

조리방법에 따른 참깨의 알레르기 항원성 비교

연세대학교 의과대학 소아과학교실 및 알레르기 연구소, Brain Korea 21 의과학사업단, 식품의약품 안전청, 영양기능식품본부, 신소재 식품팀*, 성균관대학교 의과대학 소아과학교실†

이경은 · 홍정연 · 손선미 · 박선희* · 이상일† · 손명현 · 김규언 · 김경원

=Abstract=

Differences between Raw and Variously Cooked Sesame Seeds on the Allergenicity

Kyung Eun Lee, Ph.D., Jung Yeon Hong, MSc., Sun Mi Son, Sun Hee Park, Ph.D.*, Sang IL Lee, M.D.†, Myung Hyun Sohn, M.D. Kyu Earn Kim, M.D. and Kyung Won Kim, M.D.

Department of Pediatrics and Institute of Allergy, Brain Korea 21 Project for Medical Science, Yonsei University College of Medicine, Nutrition Evaluation Division/Food Standardization Department, Korea Food and Drug Administration, Department of Pediatrics, Sungkyunkwan University School of Medicine†*

Purpose : There has been a significant increase in the number on reports of hypersensitivity to sesame, probably because of its use in international fast-food and bakery products. Thus, we have investigated whether various cooking methods affect the allergenicity of sesame.

Methods : Sesame seeds were roasted, boiled or fried with vegetable oil, and then their proteins were each extracted. The proteins were separated by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and detection of immunoglobulin (Ig) E specific to sesame seed proteins was performed with Western blotting using 6 sera.

Results : SDS-PAGE of raw sesame proteins showed various-sized bands including 7, 9, 12, 15 and 17 kD known as major allergens. While only few protein bands remained in roasted or fried sesame seeds, some protein bands sized under 15 kD were observed in the boiled sesame seeds and their soup. The pooled sera yielded IgE-specific reaction with 7 kD in raw and boiled, and 37 kD in fried and boiled sesame proteins.

Conclusion : These findings suggest that the cooking methods may change the allergenicity of sesame seed proteins. [*Pediatr Allergy Respir Dis(Korea) 2009;19:56-62*]

Key Words : Sesame, Allergen, Allergenicity, Immunoglobulin E

본 연구는 식품의약품안전청 용역연구개발사업 (07062영기안126)으로 이루어졌음.

접수 : 2008년 11월 24일, 승인 : 2009년 3월 29일

책임저자 : 김경원, 서울시 서대문구 성산로 250

연세대학교 의과대학 소아과학교실

Tel : 02)2228-2062 Fax : 02)393-9118

E-mail : kwkim@yuhs.ac

서 론

알레르기질환의 유병률이 특히 소아와 청소년들 사이에서 급속히 증가하고 있는 가운데 식품 알레르기 또한 점점 증가하는 추세이다.¹⁾ 미국의

경우 소아의 약 6%와 성인의 약 3.7% 정도가 식품알레르기에 이환되어 있으며, 이중에서도 IgE 매개성 식품 알레르기는 전체인구의 3.5-4%에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다.^{2, 3)} 식품 알레르기는 지역, 인종, 식생활문화 등에 따라 그 빈도와 원인 식품이 영향을 받는데, 특히 참깨 알레르기는 최근 들어 유럽 등 많은 나라에서 소아와 성인 모두에서 증가하고 있는 식품알레르기의 원인식품으로 종종 아나필락시스와 같은 심한 증상을 일으키는 것으로 알려져 있다.^{4, 5)} 이와 같은 참깨 알레르기의 증가는 빵이나 샐러드 소스 등 참깨를 포함하고 있는 많은 종류의 식품들의 섭취 증가와 관련이 있는 것으로 생각된다.^{6, 7)}

지금까지 밝혀진 참깨의 알레르겐은 분자량 7-78 kD에 해당하는 단백 또는 당단백 성분과 기름 성분으로 구성되어 있으며, Ses i 1 (9 kD, 2S albumin), Ses i 2 (7 kD, 2S albumin)와 Ses i 3 (45 kD, 7S vicilin) 등은 참깨의 주요 알레르겐들로 알려져 있다.^{6, 8)} 이들 중에서 Ses i 1은 구조적으로 매우 안정하여 100°C에서의 열처리(pre-heating)나 산성 또는 중성 용액처리 시에 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다.⁹⁾ 그리고 Ses i 2와 Ses i 3는 저장단백질로서 Ses i 2의 경우 참깨 내 전체 단백질 성분 중 25%를 차지하고 있는 가용성 단백질이며, Ses i 3는 땅콩의 주요 알레르겐인 Ara h 1과 80%의 상동성을 보이면서 IgE binding epitope 구조에 있어서도 높은 유사성을 보이는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾

이와 같은 사실들을 기초로 본 연구에서는 국내산 참깨 조항원내 구성단백을 알아보고, 조리방법에 따른 구성단백들의 변화를 알아보고자 하였다. 또한 참깨 특이 IgE 항체 수치가 높은 환자혈청들을 사용하여 조리방법에 따른 참깨 내 IgE 결합 단백질간의 차이를 비교분석 하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 참깨 조항원의 제조

국내에서 시판되고 있는 국내산 참깨를 구입하여 170°C에서 10분 동안 볶기, 120°C에서 올리브기름과 10분 동안 볶기, 100°C에서 20분 동안 삶기와 같은 세 가지 조리법에 따라 준비하였다. 조리하지 않은 참깨와 조리된 참깨는 각각 phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4)과 1:5 (w/v) 비율로 섞은 후 분쇄기를 사용하여 곱게 갈아준 후 4°C에서 48시간 동안 교반시켰다. 이 용액을 4°C, 12,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 상층액을 분리한 후 여과지를 통과시켜 부유물질을 제거하였다. 이렇게 얻은 단백질 용액은 투석막(dialysis membrane)을 사용하여 3일 동안 투석시켰다. 투석이 끝난 후 4°C, 12,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 분리된 용액을 여과지에 여과시킨 후 동결건조하고 사용 전까지 -20°C에서 보관하였다.

2. Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)

Laemmli의 방법에 따라 각각의 시료들에 loading buffer (60 mM Tris-HCl, 25% glycerol, 2% SDS, 14.4 mM 2-mercaptoethanol, 0.1% bromophenol blue)를 첨가한 후, 끓는 물에서 5분간 반응시켰다. 5% stacking, 10%, 또는 13.5% separating SDS-polyacrylamide gel에 준비된 시료들을 loading 한 후 50/180 V에서 전기영동을 실시하여 coomassie blue로 염색한 다음 구성단백들의 분포를 비교분석 하였다.

3. IgE immunoblots

연세의료원과 삼성의료원에 내원한 환아들을 대상으로 병력에서 식품알레르기가 의심되는 환아를 대상으로 CAP radioallergosorbent techni-

que (UniCAP, Pharmacia, Upsala, Sweden)을 이용하여 참깨 특이 IgE 항체를 측정하여 양성을 보이는 혈청들을 수집하였다.

전기영동이 끝난 gel은 transfer kit를 이용하여 nitrocellulose membrane에서 분리된 단백 띠들을 이동시킨 후 skim milk가 포함된 PBS 용액으로 실온에서 blocking 하였다. Membrane에 수집된 환자들의 혈청을 첨가하고 16-18 시간 동안 반응시킨 후 발색을 위한 anti-human IgE (ϵ -chain specific) (Sigma Chemical, MO, USA)를 반응시켜 IgE 결합 단백 띠들을 시각화하였다.

결 과

1. 참깨의 단백질구성

국내산 참깨 내 단백질구성을 알아보기 위하여 추출한 조항원을 사용하여 전기영동을 실시한 결과, 약 6-115 kD 범위에 걸쳐 다양한 크기의 단백질 띠들이 gel에서 골고루 분포하였다. 또한 이들 중에서 Ses i 2 (7 kD, 2S albumin), Ses i 3 (45 kD, vicilin)와 Ses i 4 (17 kD, oleosin) 등 참깨의 주요 알레르겐으로 알려져 있는 단백질

뚜렷하게 관찰되었다.(Fig. 1. lane 1)

2. 참깨의 조리방법에 따른 단백질포의 변화

참깨에 대해 국내에서 주로 조리되고 있는 방법에 따라 볶기, 식물성 기름과 함께 볶기 그리고 삶기와 같은 세 가지 조리방법으로 시료들을 준비하였다. 이렇게 준비된 참깨 시료들로부터 단백질을 추출하여 전기영동을 실시한 결과, 조리하지 않은 참깨의 구성단백들과 비교해 보았을 때 볶은 참깨의 경우 거의 대부분의 단백질 띠들이 소멸되었으며 식물성 기름과 함께 볶은 참깨의 경우에는 일부 단백질 띠들이 약하게 남아있었다.(Fig. 2. lane 2, 3, 5) 또한 삶은 참깨의 경우 부분적으로 단백질 띠들이 약해지거나 소실되기는 하였으나 6-82 kD 범위에 해당하는 단백질 띠들이 뚜렷하게 재구성되어 있었다.(Fig. 2. lane 4) 그리고 참깨를 삶고 난 후 분리한 상층액 내에서도 약하지만 6 kD 부근의 단백질 띠들이 여전히 존재하였다.(Fig. 2. lane 6)

3. 조리방법에 따른 참깨에 대한 특이 IgE 항체 반응

참깨 특이 IgE 항체 양성 혈청은 6명의 환자로

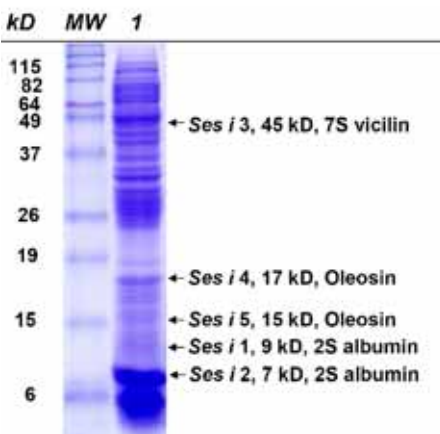


Fig. 1. SDS-PAGE analysis for sesame seed protein.

Abbreviations: MW, molecular weight marker; lane 1, total proteins of sesame seed crude extract labeled with Coomassie blue stain

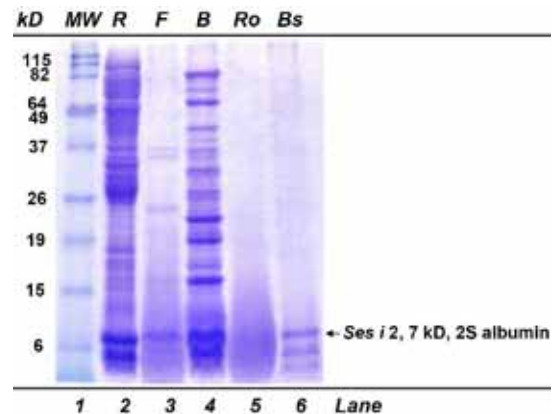


Fig. 2. SDS-PAGE analysis for variously cooked sesame seeds.

Abbreviations: lane 1, molecular weight marker (MW); lane 2, raw (R); lane 3, fried (F); lane 4, boiled (B); lane 5, roasted sesame seed (Ro); lane 6, boiled sesame seed soup (Bs)

부터 수집되었다.(Table 1) 다양한 조리방법에 따른 참깨 및 참깨를 삶은 뒤 상층액만을 분리한 시료를 수집된 혈청들과 반응시키는 immunoblot을 시행하여 IgE 항체와 반응하는 단백질들을 확인하였다. 조리하지 않은 참깨 특이 IgE 단백질들은 6-82 kD 범위에서 골고루 존재하였으며, 이들 중에서도 중요 참깨 알레르겐들로 알려져 있는 Ses i 2 (7 kD)와 Ses i 4 (17 kD)에 해당하는 단백질들이 혈청 내 IgE와 강한 결합을 나타내었다.(Fig. 3. lane 2) 그러나 삶은 참깨의 경우 gel 상에서는 다양한 단백질로 구성되어 있었으나 IgE immunoblot에서는 7 kD (Ses i 2) 단백질

만이 IgE 항체와 강하게 결합을 하였으며 37, 64 kD 단백질의 경우 아주 약하게 IgE 항체와 반응하였다.(Fig. 3. lane 4) 또한 식물성 기름과 볶거나 참깨를 삶은 상층액의 경우 37 kD 부근에 매우 약한 IgE 결합 단백질만이 관찰되었으며, 볶은 참깨의 경우는 참깨 특이 IgE와 반응하는 단백질이 전혀 관찰되지 않았다.(Fig. 3. lane 3, 5, 6)

고 찰

식품알레르기는 지난 20년간 전세계적으로 중요한 건강관련문제 중 하나로 대두되고 있으며 삶의 질에 있어서도 심각한 부정적 효과를 낳고 있는 실정이다.¹¹⁾ 식품알레르기는 나라마다 그 빈도나 호발하는 원인식품들에 차이가 있는데 이는 그 나라의 유전적 특성, 문화, 식습관 및 조리법 그리고 생후 초기에 노출되는 알레르기 유발 식품의 종류와 깊은 연관이 있는 것으로 알려져 있다.¹²⁾ 예를 들어 땅콩의 경우에는 중국과 미국에서 모두 섭취 빈도가 높은 대표적인 식품이지만 미국에서는 땅콩 알레르기 빈도가 전체 인구의 약 0.6% 이상으로 추정되는 반면 중국에서는 그 유병률이 현저히 낮다.¹³⁾ 미국에서는 대부분 마른 땅콩을 180℃의 높은 온도에서 볶는 조리법을 주로 사용하고 있고, 중국에서는 주로 삶거나 기름과 같이 볶는 조리법이 사용되고 있다.¹⁴⁻¹⁷⁾ 인종간의 특이성을 배제할 수는 없지만 이러한 조리

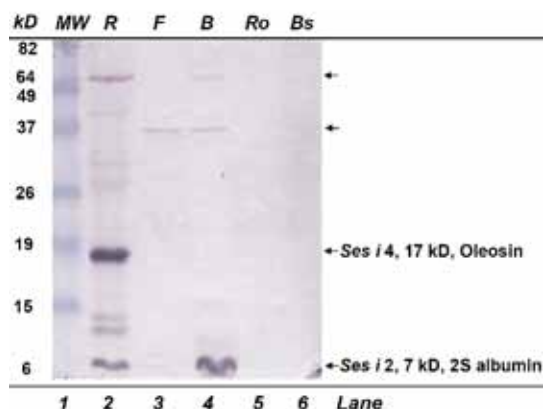


Fig. 3. IgE immunoblot analysis for variously cooked sesame seeds.
Abbreviations : lane 1, molecular weight marker (MW); lane 2, raw (R); lane 3, fried (F); lane 4, boiled (B); lane 5, roasted sesame seed (Ro); lane 6, boiled sesame seed soup (Bs)

Table 1. Clinical and Biological Characteristics of Sesame seeds Hypersensitivity in the 6 Subjects of Our Study

No	Sex	Age (yr)	Diagnosis	IgE (mg/dL)	UniCAP test (kU/L)				
					Egg	Milk	Soy	Peanut	Sesame
1	M	2	AD	>5,000	>100	93.4	14.1	32.3	>100
2	M	3	AD	1,539	90.6	6.37	10.6	12.6	45
3	F	2	AD	1,172	>100	3.32	30.3	>100	30.6
4	F	8	AS	810	0.82	0	3.26	8.45	21.7
5	F	1	AD	1,856	42.4	101	41.9	101	18.7
6	F	5	AD	2,737	82	83	17.7	65.8	24.6

Abbreviations : AD, atopic dermatitis; AS, asthma

법의 차이 또한 유병률에 영향을 미치는 것으로 생각되며, 땅콩을 삶거나 기름과 같이 볶는 조리법이 마른 상태의 땅콩을 고온에서 볶는 것보다 땅콩의 항원성을 줄이는 것으로 제시되고 있다.¹⁴⁾

참깨 알레르기는 최근 많은 나라에서 증가하고 있으며 아나필락시스와 같이 심한 알레르기 증상을 일으킬 수 있는 것으로 알려져 참깨의 항원성과 관련된 연구의 필요성이 점점 부각되고 있다.¹⁰⁾ 그러나 국내에서는 아직까지 참깨의 단백질 분석 및 특이 IgE 매개 항원성 분석에 대한 연구는 보고되어 있지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 세계적으로 알레르기 빈도가 증가하고 있고 국내에서도 역사적으로 오랫동안 섭취되어온 참깨에 대하여 단백질구성 및 조리방법에 대한 이들 식품의 항원성 변화를 비교분석 하고자 하였다.

국내산 참깨를 구입하여 삶기, 기름과 함께 볶기, 마른 상태로 볶기와 같은 방법으로 조리한 후 전기영동을 이용하여 이들의 구성단백들을 비교하였다. 볶은 경우 높은 분자량의 단백질들은 거의 관찰되지 않은 반면, 기름과 함께 볶은 경우에는 6-37 kD에 위치한 단백질이 흐리게 존재하는 것이 관찰되었다. 반면 삶은 참깨의 구성단백들의 경우 단백질이 조리하지 않은 참깨와 마찬가지로 6-82 kD 범위에 걸쳐 골고루 분포하였으나 단백질분포 양상에 있어서는 다소 변화가 있음을 알 수 있었다. 또한 참깨를 삶은 후 상층액을 분리하여 전기영동을 실시하였을 때 6 kD 부근에서 세 개의 단백질이 확인되었다. 이와 같은 사실은 참깨를 100℃ 이상의 고온에서 삶는 조리법의 경우 그 상층액 내에도 참깨 알레르겐이 존재하며 이들 단백질에 대한 알레르기 반응이 유발될 수 있음을 의미한다. 실제로 참깨의 주된 알레르겐으로 알려져 있는 Ses i 1 (약 12 kD)의 경우 산성 또는 중성 용액처리 및 열처리 등에도 최소한의 변성을 제외하고는 이 알레르겐의 단량체 상태가 안정적으로 유지됨이 밝혀진 바 있다.⁹⁾

식품알레르기는 크게 IgE 매개성 또는 IgE 비

매개성 질환으로 나뉘는데, 미국에서는 IgE 매개 식품알레르기 유병율이 전체인구의 3.5-4% 라고 보고되고 있다.¹⁸⁾ 즉, 음식 내 특정 알레르겐들이 혈액 내 호산구 표면이나 조직 내 비만세포 표면에 부착된 IgE와 반응하면, 이와 같은 IgE 항체와 식품알레르겐의 상호작용은 히스타민이나 프로스타글란딘, 류코트리엔 또는 사이토카인과 같은 심한 염증반응을 일으키는 매개물질들을 유도하게 된다. 본 연구에서는 식품알레르기가 의심되는 환자에서 참깨 특이 IgE가 양성인 환자혈청들을 선별하여 조리 별 참깨 알레르겐의 특이 IgE 반응을 immunoblot 분석을 이용하여 조사하였다. 그 결과 조리하지 않은 참깨 단백질들의 경우 각각 7, 12, 14, 17, 26-64 kD 부근에서 특이적인 IgE 반응을 보였다. 이 범위에 속하는 참깨 알레르겐으로는 Ses i 1 (9 kD), Ses i 2 (7 kD), Ses i 3 (45 kD)와 Ses i 4 (17 kD) 등이 있으며, 이들 대부분이 환자혈청을 이용한 IgE 분석에서도 높은 빈도로 관찰되었다.^{5, 6, 10)} 그러나 본 연구에서는 마른 상태에서 볶은 참깨의 경우 전기영동에서 대부분의 단백질이 소실된 것과 마찬가지로 IgE immunoblot 분석에서도 IgE 결합단백질을 관찰할 수 없었다. 그리고 삶아서 조리한 참깨의 경우에는 전기영동에서는 다양한 단백질이 관찰된 반면, immunoblot 에서는 37 kD 이상에서 흐린 단백질이 나타났으며 특징적으로 조리하지 않은 참깨와 동일하게 7 kD 부근에 강한 IgE 결합 단백질이 관찰되었다. 7 kD에 해당하는 Ses i 2 (2s albumin)는 종자 내 저장 단백질로 참깨 전체 구성단백질 성분 중 거의 25 %를 차지하고 있으며 주로 가용성 단백질성분으로 이루어져 있다. 또한 Ses i 2가 포함된 2s albumin 그룹 단백질들은 콩, 땅콩, 호두 그리고 브라질넛에도 존재하며 이런 특징 때문에 참깨의 Ses i 2 단백질은 호두 알레르겐인 Jur r 1과 38 % 상동성을 보이며 브라질넛 알레르겐인 Ber e 1과는 40 % 그리고 땅콩 알레르겐인 Ara h 2와는 34 %의 상동성을 나타낸다고 알려져 있다.⁶⁾ 앞서 말한 호두,

브라질넛, 땅콩 등은 대표적인 알레르기유발 식품으로 참깨 알레르겐과의 상동성은 곧 참깨와 이들 식품들간의 교차반응 가능성을 의미하며 참깨 구성 단백질의 알레르기유발 가능성을 높이는 결과를 초래할 수 있다. 그러나 기름과 함께 볶은 조리법과 참깨를 삶은 후 분리한 상층액의 경우에는 37 kD 부근에 희미한 IgE 결합단백 띠만이 관찰되었다. 본 연구의 제한점으로 immunoblot 분석의 대상군이 혈청 내 참깨 특이 IgE는 양성을 보였으나 유발검사 등으로 참깨 알레르기가 확진된 경우가 아니라는 점이다. 그러므로 본 실험에서 나타난 결합 단백질 띠의 임상적 의의에 대하여는 명확한 결론을 내리기에 어려움이 있다. 또한 조리방법에 대한 영향의 평가에 있어서도 추후 조리방법에 따라 조제된 참깨항원을 이용하여 참깨 알레르기 환자를 대상으로 피부시험 등을 시행한 연구가 이루어진다면 본 연구의 실험적인 결론을 뒷받침할 수 있는 임상연구가 될 것으로 생각된다.

결론적으로 참깨의 경우 조리방법에 따라 항원성의 변화가 있으며, 특히 조리하지 않거나 또는 삶은 경우에 참깨 특이 IgE 항체 반응은 다른 조리방법들보다 상대적으로 강하게 나타났으며 이와 같은 강한 항원성은 참깨에 대한 감작률을 높일 수 있다고 생각된다. 이외에도 참깨는 다른 tree nut 식품이나 콩과 식품과의 교차반응 가능성이 있으므로 알레르기 유발식품으로써의 참깨에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

목적 : 본 연구에서는 참깨 알레르겐의 구성 단백을 알아보고 조리방법에 따른 항원성의 변화를 비교하고자 하였으며, 참깨 특이 IgE 항체 수치가 높은 환자들의 혈청을 이용하여 IgE와 결합하는 알레르겐 내 구성단백들을 조사하고자 하였다.

방법 : 참깨를 다양한 방법(볶기, 식물성 기름

과 볶기, 삶기)으로 조리한 후 각각의 조항원을 제조하고 SDS-PAGE를 통해 그 단백분포를 비교하였다. 그리고 알레르기 환자를 대상으로 시행한 CAP test를 기초로 참깨 알레르겐에 감작된 환자의 혈청을 수집하고 immunoblot 분석을 시행하여 특이 IgE 결합능을 비교해 보았다.

결과 : 조리하지 않은 참깨의 경우 SDS-PAGE 상에서 6-115 kD 크기에 해당하는 많은 단백질 띠들이 관찰되었다. 이 중에서도 중요 참깨 알레르겐들로 알려져 있는 7, 9, 12, 15, 17 kD 단백질 띠들이 존재함을 관찰할 수 있었다. 각각의 조리한 참깨들을 비교해 본 결과, 볶거나 식물성 기름과 함께 볶은 경우 거의 대부분의 단백질 띠들이 소실되었으나 삶은 경우에는 보다 선명한 다양한 크기의 단백질 띠들이 재구성됨을 알 수 있었다. 또한 참깨를 삶은 후 분리한 상층액에서도 특징적으로 6 kD 부근에 단백질 띠들이 관찰되었다. 참깨에 특이적인 환자혈청들을 사용하여 IgE immunoblot 분석을 실시한 결과 조리하지 않은 참깨는 삶거나 식물성 기름과 볶은 참깨와 함께 공통적으로 7 kD 또는 37 kD에 특이적으로 결합한 IgE 단백질 형성이었다.

결론 : 참깨의 경우 조리방법에 따라 항원성의 변화가 있으며, 특히 조리하지 않거나 또는 삶은 경우에 참깨 특이 IgE 항체 반응은 다른 조리방법들보다 상대적으로 강하게 나타났으며 이와 같은 강한 항원성은 참깨에 대한 감작률을 높일 수 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Ferreira CT, Seidman E. Food allergy: a practical update from the gastroenterological viewpoint. *J Pediatr* 2007;83:7-20.
- 2) Sicherer SH, Sampson HA. 9. Food allergy. *J Allergy Clin Immunol* 2006;117:S470-5.
- 3) Sicherer SH, Munoz-Furlong A, Sampson HA. Prevalence of seafood allergy in the United States determined by a random telephone sur-

- vey. *J Allergy Clin Immunol* 2004;114:159-65.
- 4) Leduc V, Moneret-Vautrin DA, Tzen JT, Morisset M, Guerin L, Kanny G. Identification of oleosins as major allergens in sesame seed allergic patients. *Allergy* 2006;61:349-56.
 - 5) Navuluri L, Parvataneni S, Hassan H, Birmingham NP, Kelly C, Gangur V. Allergic and anaphylactic response to sesame seeds in mice: identification of Ses i 3 and basic subunit of 11s globulins as allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 2006;140:270-6.
 - 6) Beyer K, Bardina L, Grishina G, Sampson HA. Identification of sesame seed allergens by 2-dimensional proteomics and Edman sequencing: seed storage proteins as common food allergens. *J Allergy Clin Immunol* 2002;110:154-9.
 - 7) Pajno GB, Passalacqua G, Magazzu G, Barberio G, Vita D, Canonica GW. Anaphylaxis to sesame. *Allergy* 2000;55:199-201.
 - 8) Pastorello EA, Varin E, Farioli L, Pravettoni V, Ortolani C, Trambaioli C, et al. The major allergen of sesame seeds (*Sesamum indicum*) is a 2S albumin. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 2001;756:85-93.
 - 9) Moreno FJ, Maldonado BM, Wellner N, Mills EN. Thermostability and in vitro digestibility of a purified major allergen 2S albumin (Ses i 1) from white sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Biochim Biophys Acta* 2005;1752:142-53.
 - 10) Gangur V, Kelly C, Navuluri L. Sesame allergy: a growing food allergy of global proportions? *Ann Allergy Asthma Immunol* 2005;95:4-11.
 - 11) Marklund B, Ahlstedt S, Nordstrom G. Health-related quality of life in food hypersensitive schoolchildren and their families: parents' perceptions. *Health Qual Life Outcomes* 2006;4:48.
 - 12) Dalal I, Binson I, Reifen R, Amitai Z, Shohat T, Rahmani S, et al. Food allergy is a matter of geography after all: sesame as a major cause of severe IgE-mediated food allergic reactions among infants and young children in Israel. *Allergy* 2002;57:362-5.
 - 13) Sicherer SH, Munoz-Furlong A, Burks AW, Sampson HA. Prevalence of peanut and tree nut allergy in the US determined by a random digit dial telephone survey. *J Allergy Clin Immunol* 1999;103:559-62.
 - 14) Beyer K, Morrow E, Li XM, Bardina L, Bannon GA, Burks AW, et al. Effects of cooking methods on peanut allergenicity. *J Allergy Clin Immunol* 2001;107:1077-81.
 - 15) Chung SY, Butts CL, Maleki SJ, Champagne ET. Linking peanut allergenicity to the processes of maturation, curing, and roasting. *J Agric Food Chem* 2003;51:4273-7.
 - 16) Maleki SJ, Chung SY, Champagne ET, Raufman JP. The effects of roasting on the allergenic properties of peanut proteins. *J Allergy Clin Immunol* 2000;106:763-8.
 - 17) Maleki SJ, Viquez O, Jacks T, Dodo H, Champagne ET, Chung SY, et al. The major peanut allergen, Ara h 2, functions as a trypsin inhibitor, and roasting enhances this function. *J Allergy Clin Immunol* 2003;112:190-5.
 - 18) Sampson HA. Update on food allergy. *J Allergy Clin Immunol* 2004;113:805-19.