식품의 주요 알레르겐 및 면역기법을 이용한 분석

Major food allergens and its analysis using immunotechnology

성동은*

Dong-Eun Sung

동양미래대학교 식품공학과

Department of Food Science & Engineering, Dongyang Mirae University

Ⅰ. 서론

최근 환경오염, 식습관의 변화 등으로 인해 전 세계적으로 식품알레르기 환자가 급증하고 있다. 세계 인구 중 약 2.2억~2.5억 명이 식품알레르기로 인해 고통 받고 있으며, 식품알레르기의 발생은 성인에서 1-2% 정도이며 영유아에서는 이보다 높은 5-8%로 추정된다[1].

식품알레르기는 식품 및 식품 첨가물에 대한 면역학적 이상반응으로, 가려움, 호흡곤란, 아토피성피부염 등 다양한 알레르기성 반응을 보이며, 전신성 쇼크인 아나필락시스 (anaphylaxis)와 같은 심각한 반응은 생명을 위협할 수도 있다. 현재까지 식품알레르기를 방지할 수 있는 완벽한 예방법은 없기에 식품알레르기 환자들의 대부분은 식품알레르기 표시사항을 확인하고 자신이 알레르기 반응을 보이는 식품이 제외된 식단을 섭취하는 것이 유일한 대안이다. 식품알레르기는 환자 본인뿐만 아니라 가족의 삶의 질과도 밀접한 연관이 있다. 환자 자신은 식품으로 인해 죽을 수도 있다는 두려움, 다른 이들과 다른 삶의 방식을 가지며 또래집단에서 원활한 활동을 할 수 없다는 소외감, 분노 등 부정적인 감정에 고통 받으며, 가족들 역시 환자의 식단을 관리하기 위해 영양 불균형 상태에 놓일 수 있으며, 환자의 감정적인 부분까지 보살펴야 하는 등 삶의 질에 영향을 받을 수 있다.

사회적인 문제로 대두된 식품알레르기에 대한 정보를 수집하고 효과적으로 관리하기 위해 미국, 유럽연합, 호주, 뉴질랜드, 일본 등 세계 각국에서는 식품알레르기의 소개 및 식품알레르기 관리방법 등을 포함하는 가이드라인을 발표하였다. 우리나라에서도 이러한 추세에 발맞추어, 서울시, 교육청 및 식품의약품안전처에서 가이드라인을 제작하고 배포하는 노력을 하고 있지만, 식품알레르기에 대한 대중의 이해 및 관심은 여전히 부족한 실정이다. 이에 본고에서는 식품알레르기를 이해하기 위한 내용을 소개하고자 한다.

* Correspondence to: Dong-Eun Sung
Dongyang Mirae University, 445, Gyoungin-ro, Guro-gu, Seoul, 08221, Korea.
Tel: 82-2-2610-5190 E-mail: sdongeun@dongyang.ac.kr

II. 본론

1. 식품알레르기란?

식품알레르기에 대한 다양한 정의가 있지만, 미국 NIAID (National Institute of Allergy and Infectious Diseases)에서 합의된 정의에 따르면, 식품알레르기는 특정 식품에 노출됨으로써 반복적으로 발생하는 면역학적 부작용이다[2]. 유당분해효소 결핍으로 인해 발생할 수 있는 유당 불내성(lactose intolerance)과 같은 식품 불내성, 카페인, 알코올, 히스타민 등과 같은 물질에 대한 비면역학적 과민반응은 식품알레르기라 정의되지 않는다. 여기에서 식품은 가공여부와 상관없이 인간이 섭취하는 모든 물질을 의미하며, 음료, 추잉검, 식품첨가물, 식이보충제는 포함하지만, 섭취하는 경우가 있더라도 약물, 담배류, 입술 보호 제품과 같은 화장품으로서 사용된 물질은 식품에 포함되지 않는다.

식품알레르기는 크게 면역글로불린 E (IgE) 항체에 의해 매개되는 알레르기, IgE와 관련이 없는 알레르기 그리고 혼합형 알레르기로 분류할 수 있다. 대부분의 식품알레르기는 식품 섭취 후 즉각적(식품 섭취 후 1-2시간 이내)으로 증상이 발병하는 IgE 매개형이다. IgE에 의해 매개되는 전형적인 식품알레르기의 매커니즘을 도식으로 그림 1에 설명하였다. 정상적인 사람의 경우, 식품 또는 식품첨가물의 섭취로 인해 면역학적 부작용이 발생하지 않지만, 알레르기 환자의 경우 위장관을 통과하며 분해된 식품 및 식품첨가물에서 비롯된 펩타이드는 항원제시세포에 의해 T 세포에 인식되고, B 세포를 자극함으로써 항원에 대한 항체, IgE를 생성한다. 이렇게 체내에 IgE가 생성된 상태를 '감작(sensitization)된다'라고 표현한다. 알레르기성 감작(sensitization)은 알레르겐을 특이적으로 인식하는 IgE가 존재하는 경우를 의미하며, 어떤 사람은 임상적 증상 없이 알레르기성 감작만 되어있는 경우가 있기 때문에 감작과 특정식품에 노출 후 나타나는 알레르기의 특징적 징후 모두가 있어야만 식품알레르기로 진단된다.

이후 같은 식품(항원)이 다시 도입되면 비만세포(mast cell)-IgE-항원의 결합이 발생하며, 비만세포(mast cell) 내에 존재하고 있던 물질들(히스타민 등)이 외부로 방출됨으로써 두드러기 또는 아토피피부염과 같은 피부 질환, 기관지 천식, 비염과 같은 호흡기 질환, 설사, 구토 같은 위 장관 질환과 같은 알레르기 반응이 나타나게 된다. 흔하지는 않지만 전신성 쇼크인 아나필락시스와 같은 반응으로 나타나는 경우도 있다.

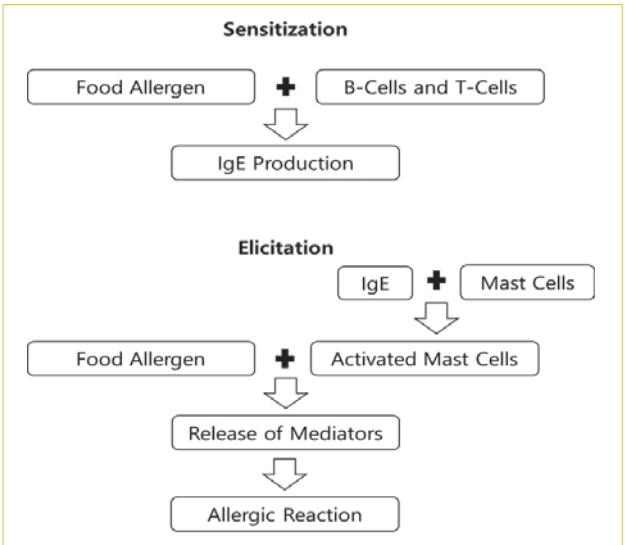

그림 1. 알레르기 반응 기전 [3]

식품알레르기를 유발한다고 보고된 식품은 160가지 이상이지만, 그 중 90% 이상은 달걀, 우유, 땅콩, 견과류, 생선, 갑각류, 대두, 밀에 노출됨으로써 발생한다. 식품알레르겐은 현재까지 200여 종의 아미노산 서열이 밝혀져 있으며, 다양한 식품에서 밝혀진 주요 알레르겐은 표 1과 같다.

2. 국가별 식품알레르기 표시기준

알레르기를 주로 유발하는 몇몇 식품이 존재하지만, 알레르기 유발 빈도는 문화, 식습관에 영향을 받아 다양하게 나타난다. 각 국가들은 자국에서 빈번하게 문제가 되는 원인식품들을 바탕으로 알레르기 유발가능성 표시를 하도록 법으로 규정하고 있으며, 이러한 알레르기 유발 주요 원인식품은 지속적으로 추가, 변경되고 있다.

우리나라는 난류(가금류로 제한), 우유, 메밀, 땅콩, 대

표 1. 주요 식품알레르겐 [4, 5]

식품	알레르겐
우유 및 유가공식품	• Bos d 8 (casein, 20–30 kDa) • Bos d 5 (β–lactoglobulin, 18 kDa) • Bos d 4 (α–lactalbumin, 14 kDa) • Bos d 6 (serum albumin, 67 kDa)
달걀 및 난가공식품	• Gal d 1 (ovomucoid, 28 kDa) • Gal d 2 (ovalbumin, 44 kDa) • Gal d 3 (ovotransfferin, 77 kDa) • Gal d 4 (lysozyme, 14 kDa) • α–livetin (70 kDa)
생선 및 어류 가공식품	• Gad c 1 (12 kDa) • 15–200 kDa
갑각류 및 갑각류 가공식품	• 새우종류: Met e 1, Par f 1 (39 kDa), Pena 1 (36 kDa), Pen i 1 (34 kDa) • 랍스터: Pan s 1, Hom a 1 • 오징어: Tod p 1 (38 kDa)
고기 및 육가공식품	• serum protein (66 kDa) • γ–globulin (60 kDa) • actin • 14, 18, 20, 45, 60 kDa
대두 및 대두 가공식품	• Gly m Bd 30K (30 kDa) • Glycine (320 – 360 kDa, six subunits 58 – 62 kDa) • β–conglycinin (140 – 180 kDa, three subunits 42 – 76 kDa) • Proline (Gly m 3, 14 kDa) • Kunitz–trypsin–inhibitor (20 kDa) • Gly m 1 (two isoallergens with 7 and 7.5 kDa) • Gly m 2 (8 kDa)
땅콩 및 땅콩 가공식품	• Ara h 1 (vicilin, 63.5 kDa) • Ara h 2 (conglutin, 17 kDa) • Ara h 3 (glycinin, 57 kDa)
호두 및 호두 가공식품	• Jug r 1 (2S albumin, 15–16 kDa) • Jug r 2 (7S vicilin, 47 kDa) • Jug r 3 (lipid transfer protein, 9 kDa) • Jug r 4 (11S legumin, 58.1 kDa) • Jug r 5 (Profillin)
잣 및 잣 가공식품	• Pin pi 1 (50 kDa) • Pin pi 6kD (6 kDa) • Pin pi 17kD (17 kDa)
견과류 및 견과류 가공식품	• 헤이즐넛: Cor a 1(17 kDa), Cor a 1.0401 • 브라질넛: Ber e 1 (9 kDa)
곡류 및 곡류 가공식품	• 밀가루: 26 kDa • 호밀: 40 kDa • 보리: 26, 46 kDa • 귀리: 66 kDa
장미과 과일	• 사과: Mal d 1, Mal d 3 • 배: Pyr c 1, Pyr c 4 • 자두: Pru ar 1, Pru ar 3 • 복숭아: Pru p 3 • 체리: Pru av 1

두, 밀, 고등어, 게, 새우, 돼지고기, 복숭아, 토마토, 아황산류(SO_2로 10 mg/kg 이상인 경우) 등 13개 품목에 대한 알레르기 표시를 하도록 하였다가 지난 2014년 호두, 닭고기, 쇠고기, 오징어, 조개류(굴, 전복, 홍합 포함)를 추가하여 총 21개 물질을 알레르기 유발가능성 원료로 표기하고 있으며, 이어서 잣이 추가될 예정이다(2017년 9월 29일 행정예고)[6]. 미국은 알레르기 유발가능성이 가장 빈번하다고 알려진 8가지 식품(달걀, 우유, 땅콩, 견과류, 생선, 갑각류, 대두, 밀)의 알레르기 유발가능성을 표시하도록 하고 있으며[7], 캐나다는 견과류(아몬드, 브라질넛, 캐슈넛, 헤이즐넛, 마카다미아, 피칸, 잣, 피스타치오, 호두), 땅콩, 참깨, 밀/라이밀(triticale), 달걀, 우유, 대두, 해산물(갑각류, 패류, 어류), 겨자씨, 글루텐 함유식품, 아황산염(10 ppm 이상 함유된 경우에 한함)을 표기하고 있다[8]. EU는 글루텐 함유 곡물, 갑각류, 난류, 어류, 땅콩, 대두, 우유, 견과류(아몬드, 헤이즐넛, 호두, 캐슈넛, 피칸, 브라질 넛, 피스타치오, 마카다미아 등), 샐러리, 겨자, 참깨, 아황산염(SO_2로 10 mg/kg 이상인 경우), 루핀(lupin), 연체동물을 의무적으로 표기하도록 하고 있으며, 레스토랑 및 비포장 식품에도 알레르겐 표시를 의무화하고 있다[9].

일본은 달걀, 유유, 밀, 메밀, 땅콩, 그리고 새우와 게에 대한 표기가 의무화(7개 알레르겐) 되어 있다. 전복, 오징어, 연어알, 오렌지, 키위, 소고기,

식품	알레르겐
라텍스 관련 과일	아보카도: Pers a 1 (32 kDa) 바나나: Mus p 1.1 (32 kDa), Mus p 1.2 (34 kDa) 밤: Cas s 5 (32 kDa)
샐러리 및 샐러리 가공식품	Api g 1 (16 kDa) Api g 4 (15 kDa) Api g 5 (55–58 kDa)
당근 및 당근 가공식품	Dau c 1 (16 kDa)

호두, 연어, 고등어, 대두, 닭고기, 바나나, 돼지고기, 송이버섯, 복숭아, 참마, 사과, 젤라틴 (18개 알레르겐)에 대해서는 의무표시사항은 아니지만 이에 대한 표시를 권고하였고, 2014년 9월부터는 권장되는 알레르겐 표시사항에 캐슈넛과 참깨를 추가하여 현재 7개의 알레르겐을 의무표시, 20개의 알레르겐을 표시 권장하고 있다[10]. 대만의 새로운 식품알레르겐 표시규정은 2015년 7월 1일부터 발효되었으며, 새우, 게, 망고, 땅콩, 우유, 달걀이 제품에 포함될 경우 알레르기 표시를 하도록 하고 있다[11]. 호주와 뉴질랜드는 땅콩, 견과류, 우유, 달걀, 참깨, 생선, 갑각류, 대두, 밀에 대한 알레르기 표시를 하도록 하고 있고, 2017년 5월 25일부터는 루핀(lupin)에 대한 알레르기 표시를 하도록 개정되었으며, 산업체는 12개월간의 유예기간 이후 이를 강제할 것을 공표하였다[12]. 국가별 알레르기 표시 기준을 표 2에 정리하였다.

3. 식품 중 알레르겐의 분석방법 – 면역기법을 중심으로

식품 내 포함된 알레르겐으로 인한 사고를 방지하기 위해서 정확한 검출이 중요하다. 식품 내 알레르겐 검출은

표 2. 국가별 알레르기 표시기준

국가		표시 알레르겐
한국		• 난류 • 우유 • 메밀 • 땅콩 • 대두 • 밀 • 고등어 • 게 • 새우 • 돼지고기 • 복숭아 • 토마토 • 아황산류 • 호두 • 닭고기 • 쇠고기 • 오징어 • 조개류 (굴, 전복, 홍합) ※ 잣 (2017.9.29. 행정예고)
미국		• 유(乳) • 달걀 • 생선 • 갑각류 • 견과류 • 밀 • 땅콩 • 대두
캐나다		• 견과류 • 땅콩 • 참깨 • 밀, 라이밀 • 달걀 • 우유 • 대두 • 갑각류 • 패류 • 어류 • 겨자씨 • 글루텐 • 아황산염
EU		• 글루텐 함유 곡물 • 갑각류 • 난류 • 어류 • 땅콩 • 대두 • 우유 • 견과류 • 샐러리 • 겨자 • 참깨 • 이산화황 • 루핀 • 연체동물
호주 및 뉴질랜드		• 달걀 • 생선 • 우유 • 땅콩 • 참깨 • 조개 • 대두 • 견과류 • 밀 • 아황산염 ※ 루핀 (2018.5.25.부터 의무표시) ※ 로열젤리 함유식품은 경고표시
일본	의무	• 새우 • 게 • 밀 • 메밀 • 알류 • 우유 • 땅콩
	권장	• 전복 • 오징어 • 연어알(젓) • 연어 • 오렌지 • 캐슈넛 • 키위 • 쇠고기 • 고등어 • 대두 • 닭고기 • 바나나 • 돼지고기 • 송이버섯 • 복숭아 • 참마 • 사과 • 젤라틴 • 호두 • 참깨
중국		• 어류 및 관련 제품 • 알류 및 관련 제품 • 땅콩 및 관련 제품 • 대두 및 관련 제품 • 유 및 유제품(유당포함) • 견과 및 관련 제품 • 갑각류 동물 및 관련 제품(새우, 닭새우, 게 등) • 글루텐 함유 곡물 및 관련제품(소맥, 흑맥, 보리, 귀리, 스펠트밀(Triticunspelta))
대만		• 새우 • 게 • 망고 • 땅콩 • 우유 • 달걀

단백질에 기초한 방법과 DNA에 기초한 방법으로 나눌 수 있다. 가장 널리 이용되고 있는 ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assays) 방법은 전자에 포함되는 것으로, 식품 내 존재하는 알레르겐과 환자의 혈청 또는 특정 알레르겐을 검출할 수 있도록 제조된 항체의 항원-항체 반응 즉, 면역분석학적 방법에 기초한 방법이다.

ELISA는 특정 항원만을 특이적으로 인식하는 항체를 이용하여 항원의 존재유무를 판단하는데, 그 종류에는 직접, 간접, 경쟁적, 샌드위치 ELISA 등이 있다 (그림 2). 직접 ELISA법(direct ELISA)은 항원과 반응하는 항체에 바로 효소를 결합시켜 분석하는 것이고, 간접 ELISA법(indirect ELISA)은 항원과 결합하는 항체 (1차 항체, primary antibody) 에는 효소가 없고, 1차 항체를 인식하는 또 다른 항체(2차 항체, secondary antibody)에 효소가 결합되어 있는 분석방법을 말한다. 경쟁적 ELISA는 항체의 같은 결합 부위에 대한 2가지 항원 간의 경쟁에 의해 분석을 진행하는 것이다. 샌드위치 ELISA(sandwich ELISA)는 특정항원만을 인식하도록 플레이트에 항체를 부착하고 이후 직접 또는 간접 ELISA를 이용해 분석을 진행한다. 시중에서 판매되는 알레르겐 검출 키트들이 대부분 이러한 방법을 사용하고 있으며, 자세한 원리는 다음과 같다. 식품 중 알레르겐을 검출하기 위해 일반적으로 항체가 부착된 특수 플레이트에 알레르겐 포함여부를 확인하고자 하는 식품 샘플을 넣어 항원-항체반응을 유도하고, 항원항체가 결합한 곳에만 부착되는 2차 항체를 결합시키는 데 반응여부를 눈으로 확인할 수 있도록 2차 항체에 미리 형광물질이 부착된 것을 사용한다. 항원, 항체가 모두 있는 곳의 경우 특정 파장에서 발색을 보이므로 샘플 내 항원, 즉, 식품알레르겐의 포함여부를 확인할 수 있다. 소량의 샘플에 한해서 정성적이고 빠른 분석이 필요한 현장에서 주로 사용하는 dipstick과 lateral flow device(LFD) 역시 면역분석학적 방법에 기초한 것이다 [13].

ELISA를 이용한 알레르겐 분석법은 한 번의 실험에 필요한 단백질의 양이 많지 않으며 정량분석이 가능하다는 장점이 있다 [14]. ELISA는 항원단백질의 구조를 항체가 인식함으로써 알레르겐 단백질을 존재여무를 확인하는 것이기에 단백질의 구조가 유사할 경우 교차반응성이 있을 수 있다. 국제공인 분석법(AOAC official method of analysis)에 따르면 ELISA를 이용하여 특정 알레르기 유발 식품을 검사 시 다양한 식품들과의 교차반응 검사를 반드시 포함해야 한다. 우유 분석 시 포함해야 하는 교차반응검사를 표 3에 예시로 나타내었다. 또한, 조리되거나 가공되어 식품 단백질의 구조가 손상되었을 경우 검출할 수 없는 경우가 있다[15].

하지만 이러한 단점에도 불구하고, ELISA는 식품알레르겐의 검출에 가장 많이 사용되는 방법이며, 이러한 방법을 이용한 식품알레르겐 분석용 키트(kit)들이 이미 시중에서 판매되고 있다. 미국 FDA는 시판 kit들로 식품알레르겐을 분석한 결과들을 홈페이지에 공개하고 있다 (표 4).

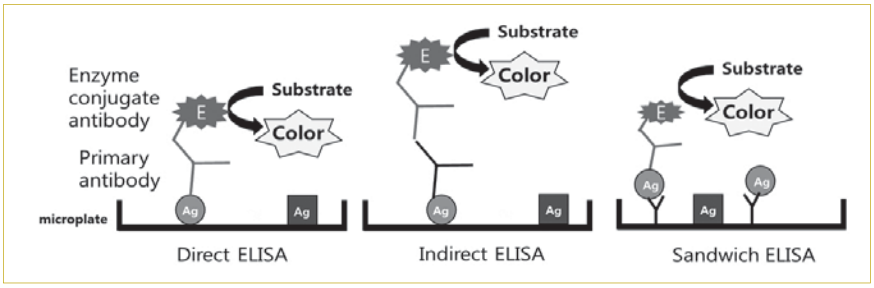

그림 2. 면역기법을 이용한 분석법

표 3. ELISA 분석법을 이용한 우유 검사 시 포함해야 하는 교차반응 검사[15]

아몬드	보리	브라질넛	쇠고기	메밀
캐슈넛	병아리콩	코코아	옥수수가루	갑각류/새우
달걀	생선	헤이즐넛	레시틴	리마 콩
오트	완두류	땅콩	피칸	잣
피스타치오	양귀비 씨	호박씨	백미/현미	호밀
참깨	대두	말린 완두(split peas)	해바라기씨	호두
밀				

표 4. FDA의 시판되고 있는 주요 식품알레르겐 분석용 키트 평가 [3]

식품	제조사	키트	검증	Sensitivity (LODc) (ppm)	정량한계 (LOQc) (ppm)	검출단백질
땅콩	Abkem Iberia	Peanut DiagnoKit	No	Not reported	Not reported	Not reported
	Elisa Systems	Peanut	JRC	0.5	1	Ara h2
	Elisa Systems	Total Peanut	No	0.5	1	Total
	Neogen	Alert for Peanut	No	5	No	Not reported
	Neogen	Reveal for Peanut	No	5	No	Not reported
	Neogen	Veratox for Peanut	AOAC MLPT	Not reported	2.5	Not reported
	R-BioPharm	RiDASCREEN Peanut	No	2.5	Not reported	Total
	R-BioPharm	RIDASCREEN FAST Peanut	AOAC MLPT	1.5	2.5	Total
	Tecra	Peanut Visual Immu-noassay	No	0.5	2.5	Not reported
	Tepnel	BioKits Peanut	AOAC MLPT	0.1	1	Conarachin (Ara h 1)
	Tepnel	BioKits Rapid Peanut	No	Not reported	No	Not reported
우유	Abkem Iberia	Casein DiagnoKit	No	Not reported	0.16	Casein
	Elisa Systems	Beta-lactoglobulin	No	0.5	1	Beta-lacto-globulin
	Elisa Systems	Enhamced Beta-lacto-globulin	No	1	1	Beta-lacto-globulin
	Elisa Systems	Enhamced Casein	No	1	1	Casein
	Neogen	Alert for Total Milk	No	5	No	Not reported
	Neogen	Veratox for Total Milk	No	Not reported	2.5	Not reported
	R-Biopharm	RIDASCREEN Beta-lactoglobulin	No	0.2	5	Beta-lacto-globulin
	SafePath	Milk Residue	No	Not reported	Not reported	Beta-lacto-globulin
	Tepnel	BioKits BLG	No	7.5	25	Primarily Beta-lacto-globulin
	Tepnel	BioKits BSA	No	10	25	Bovine Serum Albumin
	Tepnel	BioKits Casein	No	1	2	Primarily Alpha-Casein
	Tepnel	BioKits Casein Rapid	No	Not reported	Not reported	Casein
밀	Neogen	Alert for Gliadin	No	10	Not reported	Gliadin
	Neogen	Veratox for Gliadin	No	5	5	Gliadin
	R-BioPharm	RIDASCREEN Gliadin	Prolamin Working Group Ring Study	3	5	Gliadin
	R-BioPharm	RIDASCREEN FAST Gliadin	No	10	10	Gliadin
	Tepnel	Wheat Gluten	AOAC	160	16	Omega gliadin
	Tepnel	Gluten Rapid Test Kit	No	50	Not reported	Omega gliadin

달걀	Elisa Systems	Egg	No	0.5	1	Ovalbumin, Ovamucoid
	Neogen	Alert for Egg	No	5	Not reported	Not reported
	Neogen	Veratox for Egg	No	Not reported	2.5	Not reported
	R-Biopharm	RIDASCREEN Egg Protein	No	2	Not reported	Not reported
	SafePath	Egg Residue	No	Not reported	Not reported	Not reported
	Tecra	Egg Visual Immunoassay	No	0.5	0.6	Not reported
	Tepnel	BioKits Egg	No	0.1	0.5	Not reported
견과류	Abkem Iberia	Almond DiagnoKit	No	Not reported	0.06	Not reported
	Abkem Iberia	Hazelnut DiagnoKit	No	Not reported	0.08	Not reported
	Elisa Systems	Almond	No	0.5	1	Not reported
	Elisa Systems	Hazelnut	No	0.25	0.5	Not reported
	Neogen	Alert for Almond	No	5	Not reported	Not reported
	Neogen	Veratox for Almond	No	Not reported	2.5	Not reported
	R-BioPharm	RIDASCREEN Hazelnut	No	3.3	Not reported	Total
	R-BioPharm	RIDASCREEN FAST Almond	No	1.7	2.5	Total
Soy	Elisa Systems	Soy	No	1	1	Trypsin Inhibitor
	Elisa Systems	Enhanced Soy	No	1	2.5	Spy flour proteins
	SafePath	Soy Residues	No	Not reported	Not reported	Trypsin Inhibitor
	Neogen	Alert for Soy Flour	No	5	Not reported	Not reported
	Neogen	Veratox for Soy Flour	No	2.5	2.5	Not reported
	Tepnel	Soya Protein	No	0.5% soy protein in food sample	0.5% soy protein in food sample	Not reported
갑각류	Abkem Iberia	Crustacean DiagnoKit	No	Not reported	0.005	Tropomyosin
	Elisa Systems	Crustacean (18 species)	No	0.05	0.05	Tropomyosin
생선류	No commercial methods are available.					

ELISA를 이용하여 다양한 식품알레르겐 분석연구결과가 보고되었다. Peng 등(2013)은 2개의 단클론항체(monoclonal antibody)를 이용하는 sandwich ELISA를 통해 땅콩 주요 알레르겐인 Ara h 1을 검출하는 분석법을 개발하였으며, 이는 기존의 분석법들에 비해 민감도가 100배 이상 증가되었다 [16]. Geng 등(2015)은 대두 알레르겐에 대한 다클론 항체(polyclonal antibody)를 염소로부터 얻어 sandwich ELISA 분석법을 개발하였으며, 이를 통해 대두 주요 알레르겐인 Gly m 4를 정량분석 할 수 있었음을 보고하였다 [17]. 또한, 다양한 논문들에서 식품의 가공 후 항원성의 변화를 확인하기 위하여 ELISA 분석 결과를 비교하고 있다. 대두, 메밀, 달걀, 땅콩 등 다양한 식품에서 효소가수분해, 초고압, 산 처리 등을 한 뒤 항원성 감소효과를 확인하였다 [18-20].

DNA에 기초하는 PCR/real-time PCR을 이용하는 검출방법은 적절한 ELISA방법이 없거나 여러 종류의 알레

르겐을 한번에 검출해야 할 경우, ELISA에 대한 확정시험으로 사용되고 있다. 이 방법은 DNA를 검출하는 것으로, DNA는 대부분의 식품이 조리되는 온도에 노출된 후에도 단백질처럼 쉽게 변성되는 물질이 아니기 때문에 가공되지 않은 원료 상태의 식품뿐만 아니라 가열 조리된 식품도 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 유류, 우유, 난백 등은 단백질이 매우 높은 상태에서 DNA를 극미량 가지고 있기 때문에 PCR 방법을 적용하기 어렵다. 또한 이 검출법은 DNA를 검출하는 것으로 단백질 자체를 검출해 내는 것이 아니기 때문에 실제로 알레르겐 단백질이 어디로부터 나온 것인지 알 수 없으며, DNA의 존재의 유무로 어떠한 상태로 존재하는지를 명확하게 판단을 내릴 수 없다는 단점이 있다 [21].

단백질에 기초한 분석인 LC/MS를 이용한 검출법은 분자 질량 특성을 사용하여 검출되는 알레르기 단백질의 펩타이드 조각을 직접 분석함으로써 식품 내 알레르겐을 검출한다. LC/MS 방법은 민감도가 높고 화학 물질을 식별하는 특이성이 높아 다수의 알레르기 항원을 한 번에 검출할 수 있으며, 시료준비가 간소하다는 장점이 있다. LC/MS 검출법은, 알레르기 반응을 유발하는 단백질이 아닌 DNA를 분석한다는 PCR의 단점과 항체를 통해 알레르겐을 간접적으로 검출하고 식품 가공에 영향을 받는다는 ELISA의 단점을 보완할 수 있는 분석방법으로 최근 주목받고 있다. 하지만, 고가의 장비 및 높은 전문성 이 요구되기에 일상적인 분석법으로는 유용하지 않으며, 확정검출법으로서 활용가능한 분석법이다.[22-23].

Ⅲ. 맺음말

식품알레르기는 식품 및 식품첨가물에 대한 면역학적 부작용으로 최근 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 발생빈도가 증가하고 있는 질환이다. 비록 식품알레르기가 상대적으로 낮은 치사율을 보이고 거의 지속적인 신체적 증상이 없을지라도, 식품알레르기 환자들은 심각하고 치명적일 수 있는 반응들을 항상 경계하며 살아가야 하고 이로 인한 심리사회적인 문제도 사회적 이슈로 대두되었다.

현재까지 식품알레르기를 관리할 수 있는 유일한 방법은 특정식품을 제외한 식단을 섭취하는 것뿐이다. 하지만 대부분의 식품알레르기 환자들이 한 가지 식품이 아닌 다양한 식품에 알레르기성을 보이기에 해당 식품을 모두 피함으로써 발생할 수 있는 영양불균형 문제도 간과할 수 없다. 또한, 가공식품은 사용된 원료의 다양성으로 인해 알레르겐이 숨겨져 있는 경우도 많다(hidden allergen). 이러한 현실적인 문제들로 인하여 국외에서는 알레르기성을 유발할 수 있는 최소 알레르겐 양, 즉, 알레르겐 역치(threshold)를 도출하는 연구, 여러 가지 가공 처리를 통해 알레르기성을 감소시킬 수 있는 방법 연구를 활발하게 진행하고 있다. 하지만 아직까지 완벽하게 알레르기 반응을 방지할 수 있는 방법은 없으며, 정확한 검출을 통한 회피만이 현재로서는 유일한 대안책으로 제시되고 있다.

식품알레르기는 성장하면서 자연스럽게 사라지는 경우도 있지만, 평생질환의 잠재성이 있다. 환자뿐만 아니라 그 가족들의 삶의 질과 밀접한 연관성이 있어 공중보건문제로 인식되는 식품알레르기는, 국가적 지원 아래 식품, 의학, 심리상담, 교육 등의 다양한 분야를 융합해서 해결책을 찾아나가야 할 것이다.

참고 문헌

1. Fiocchi A, Sampson H, Bahna S, Lack G. (2011) Food allergy. In: WAO white book on allergy. World Allergy Organization, Milwaukee pp. 47-53.

2. Boyce JA, Assa'ad A, Burks A, Jones SM, Sampson HA, Wood RA, Plaut M, Cooper SF, Fenton MJ, Arshad SH. (2011) Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: summary of the NIAID-sponsored expert panel report. J Am Acad Dermatol. 64(1):175-92.

3. FDA. Approaches to Establish Thresholds for Major Food Allergens and for Gluten in Food. Available from: https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/Gui

danceDocumentsRegulatoryInformation/Allergens/ucm106108.htm#ii

4. WHO-IUIS. Allergen nomenclature. Available from: http://www.allergen.org/

5. Allergome. The platform for allergen knowledge. Available form: http://www.allergome.org/

6. 식품의약품안전처. (2017) 식품에 소비자 안전을 위한 주의사항 표시강화-[식품 등의 표시기준] 일부 개정 행정예고. 2017.09.29.

7. FDA. (2004) Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (FALCPA). Available from:

8. Canadian Food Inspection Agency. (2012) Food Allergies and Allergen Labelling. Available from: http://www.inspection.gc.ca/food/information-for-consumers/fact-sheets-and-infographics/food-allergies/eng/1332442914456/1332442980290

9. EU. (2014) Food information to consumers - legislation. Regulation (EU) No 1169/2011. Available from: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R1169&from=en

10. Ebisawa M, Ito K, Fujisawa T. (2017) Japanese guidelines for food allergy 2017. Allergol Int 66:248-264

11. Food and Drug Administration of Taiwan's Ministry of Health and Welfare. (2015) Taiwan's New Food Allergen Labelling Rules Take Effect on 1 July. Available from: http://economists-pick-research.hktdc.com/business-news/article/Regulatory-Alert-China/Taiwan-s-New-Food-Allergen-Labelling-Rules-Take-Effect-on-1-July/bacn/en/1/1X000000/1X0A2ZPE.htm.

12. Food Standards Australia New Zealand. (2017) Allergen labelling. Available from: http://www.foodstandards.gov.au/consumer/labelling/pages/allergen-labelling-.aspx

13. Gaastra W. (184) Enzyme-Linked Immunosorbant Assay(ELISA). In: Walker J.M. (eds) Proteins. Methods in Molecular Biology™, vol 1. Humana Press. pp. 349-355.

14. van Hengel AJ. (2007) Food allergen detection methods and the challenge to protect food-allergic consumers. Anal Bioanal Chem. 389(1):111-8.

15. AOAC international. (2016) Appendix M: Validation procedures for quantitative food allergen ELISA methods: Community guidance and best practices. In: AOAC Official Methods of Analysis. Available form: https://griegler-aoac-org.cld.bz/AOAC-ISPAM-Stakeholder-Panel-Meeting-Book-9-24-17/#zoom=z

16. Peng J, Meng X, Deng X, Zhu J, Kuang H, Xu C. (2011) Development of a monoclonal antibody-based sandwich ELISA for the detection of ovalbumin in foods. Food and Agricultural Immunology. 25(1): 1-8.

17. Geng T, Liu K, Frazier R, Shi L, Bell E, Glenn K, Ward J. (2015) Development of a Sandwich ELISA for Quantification of Gly m 4, a Soybean Allergen. J Agric Food Chem. 63(20): 4947-4953.

18. Lee J, Sung D, Park S, Lee J, Kim J, Shon D, Ahn K, Han Y. (2016) Effect of acid treatment on allergenicity of peanut and egg. J Sci Food Agric,97(7):2116-2121

19. Sung DE, Lee J, Han Y, Shon DH, Ahn K, Oh S, and Do JR. (2014) Effects of enzymatic hydrolysis of buckwheat protein on antigenicity and allergenicity. Nutr Res Prac, 8(3):278-283.

20. Lee C, In S, Han Y, Oh S. (2016) Reactivity change of IgE to buckwheat protein treated with high-pressure and enzymatic hydrolysis. J Sci Food Agric 96: 2073-2079.

21. Lee J-Y, Kim CJ. (2010) Determination of Allergenic Egg Proteins in Food by Protein-, Mass Spectrometry-, and DNA-Based Methods. J AOAC Int. 93:462-77.

22. Bailey L, Lock S, Rummel M, Pike E. (2012) Advanced Analysis of Allergens in Foods: LC-MS-MS Methodologies and Future Insights. Spectroscopy. Available from: http://www.spectroscopyonline.com/spectroscopy/Mass+Spectrometry/Advanced-Analysis-of-Allergens-in-Foods-LCndashMS-/ArticleStandard/Article/detail/765790.

23. Heick J, Fischer M, Popping B. (2011) First screening method for the simultaneous detection of seven allergens by liquid chromatography mass spectrometry. J Chromatogr A. 1218(7):938-43.