레르기에 대한 대책은 알레르기 반응이 일어난 후 반응을 완화시키는 약을 처방하거나 알레르기 반응을 유발하는 특정 식품을 식단에서 철저히 제외시키는 것뿐이다. 우리나라를 비롯하여 미국, 일본, 유럽, 중국 등 많은 국가들은 식품 알레르기로 인한 사고를 방지하기 위해 알레르기 유발성 식품 포함여부를 표기하도록 법으로 규정하고 있다. 하지만, 이러한 법을 통해서도 식품 생산단계에서 오염되거나 주원료로 사용되지 않

Corresponding Author: Sangsuk Oh
Department of Food Science and Technology, Ewha Womans University,
Seodaemun-gu, Daehyun-dong 11-1, 120-750, Korea
Tel: +82-2-3277-3558
Fax: +82-2-3277-4213
E-mail: ssoh71@ewha.ac.kr



아 표시사항에 나타나지 않는 “hidden allergen”은 관리할 수 없기에 식품 알레르기 환자가 해당식품의 포함여부를 확인하지 못한 채 섭취 후 사고가 발생하는 사례가 종종 있다. 또한, 대부분의 식품 알레르기 환자들은 하나 이상의, 다수의 식품에 알레르기 반응을 보이기에 해당식품을 모두 제외시키는 것은 영양상의 문제를 야기할 수도 있기에 현실적으로 제약이 있다. 따라서 알레르겐 활성을 줄이거나 저알레르기성(hypoallergenic) 또는 비알레르기성(nonallergenic) 식품을 개발하는 것은 식품 산업체, 식품알레르기 환자들의 공통된 염원이다. 현재 가열, 가수분해, 화학적 가공, 유전자조작, 그리고 초고압, 고전압자기장, 광펄스 등과 같은 비가열 처리 등의 가공기술이 식품 중 알레르겐 항원성 감소 또는 제거를 위해 적용되고 있다.

II. 본문

1. 가열

가열은 단백질의 2차 또는 3차 구조 변형(conformational change)과 같은 변성, disulfide bond의 재배열 또는 응집, 교차 결합에 의해 에피토프를

파괴하거나 새롭게 생성하기도 한다. 다양한 식품에서 가열 후 알레르기성 변화를 관찰하였다(표 1). 키위를 산업적으로 사용하는 일반적 가공(100℃에서 5분간 찌고 균질화) 후 키위 알레르기를 가진 어린이들의 혈청과 반응하였을 때 반응성이 사라졌다(4). 또한, 우유의 주요 알레르겐인 β -lactoglobulin 용액을 74℃에서 가열하였을 때 IgE 결합력이 유의적으로 감소되었으며, 90℃에서 가열 시 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다(5). 반면에, 땅콩의 알레르기성은 고온에서 로스팅 시 유의적으로 증가하였다. 미국과 중국은 유사한 수준으로 땅콩을 섭취하지만, 땅콩 알레르기 빈도는 미국에서 더 높게 나타난다. 이러한 차이는 미국에서는 주로 땅콩을 고온에서 로스팅하여 섭취하지만, 중국에서는 삶거나 튀겨서 섭취하는 것과 같이 조리방법의 다름에서 비롯된다(6).

2. 효소가수분해

효소가수분해가 알레르기성 감소에 효과적이라는 것은 발효식품에서 알레르기성이 유의적으로 감소한 결과를 근거로 한다. 된장, 간장 등의

표 1. 가열과 알레르기성의 변화

가공	알레르기성 변화
습식 가열 (끓이기, 압출성형, 고압멸균, 레토르트, 튀기기)	땅콩: Ara h1, Ara h2, Ara h3 감소(7) 새우: 총 새우 단백질은 감소; tropomyosin 증가(7) 생선: parvalbumin 변화없음(90℃) 또는 감소(레토르트)(7) 우유: 카세인 변화없음; 유청단백 감소(7); β -lactalbumin 감소; β -lactoglobulin 감소(74℃, 90℃) (5) 대두: 7S & 11S 감소, 2S 증가(8); Gly m Bd 30K(P34) 증가(레토르트)(9); 감소(압출성형)(10) 키위: 감소 (4)
건식 가열 (로스팅, 베이킹, 통풍건조, 전자레인지)	땅콩: 증가(7) 달걀: 감소(7) 밀: gliadin 증가(7) 헤이즐넛: 감소(7)
움 가열	우유: 감소(11)

표 2. 효소가수분해와 알레르기성 변화

가공	알레르기성 변화
효소 가수 분해	메밀: 감소(18, 19)
	대두: 7S(16), 11S(14), 2S 감소(15)
	땅콩: 감소(20)
	렌틸: 감소(21)
	우유: 감소(7)
	달걀: 감소 또는 변화없음(7)
	쌀: 감소(7)

대두 발효식품에서 알레르기성이 감소된 것이 효소가수분해를 통해 알레르기성이 감소된 좋은 예이다(12, 13). 효소가수분해를 통해 단백질을 IgE와 결합할 수 없는 10 kDa 이하로 가수분해 하여 알레르기성을 제거한 가수분해우유는 우유 알레르기를 가진 영아를 위해 이미 상용화되어 있다.

대두 주요 알레르겐을 펩신 및 키모트립신으로 가수분해하였을 때, 대두 11S 글로불린은 가수분해 후 알레르기성이 유의적으로 감소되었으며(14), 7S 및 2S 단백질은 펩신 가수분해 후 알레르기성이 일부 감소되었다(15, 16). 메밀 단백질은 발효시 영향을 미치는 *Bacillus*균에서 유래한 alkaline protease로 가수분해 시 60% 이상 감소되었다(17). 효소가수분해는 다양한 식품에서 알레르기성을 유의적으로 감소시켰지만(표 2), 가수분해 및 발효 후 식품의 성상이 완전히 달라지기에 실제 산업에서 적용하기 어렵다는 제약이 있다.

3. 화학적 가공

Babiker 등은 대두 P34 단백질-갈락토만난 복합체를 형성함으로써 대두 알레르겐인 Gly m Bd 30K의 항원성 및 알레르기성을 감소시켰으며(22), 나아가 Usui 등은 갈락토만난 대신 키토산을 이용함으로써 감소 정도를 증가시켰다(23). 또한, 땅콩의 주요 알레르겐인 Ara h1, Ara h2, Ara h3의 알레르기성은 식초처리에 의해 감소되었으며, 이는 pH에 변화를 줌으로써 알레르기성

표 3. 화학적 가공과 알레르기성 변화 (7, 23-25)

가공	알레르기성 변화
화학적 가공	메밀: 감소(25)
	대두: Gly m Bd 30K 감소(23)
	밀: 감소(7)
	땅콩: Ara h 1, Ara h 2, Ara h 3 감소(24)
	체리: 감소(7)

의 변화를 유도할 수 있음을 시사한다(24).

4. 유전자 변형

달걀 흰자의 주요 알레르겐인 ovomucoid(26), 대두 알레르겐 Gly m Bd 30K(27), 대두 Kunitz trypsin inhibitor(28), 대두 알레르겐 Gly m Bd 28K, β -conglycinin의 α 및 α' subunit(29)의 알레르기성을 감소시킨 유전자변형 식품이 보고되었다. 유전자변형은 특정 알레르겐의 알레르기성을 완전히 제거할 수 있는 방법이지만, 다수의 알레르겐을 제거하는 것은 어렵고, 유전자 변형을 함으로써 새롭게 발생할 수 있는 알레르기성에 대한 우려, 소비자들의 유전자 변형 식품에 대한 불신으로 인해 현재 산업적으로 활용이 드물다.

표 4. 유전자 변형과 알레르기성 변화

가공	알레르기성 변화
유전자 변형	달걀: ovomucoid 제거(7)
	땅콩: Ara h2 & Ara h6 제거(7)
	대두: Gly m Bd30K 제거(27); Kunitz trypsin inhibitor 제거(28); Gly m Bd 28K & β -conglycinin (α & α' subunit) 제거(29)

5. 비가열 가공기술

가열에 의해 식품의 알레르기성이 증가되는 경우가 많기에 최근 비가열 가공기술을 이용하여 식품 알레르겐을 감소시키는 것에 대한 연구가 주목받고 있다. 식품 내 미생물 제어를 목적으로 개발



표 5. 비가열 가공과 알레르기성 변화

가공	알레르기성 변화
초고압	우유: β -lactoglobulin 증가(33)
	쌀: 감소(32)
	대두: Gly m 1 감소(42)
	아몬드: 변화없음(3)
	사과: Mal d 1, Mal d 3 감소(3)
	땅콩: Ara h 2 감소(3)
	당근: Dau c 1 변화없음(3)
	셀러리: Api g 1 변화없음(3)
	새우: 감소(3)
	달걀: 감소(3)
광펄스(PUV)	땅콩: Ara h 1 감소, Ara h 2 변화없음(43)
	대두: glycinin & β -conglycinin 감소(38)
	새우: tropomyosin 감소(7)
	달걀: 감소(7)
	우유: whey & casein 감소(7)
밀: gluten 감소(7)	
고전압 자기장(PEF)	달걀: ovalbumin 감소(11)
고강도 초음파	새우: 감소(44)
조사 (irradiation) (감마선, X-ray, ebeam 등)	달걀: ovalbumin 감소(100kGy), 변화없음 (10kGy)(39) 새우: 감소(가열과 병행 시)(41) 견과류: 아몬드, 캐슈넛, 호두 변화없음(7)

된 다양한 비가열 가공 기술 중 초고압 가공(high pressure processing; HPP), 광펄스(pulsed ultraviolet light; PUV), 고전압 자기장 (high voltage pulsed electric fields; PEF), 조사(irradiation) 등을 이용하는 알레르겐 저감화에 대한 연구가 보고되었다(표 5).

(1) 초고압 가공(HPP)

비가열처리 기술의 하나인 초고압 가공(HPP)은 비공유결합을 파괴할 수 있으며, 단백질 2/3 차 구조에 영향을 미침으로써 단백질 변성, 응집, 침전을 유도할 수 있다(30). 이러한 단백질의 구조변화는 가열과 마찬가지로 알레르기성에 영향을 미친다. Penas 등은 초고압 처리 후 대두 알레

르겐인 Gly m1의 항원성은 감소하며, 효소가수분해와 병행할 경우 그 감소폭이 더 커진다고 보고하였으며(31), Kato 등도 쌀의 알레르기성 단백질의 함량이 초고압 처리에 의해 감소하며 효소가수분해와 병행할 경우 완전히 사라졌다고 보고하였다(32). 하지만, 우유의 주요 알레르겐인 β -lactoglobulin은 초고압 처리 후 항원성이 오히려 증가하는 것으로 보고하였다(33).

초고압 가공은 초기에는 단백질 변화와 변성에 의해 미생물과 효소를 불활성화 시키는 데 이용되어왔다. 고압처리과정 중 압력은 모든 방향에 균등하게 분산되며(34), 단백질과 같은 복합물에 존재하는 비공유결합(수소결합, 이온결합, 소수성 상호작용)을 파괴하여 단백질의 변성, 분해가 촉진되는 효과가 있기에 단백질의 구조변화로 인해 알레르기성에 변화가 야기된다. 육류와 우유에서 주요 단백질의 2차 및 3차 구조를 변화시키는 데에는 200 MPa 이상의 압력이 필요한 것으로 보고되었지만, 난류와 대두 단백질의 구조를 변화시키기 위해서는 이보다 더 높은 300-400 MPa 압력이 필요하다고 보고된 바 있다(30).

(2) 고전압 자기장(PEF)

두 개의 전극 사이에 존재하는 식품에 매우 높은 강도의 전기장(25-75 kV/cm)을 매우 짧게(1-10 μ s) 반복적으로 적용하는 것인데, Toshiko 등(35)이 발표한 다양한 allergen-antibody 상호작용에 대한 PEF의 영향을 연구한 결과에 따르면, ovalalbumin 용액에 PEF를 10 kV, 50 Hz 처리하였을 때 ELISA 값이 확연히 감소하였다.

(3) 광펄스(PUV)

광펄스(PUV)의 광열(photothermal), 광물리적(photophysical), 광화학적(photochemical) 효과는 단백질의 구조를 변환하거나 단백질을 응집하게 할 수 있으며 결과적으로 입체형 에피토프의 손실 또는 변형이 발생한다(36-38). Glycinin과 β -conglycinin과 같은 대두 알레르기성 단백질은 PUV 6분 처

리 후 SDS-PAGE에서 보이지 않게 되었으며, IgE 반응성 역시 감소하였다(38). 땅콩 단백질과 땅콩버터에 PUV를 3~4분간 쪄낸 결과 땅콩의 주요 알레르겐인 Ara h 1의 수준이 감소하는 경향을 보였으나, 또 다른 주요 알레르겐인 Ara h 2는 감소하지 않았다(37).

(4) 조사(irradiation)

감마선, x-ray, ebeam과 같은 조사(irradiation) 역시 식품 항원성을 조절하기 위해 시도되었다. 방사선 조사가 식품 항원성에 영향을 주는 정확한 기전은 아직 밝혀지지 않았지만, 일반적으로 식품에 대한 조사(irradiation)가 식품에 존재하는 알레르기성 단백질 내 IgE와 결합하는 에피토프의 구조를 바꾸는 것으로 알려져 있다. 달걀(39), 우유(40), 새우(41)에 조사(irradiation) 하였을 때 하여 알레르기 항원성에 영향을 준 연구결과가 보고되었다.

III. 맺음말

최근 전세계적으로 식품알레르기 발생빈도가 증가하는 추세에 따라, 식품알레르겐 저감화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 초고압, 광펄스, 고전압 자기장, 조사 등과 같은 비가열 처리기법은 식품의 성상을 변화시키지 않고 알레르겐 반응성을 낮출 수 있기 때문에 주목 받고 있는 기술이다. 아직까지 알레르겐 반응성을 낮추는 완벽한 방법은 찾지 못하였지만, 다양한 식품에서 알레르기성을 낮추기 위한 노력으로 일부 긍정적인 결과를 얻기도 하였다.

초고압 처리만을 진행하거나 가수분해만을 하였을 때 보다, 초고압 처리 후 효소 가수분해를 하였을 경우에 알레르기성 감소효과가 더 증가하는 것으로 보고되었다. 물리적, 화학적, 생물학적 기법의 균형적인 조합을 통해 식품의 특성을 변화시키지 않으면서 알레르기성을 최대한 낮추어, 알레르기 환자들에게 저알레르기성 혹은 비알레르기성 식품을 공급 할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. Fiocchi A, Sampson H, Bahna S, Lack G. Food allergy. pp. 47-53. In: WAO white book on allergy. Pawankar R, Canonica G, Holgate S Akey R (eds). World Allergy Organization, Milwaukee (2011)
2. Han Y. Food allergy. Korean J Pediatr 55: 153-158 (2012)
3. Huang HW, Hsu CP, Yang BB, Wang CY. Potential Utility of High-Pressure Processing to Address the Risk of Food Allergen Concerns. Compr Rev Food Sci F 13: 78-90 (2014)
4. Fiocchi A, Restani P, Bernardo L, Martelli A, Ballabio C, D'Auria E, Riva E. Tolerance of heat-treated kiwi by children with kiwi-fruit allergy. Pediatric Allergy Immunol 15: 454-458 (2004)
5. Ehn B-M, Ekstrand B, Bengtsson U, Ahlstedt S. Modification of IgE binding during heat processing of the cow's milk allergen β -lactoglobulin. J Agric Food Chem 52: 1398-1403 (2004)
6. Beyer K, Morrow E, Li XM, Bardina L, Bannon GA, Burks AW, Sampson HA. Effects of cooking methods on peanut allergenicity. J Allergy Clin Immunol 107: 1077-1081 (2001)
7. Shriver SK, Yang WW. Thermal and nonthermal methods for food allergen control. Food Eng Rev 3: 26-43 (2011)
8. Shibasaki M, Suzuki S, Tajima S, Nemoto H, Kuroume T. Allergenicity of major component proteins of soybean. Int Arch Allergy Immunol 61: 441-448 (1980)
9. YAMANISHI R, HUANG T, TSUJI H, BANDO N, OGAWA T. Reduction of the Soybean Allergenicity by the Fermentation with *Bacillus natto*. Food Sci Technol Int 1: 14-17 (1995)
10. Franck P, Moneret Vautrin DA, Dousset B, Kanny G, Nabet P, Guenard-Bilbaut L, Parisot L. The allergenicity of soybean-based products is modified by food technologies. Int Arch Allergy Immunol 128: 212-219 (2002)
11. Yang WW, de Mejia EG, Zheng H, Lee Y. Soybean allergens: presence, detection and methods for mitigation. Soybean and Health 20: 433-464 (2011)
12. Herian AM, Taylor SL, Bush RK. Allergenic Reactivity of Various Soybean Products as Determined by RAST Inhibition. J Food Sci 58: 385-388 (1993)
13. Tsuji H, Okada N, Yamanishi R, Bando N, Ebine H, Ogawa T. Fate of a major soybean allergen, Gly m Bd 30K, in rice-, barley- and soybean-koji miso (fermented soybean paste) during fermentation. Food Sci Technol Int 3: 145-149 (1997)
14. Lee HW, Keum EH, Lee SJ, Sung DE, Chung DH, Lee SI, Oh S. Allergenicity of proteolytic hydrolysates of the soybean 11S globulin. J Food Sci 72: C168-C172 (2007)
15. Sung DE, Ahn KM, Lim SY, Oh S. Allergenicity of enzymatic hydrolysate of soybean 2S protein. J Sci Food Agric 94: 2482-2487 (2014)
16. Keum E-H, Lee S-I, Oh S. Effect of enzymatic hydrolysis of 7S globulin, a soybean protein, on its allergenicity and identification of its allergenic hydrolyzed fragments using SDS-PAGE. Food Sci



- Biotech 15: 128-132 (2006)
17. Sung DE, Lee J, Han Y, Shon DH, Ahn K, Oh S, Do JR. Effects of enzymatic hydrolysis of buckwheat protein on antigenicity and allergenicity. *Nutr Res Pract* 8: 278-283 (2014)
 18. Handoyo T, Maeda T, Urisu A, Adachi T, Morita N. Hypoallergenic buckwheat flour preparation by *Rhizopus oligosporus* and its application to soba noodle. *Food Res Int* 39: 598-605 (2006)
 19. Lee S, Han Y, Do J-R, Oh S. Allergenic potential and enzymatic resistance of buckwheat. *Nutr Res Pract* 7: 3-8 (2013)
 20. Cabanillas B, Pedrosa MM, Rodríguez J, Muzquiz M, Maleki SJ, Cuadrado C, Burbano C, Crespo JF. Influence of Enzymatic Hydrolysis on the Allergenicity of Roasted Peanut Protein Extract. *Int Arch Allergy Immunol* 157: 41-50 (2011)
 21. Cabanillas B, Pedrosa MM, Rodríguez J, Gonzalez A, Muzquiz M, Cuadrado C, Crespo JF, Burbano C. Effects of enzymatic hydrolysis on lentil allergenicity. *Mol Nutr Food Res* 54: 1266-1272 (2010)
 22. Babiker EfE, Hiroyuki A, Matsudomi N, Iwata H, Ogawa T, Bando N, Kato A. Effect of polysaccharide conjugation or transglutaminase treatment on the allergenicity and functional properties of soy protein. *J Agric Food Chem* 46: 866-871 (1998)
 23. Usui M, Tamura H, Nakamura K, Ogawa T, Muroshita M, Azakami H, Kanuma S, Kato A. Enhanced bactericidal action and masking of allergen structure of soy protein by attachment of chitosan through Maillard-type protein-polysaccharide conjugation. *Food/Nahrung* 48: 69-72 (2004)
 24. Kim J, Lee JY, Han Y, Ahn K. Significance of Ara h 2 in clinical reactivity and effect of cooking methods on allergenicity. *Ann Allergy Asthma Immunol* 110: 34-38 (2013)
 25. Nakamura S, Suzuki Y, Ishikawa E, Yakushi T, Jing H, Miyamoto T, Hashizume K. Reduction of in vitro allergenicity of buckwheat Fag e 1 through the Maillard-type glycosylation with polysaccharides. *Food Chem* 109: 538-545 (2008)
 26. Rupa P, Nakamura S, Mine Y. Genetically glycosylated ovomucoid third domain can modulate immunoglobulin E antibody production and cytokine response in BALB/c mice. *Clin Exp Allergy* 37: 918-928 (2007)
 27. Herman E. Soybean allergenicity and suppression of the immunodominant allergen. *Crop Sci* 45: 462-467 (2005)
 28. Bernard R, Hymowitz T, Cremeens C. Registration of "Kunitz" soybean. *Crop Sci* 31: 232-233 (1991)
 29. Samoto M, Fukuda Y, Takahashi K, Tabuchi K, Hiemori M, Tsuji H, Ogawa T, Kawamura Y. Substantially complete removal of three major allergenic soybean proteins (Gly m Bd 30K, Gly m Bd 28K, and the α -subunit of conglycinin) from soy protein by using a mutant soybean, Tohoku 124. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 2148-2150 (1997)
 30. Messens W, Van Camp J, Huyghebaert A. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. *Trends Food Sci Technol* 8: 107-112 (1997)
 31. Peñas E, Préstamo G, Polo F, Gomez R. Enzymatic proteolysis, under high pressure of soybean whey: Analysis of peptides and the allergen Gly m 1 in the hydrolysates. *Food Chem* 99: 569-573 (2006)
 32. Kato T, Katayama E, Matsubara S, Omi Y, Matsuda T. Release of allergenic proteins from rice grains induced by high hydrostatic pressure. *J Agric Food Chem* 48: 3124-3129 (2000)
 33. Kleber N, Maier S, Hinrichs J. Antigenic response of bovine β -lactoglobulin influenced by ultra-high pressure treatment and temperature. *Innov Food Sci Emerg Technol* 8: 39-45 (2007)
 34. Spilimbergo S, Elvassore N, Bertucco A. Microbial inactivation by high-pressure. *J Supercrit Fluid* 22: 55-63 (2002)
 35. Toshiko K, Takayuki O, Masayuki S. Effect of PEF on allergen molecule in aqueous solution. *Seidenki Gakkai Koen Ronbunshu*: 85-86 (2004)
 36. Krishnamurthy K, Demirci A, Irudayaraj J. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in Milk Using Flow-Through Pulsed UV-Light Treatment System. *J Food Sci* 72: M233-M239 (2007)
 37. Chung SY, Yang W, Krishnamurthy K. Effects of Pulsed UV-Light on Peanut Allergens in Extracts and Liquid Peanut Butter. *J Food Sci* 73: C400-C404 (2008)
 38. Yang WW, Chung S-Y, Ajayi O, Krishnamurthy K, Konan K, Goodrich-Schneider R. Use of pulsed ultraviolet light to reduce the allergenic potency of soybean extracts. *Int J Food Eng* 6 (2010)
 39. Seo J-H, Kim J-H, Lee J-W, Yoo Y-C, Kim MR, Park K-S, Byun M-W. Ovalbumin modified by gamma irradiation alters its immunological functions and allergic responses. *Int Immunopharmacol* 7: 464-472 (2007)
 40. Lee J-W, Kim J-h, Yook H-S, Kang K-O, Lee S-Y, Hwang H-J, Byun M-W. Effects of gamma radiation on the allergenic and antigenic properties of milk proteins. *J Food Prot* 64: 272-276 (2001)
 41. Byun M-w, Kim J-h, Lee J-W, Park J-W, Hong C-S, Kang I-J. Effects of gamma radiation on the conformational and antigenic properties of a heat-stable major allergen in brown shrimp. *J Food Prot* 63: 940-944 (2000)
 42. Peñas E, Gomez R, Frias J, Baeza ML, Vidal-Valverde C. High hydrostatic pressure effects on immunoreactivity and nutritional quality of soybean products. *Food Chem* 125: 423-429 (2011)
 43. Chung SY, Yang W, Krishnamurthy K. Effects of pulsed UV-light on peanut allergens in extracts and liquid peanut butter. *J Food Sci* 73: C400-404 (2008)
 44. Li ZX, Lin H, Cao LM, Jameel K. Effect of high intensity ultrasound on the allergenicity of shrimp. *Journal of Zhejiang University. Science. B* 7: 251-256 (2006)