전자선 조사가 베타글루칸의 항알레르기 활성에 미치는 영향

박종흠 · 성낙윤 · 변의백 · 송두섭 · 김재경 · 송범석
박상현 · 신미혜[1] · 이주운 · 김재훈 · 유영춘[2,*]

한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, [1]을지대학교 보건산업대학 식품산업외식학과
[2]건양대학교 의과대학 미생물학교실

Effect of Electron Beam Irradiation on the Anti-allergy Activity of β-Glucan

Jong-Heum Park, Nak-Yun Sung, Eui-Beak Byun, Du-Sup Song,
Jaekyung Kim, Beom-Seok Song, Sang-Hyun Park, Mi-Hae Shin[1], Ju-Woon Lee,
Jae-Hun Kim and Young-Choon Yoo[2,*]

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea
[1]*Department of Food Technology and Services, College of Health Industry, Eulji University, Seongnam 461-713, Korea*
[2]*Department of Microbiology, College of Medicine, Konyang University, Daejeon 302-718, Korea*

Abstract - This study evaluated the change in anti-allergy activity of β-glucan by electron beam irradiation. β-Glucan was irradiated at dose of 50 kGy and then orally pre-treated with electron beam irradiated and non irradiated β-Glucan for 7 days. After pre-treatment, allergy was induced by injection of ovalbumin (OVA). Serum total immunoglobulin E (IgE) and OVA-specific IgE levels in the allergic mice was significantly increased but the mice pre-treated 50 kGy electron beam irradiated β-glucan was significantly decreased the levels of total IgE and OVA-specific IgE, respectively. Moreover, cytokine production (interleukin-4) was also decreased in the 50 kGy electron beam irradiated β-Glucan pre-treated mice. These results indicate that pre-treatment of 50 kGy electron beam irradiated β-glucan may elevate the anti-allergy activity. Therefore, electron beam-irradiated β-glucan could be used for nutraceutical foods in food industry.

Key words : β-glucan, Electron beam irradiation, Anti-allergy activity, Immunoglobulin E, Cytokine

서 론

현대사회의 산업화와 식생활의 서구화에 따라 현재 알레르기 질환의 발생이 더욱 증가하고 있는 추세이며, 특히 알레르기 비염의 경우 그 유병율이 급격히 증가하였다 (Kim *et al.* 2007). 알레르기는 비정상적으로 발생하는 면역학적 기전에 의하여 유도되는 과민반응의 일종으로 만성염증 질환으로 구분된다. 항원 (allergen)으로부터 반복적인 노출에 따른 변화된 상태 또는 이상반응이라는 광범위한 의미로부터 자극적이거나 해로운 작용을 일으키는 면역반응으로 해석되고 있다 (Kim and Chae

* Corresponding author: Young-Choon Yoo, Tel. +82-70-4642-6495, Fax. +82-70-4642-6495, E-mail. yc_yoo@konyang.ac.kr

1993). 대표적인 질환으로 두드러기, 비염, 천식, 아토피 등이 있으며, 보통 면역글로불린 E (IgE) 매개의 과민반응과 같은 의미로 사용되고 있다 (Lee *et al.* 2009). 항원(allergen)에는 유전적 요인이나 연령, 성별, 기후변화와 생활환경과 같은 소인적인 측면뿐만 아니라 집먼지진드기, 꽃가루, 동물의 털, 기타 약물 등과 같은 외인성 알레르겐 등을 들 수 있으며 산업의 발전으로 인한 대기오염의 증가와 흡연이나 바이러스성 상기도 감염 등의 유발 인자 증가 등도 알레르기 반응 증가 요인으로 작용할 수 있다 (Spector 1997). 알레르기 비염은 IgE를 매개로 하는 비강 내에서 발생하는 만성염증질환으로 주요 증상으로는 재채기, 가려움, 비루, 코 막힘 등 이며, 알레르기 비염이 장기적으로 지속되면 부비동 염과 같은 만성 염증질환으로 발전하게 되고 더욱 나아가 천식으로 진행되는 것으로 보고되고 있다 (Borish 2003). 알레르기 질환은 단시일에 치료되지 않는 만성적인 질환으로 서양 의학에서는 항원의 침입을 피하는 회피요법과 항히스타민제 등의 약물요법으로 치료하고 있지만 현재까지의 치료제 대부분은 근본적인 원인을 없애기 보다는 알레르기 증상을 완화시키는 화학합성약물이며 이를 장기사용 시 부작용이 발생함으로 환자의 건강상태와 체질을 고려한 지속적인 관리와 치료가 요구됨으로 보다 안전하고 효과적인 치료제 개발이 시급한 실정이다 (Poole and Rosenwasser 2005; Kim *et al.* 2011). 최근에는 한의학을 활용하여 다양한 알레르기 질환의 예방 및 개선을 위한 한약제제 즉 천연약물 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Jung *et al.* 2010; Kang *et al.* 2012).

글루칸은 알파글루칸과 베타글루칸으로 분류되며, 알파글루칸은 일반적으로 식물의 전분에 존재하고, 베타글루칸은 곡물, 버섯, 및 효모의 세포벽 내에 존재하는 것으로 알려져 있다. 베타글루칸은 알파글루칸과 다르게 비특이적 면역반응을 나타내어 소화기관내에 흡수시 체내 면역기능을 획기적으로 증진시키는 것으로 알려져 있고, 베타글루칸의 주요한 의학적인 효능은 면역기능을 강화시키는 것으로, 천연 면역조절제로서 주목 받고 있으며, 현재 항암, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 항응고, 상처치유, 미백활성 등의 많은 연구 결과들이 보고되어지고 있다 (Reynolds *et al.* 1980; DiLuzio 1983). 또한 선진국에서는 화장품, 면역활성 및 항암 보조제, 피부 재생을 위한 치료제, 식이섬유나 식품 첨가제 등 다양한 분야에서 베타글루칸이 응용되고 있다 (Dziezak 1987; Donizis 1996). 이러한 베타글루칸의 효능은, 분자량 및 이와 연관된 분자구조와 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Browder *et al.* 1987). 그러나, 생물체에서 추출되거나 세포 외로 생산되는 천연 베타글루칸은 대부분은 약리적으로 최적인 분자량 조건을 충분히 충족시키지 못하고 있다 (Shin and Lee 2003). 따라서 저분자 베타글루칸을 제조하기 위한 많은 연구들이 현재 진행되고 있다. 그 중 Byun 등 (Byun *et al.* 2008)의 연구에 따르면 감마선의 조사는 베타글루칸을 효과적으로 저분자화 시키고, 점도의 감소와 용해도를 증가 시킨다고 보고되고 있다. 또한 50 kGy의 흡수선량으로 감마선 조사된 베타글루칸은 대식세포 및 비장세포 등의 면역세포를 활성화 시키는 능력이 다른 선량에 비해 더욱더 증가하는 것으로 보고하고 있다. 이처럼 베타글루칸에 관하여 감마선 조사에 따른 영향은 기존에 많은 연구가 보고되었지만, 전자선 조사된 베타글루칸에 관한 연구는 현재 진행되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 감마선조사 시 최적의 면역활성을 나타내었던 흡수선량인 50 kGy의 선량으로 베타글루칸에 전자선을 조사하여 50 kGy이 전자선 조사된 베타글루칸의 항 알레르기 활성 변화에 관하여 평가하였다.

재료 및 방법

1. 베타글루칸의 제조 및 전자선 조사

본 실험에 사용한 베타글루칸은 Black Yeast (*Aureobasidium* sp.)에서 분리된 총 다당류와 베타글루칸 함량이 각각 97.2%과 80% 이상인 것을 ACE BIOTECH (Republic of Korea)에서 제공받아 이용하였다. 분말형태의 베타글루칸을 100 mg ml^{-1} (10%, w/v)의 농도로 증류수에 용해하여 전자선 조사를 실시하였다. 전자선 조사는 electron-beam (E-beam) accelerator (Model ELV-8, 2.5 MeV, Eb-Tech, Korea)를 이용하였고 10 MeV의 에너지 세기, 가속 전류 5 mA의 조건으로 총 흡수선량이 50 kGy가 되도록 조사하였다. 이때의 흡수선량은 cellulose triacetate dosimeter로 확인하였다.

2. 실험동물

본 실험에 사용된 실험동물은 체중이 약 20 gram의 암컷 Balb/c (7 주령) 마우스를 오리엔트바이오 (Seoul, republic of Korea)로부터 분양받아 1 주일간 순화 시킨 후 실험에 사용하였다. 실험동물은 온도 22±1°C, 습도 55±10%가 유지되는 실험동물실에서 사료와 물을 자유롭게 섭취 하도록 하였다. 모든 동물 실험은 첨단방사선 연구소의 동물실험 윤리위원회의 규정을 준수하였다.

3. 베타글루칸의 투여 및 알레르기 유발

전자선 조사 (50 kGy) 및 비조사 (0 kGy)된 베타 글루

칸을 50 mg kg^{-1} body weight의 농도로 매일 0.5 ml씩 총 1주일 동안 경구로 투여하였으며, 대조구로는 동량의 물을 경구로 투여하였다. 알레르기의 유발은 난알부민(ovalbumin, chicken egg albumin; OVA) 1 mg을 PBS와 수산화알루미늄 겔 ($Al(OH)_3$ gel)을 1 : 1로 혼합한 용액 1 ml을 1주에 1번씩 총 2회 마우스의 복강 내 주사함으로써 알레르기 면역반응을 유도하였다.

4. 혈청 내 Total IgE 및 Specific-IgE 측정

혈청 내 IgE의 농도는 IgE enzyme-linked immunoassay (ELISA) kit (BD Pharmingen)를 사용하여 제조회사에서 제공한 방법에 의해 측정하였다. 즉, 96-well flat-bottom ELISA plate에 0.1 M $NaHCO_3$ 완충액 (pH 8.3)에 녹인 OVA (20 μg ml^{-1})용액을 100 μl씩 넣어 4°C에서 overnight한 후 bovine serum albumin (BSA)가 1% 함유된 PBS로 실온에서 1시간 동안 blocking 하였다. 여기에 혈청을 1,000배 희석하여 넣은 후 실온에서 2시간 반응시키고, 5회 세척한 다음 anti-mouse IgE 항체를 넣어 2시간 반응시켰다. 다시 5회 세척 한 후 peroxidase가 결합된 HRP-conjugated goat anti-rat IgG 항체와 함께 실온에서 1시간 반응시키고, 3.3′5.5′-tetramethylbenzidine (TMB) substrate로 30분간 상온에서 발색시켰다. 반응액에 정지액 (stop solution)을 각각 50 μl씩 넣어 효소반응을 정지시킨 후 microplate reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 내 존재하는 IgE의 농도는 표준용액의 정량곡선을 기준으로 계산하였다.

5. 비장세포의 분리 및 사이토카인 (IL-4) 분비능 측정

마우스를 경추 탈골법으로 희생시킨 후 비장을 무균적으로 적출하여 10%의 fetal bovine serum (FBS)와 항생제 penicillin과 streptomycin (100 IU ml^{-1}, 100 μg ml^{-1})을 함유한 Roswell Park Memorial Institute (RPMI-1640) 배지로 세척한 후 tissue grinder로 균질화하여 비장세포를 유리시켰다. 세포현탁액에 red blood cell lysis buffer (BD Bioscience, USA) 첨가하여 적혈구를 제거하였고, 혈구계수기를 이용하여 세포수를 측정하였다. 분리된 비장세포를 2×10^6 cells $well^{-1}$씩 48 well plate에 450 μl씩 분주하고 난알부민을 100 μg ml^{-1}의 농도로 50 μl 재감작 시킨 후 37°C, 5% CO_2 조건하에서 24시간 동안 배양한 후, 배양 상등액을 분리하여 이 상등액에 포함되어있는 interleukin (IL)-4 및 IFN-γ의 함량을 측정하였다. 사이토카인의 측정은 enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) kit (eBioscience, USA)를 사용하여 측정하였다.

6. 통계처리

이상의 실험에서 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 10.0)를 이용하여 One Way ANOVA test로 분석하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 비교하였다.

결과 및 논의

1. 전자선 조사된 베타글루칸의 알레르기 유도 마우스의 혈청 내 Total-IgE 및 OVA-specific IgE 억제 효과

전자선 조사된 베타글루칸의 항 알레르기 활성에 관하여 알아보기 위하여 50 kGy의 선량으로 조사된 베타글루칸을 50 mg kg^{-1} body weight로 경구로 7일간 7회 투여하고 알레르기 반응을 난알부민으로 유도한 후 혈청 내 Total-IgE 및 OVA-specific IgE의 함량을 측정하였다 (Fig. 1). 대조군 (비알레르기군)에 비하여 OVA (알레르기 단독군)에서 혈청 내 Total-IgE 및 OVA-specific IgE가 높게 증가한 것으로 보아 난알부민으로 유도된 알레르기 반응이 성공적으로 이루어졌음을 알 수가 있었다. 또한 50 kGy로 전자선 조사된 베타글루칸을 경구투여 한 후 알레르기를 일으킨 그룹은 알레르기 단독군 (OVA)에 비해 Total-IgE 및 OVA-specific IgE가 유의적으로 감소한 것을 관찰할 수 있었다. 이는 베타글루칸의 투여에 의한 영향인 것으로 사료되며, 이러한 반응을 보다 면밀히 관찰하기 위하여, 혈청내 IgE의 농도에 직접적으로 영향을 주는 사이토카인의 변화에 관하여 관찰하였다. Byun 등 (Byun *et al.* 2008)의 연구에 의하면 감마선의 조사는 당과 당 사이를 연결하는 Glycosidic bond를 절단함으로써 베타글루칸의 분자량을 유의적으로 감소시킨다고 보고하고 있다. 또한 베타글루칸의 약리학적인 효능은 분자량과 그리고 이와 연관된 3차원 적인 분자구조에 따라서 다양한 차이를 보인다고 보고하고 있다 (Browder *et al.* 1987). 또한 Sung *et al.* (2011)의 연구에 의하면 50 kGy의 선량으로 감마선 조사된 저분자 베타글루칸의 경우 total-IgE 및 OVA-specific IgE의 생성을 효과적으로 억제 시키는 것으로 보고하고 있어 상기 결과 (Fig. 1)들과의 유사성을 뒷받침한다. 최근 전자선과 감마선의 조사에 따른 영향의 차이에 관한 연구들이 종종 보고되어진다. 이러한 연구들에서 주로 주장하는 차

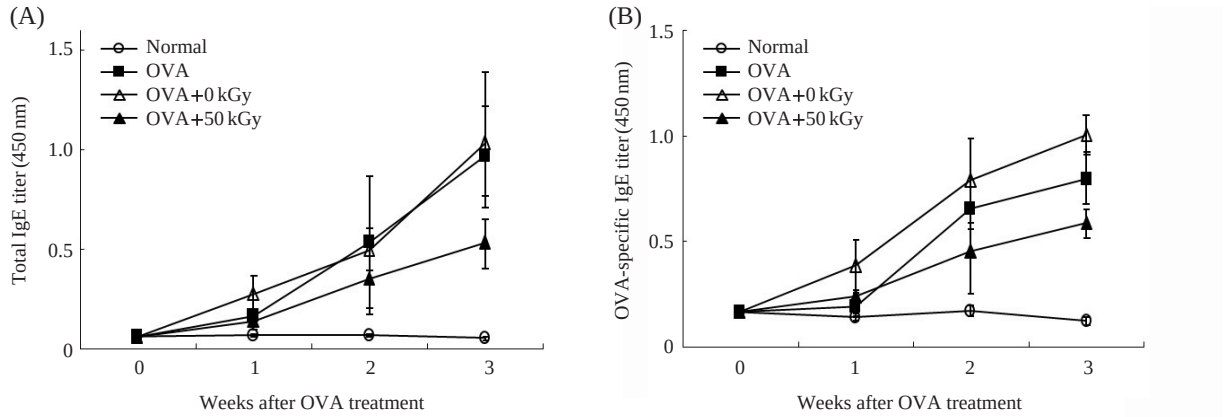

Fig. 1. Total IgE (A) and OVA-specific IgE (B) anti-body titers in non-induced and OVA-induced allergic mice treated with 0 kGy and 50 kGy electron beam irradiated β-glucan respectively.

이로 크게 두 가지를 언급하고 있는데, 그 중 첫 번째 차이는 투과력에 의해서 나타난다고 보고되어진다. 일반적으로 전자선에 비해 감마선이 물체를 통과하는 투과도가 훨씬 강력한 것으로 알려져 있다. 이러한 강력한 투과도가 전자선과 감마선의 차이를 만든다고 설명하고 있으며, 두 번째 차이는 선량율에 의해서 나타난다고 보고되어 진다. 전자선은 주로 상업적인 목적으로 이용되므로 짧은 시간에 많은 조사체를 조사해야 하기 때문에 감마선에 비해 일반적으로 선량율이 높다. 이러한 선량율의 차이가 전자선 및 감마선간 사이의 미묘한 차이를 일으킨다고 설명된다. 그러나 이러한 차이는 미묘하며, 동일한 선량으로 조사된 물질에 대하여 전체적인 활성이 유사하다는 연구도 많은 비중을 차지하고 있다. Lee *et al.* (2007)의 연구에 의하면, 감마선 및 전자선 조사된 난백의 알레르기 유도활성이 동일 선량에서 유사하게 감소되는 것을 확인하였고, Vieira와 Del Mastro (2002)의 연구에 의하면 감마선 및 전자선 조사된 젤라틴은 그들의 물리적, 화학적인 성질에 차이가 없다고 보고하고 있어, 동일 선량에서 감마선 및 전자선의 차이가 없다고 기술하고 있다. 따라서 본 연구에서도 기존에 연구된 연구 결과와 마찬가지로 감마선 조사 시 나타나는 베타글루칸의 항알레기활성의 증가가 전자선 조사된 베타글루칸의 경우도 유사하게 나타나며, 전자선 조사에 의한 베타글루칸의 항 알레르기 활성 변화는 전자선 조사에 따른 베타글루칸의 물리적인 변화와 밀접한 연관이 있다고 사료된다. 또한 본 연구에서 50 kGy보다 낮은 선량인 10 및 30 kGy의 선량으로 전자선 조사된 베타글루칸의 경우도 혈청 내 total-IgE 및 OVA-specific IgE의 생성에 관하여 측정 하였으나, 항알레르기 활성의 증가는 나타나지 않았다. 따라서 50 kGy의 선량으로 조사된 베타글루칸의 혈청내 사이토카인 함량에 관하여 관찰하였다.

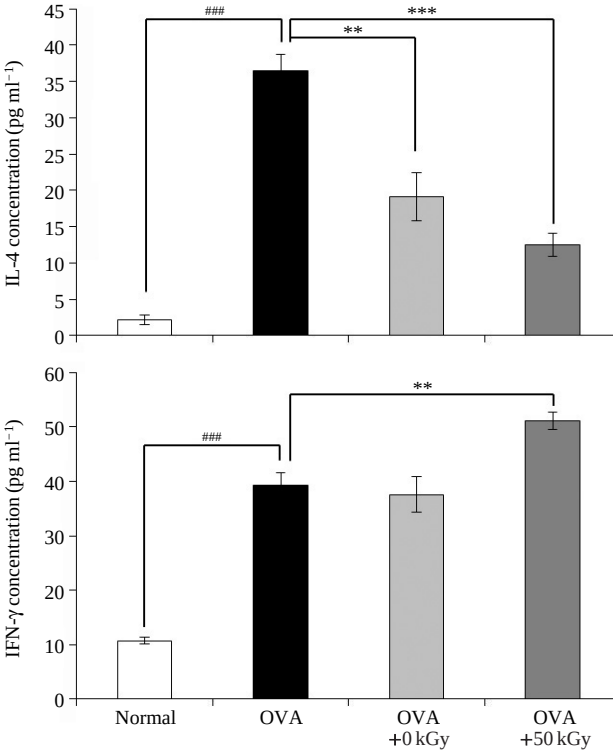

Fig. 2. Th1 (IFN-γ) and Th2 (IL-4) cytokine productions in non-induced and OVA-induced allergic mice treated with 0 kGy and 50 kGy electron beam irradiated β-glucan respectively. Statistical significance ($^{###}p < 0.001$) is shown for treatments compared to the normal and $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$ is shown for treatments compared to the OVA.

2. 전자선 조사된 베타글루칸의 알레르기 유도 마우스의 혈청 내 사이토카인 (IL-4) 억제 효과

Mast cell은 TNF-α, IL-4, IL-5, IL-6, IL-8, IL-13 등의 cytokine을 만들어내는데, 이들 cytokine들은 궁극적으로

neutrophil과 eosinophil을 모으는 역할을 하며 염증반응을 일으키는 데 중요한 역할을 한다. 특히 IL-4는 NK cell, mast cell, neutrophil과 eosinophil에서 분비되는 cytokine으로 알레르기 반응의 유발, B세포의 분화와 증식, IgE의 생성 등에 관여하여 cytokine으로 알레르기 비염의 발생에 중요한 역할을 한다. 반면에 IFN-γ는 IL-4에 대한 길항작용을 통해 IgE항체 생성 억제에 의한 알레르기 반응을 억제시킨다 (Xu *et al.* 2007). 알레르기 질환은 IL-4를 분비하는 Th2 cell의 활성과 관련된 염증성 질환이며 그 병인은 아직 자세하게 밝혀지지는 않았으나, IFN-γ의 Th1 cell과 IL-4의 Th2 cell 사이의 불균형으로 인해 발전한다고 보고하고 있다 (Kang *et al.* 2012). Fig. 2는 전자선 조사된 베타글루칸의 항 알레르기 활성에 관하여 혈청내 IgE의 증가와 연계하여 보다 면밀하게 알아보기 위하여 50 kGy의 선량으로 조사된 베타글루칸을 50 mg kg^{-1} body weight로 경구로 7일간 7회 투여하여 알레르기 반응을 난알부민으로 일으킨 후 혈청내 사이토카인의 함량에 관하여 관찰하였다. 앞선 결과 (Fig. 1)에서와 유사하게 OVA (알레르기 단독군)에서 혈청 내 IL-4의 함량이 증가한 것으로 보아 IL-4는 혈청내 IgE의 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료되었으며, 난알부민으로 유도된 알레르기 반응이 성공적으로 이루어졌음을 알 수가 있었다. 또한 전자선 조사된 베타글루칸을 경구투여 한 후 알레르기를 일으킨 그룹은 알레르기 단독군 (OVA)에 비해 IL-4의 농도가 유의적으로 감소한 것을 관찰할 수 있었다. 반면에 IFN-γ의 농도는 50 kGy로 전자선 조사된 베타글루칸을 경구투여 한 후 알레르기를 일으킨 그룹에서 가장 높게 관찰되었다. 따라서, 50 kGy로 전자선 조사된 베타글루칸의 투여는 난알부민 유도 알레르기 마우스에서 혈청 내 IL-4농도를 유의적으로 감소시키고, IFN-γ의 농도를 유의 적으로 증가시켰으며, 이는 Th1/Th2 면역조절 반응 통해 IgE의 항체 생산을 감소시키고 비만세포의 성장을 억제시켜 알레르기 반응을 개선시킬 수 있음을 의미한다.

결 론

전자선 조사에 따른 베타글루칸의 항알레르기활성 변화를 분석한 결과, 50 kGy 전자선 조사된 베타글루칸은 투여는 알레르기 유도 마우스의 혈청 내 Total-IgE 및 OVA-specific IgE를 감소시키는 것으로 관찰되었으며, 알레르기 유도 마우스의 비장세포를 분리하여 비장세포의 사이토카인 분비능에 관하여 관찰한 결과, 50 kGy 전자선 조사된 베타글루칸은 투여는 Th1 cell의 활성화와 관련이 되어있는 사이토카인인 IFN-γ의 분비를 증가시키며, Th2 cell의 활성화와 관련이 되어있는 사이토카인인 IL-4를 감소시키는 것으로 관찰되었다. 따라서 전자선 조사된 베타글루칸의 항알레르기 활성의 증가는 Th1/Th2 면역조절 반응 통해 이루어지는 것으로 사료된다. 따라서 감마선 조사와 유사하게 전자선 조사 기술은 항알레르기 효과가 증가된 저분자 베타글루칸 생산을 위한 효과적인 방법이라고 사료된다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단 방사선기술 개발사업 및 건양대학교 명곡 학술연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Borish L. 2003. Allergic rhinitis: systemic inflammation and implications for managerment. *J. Allergy Clin. Immunol.* **112**:1021-1031.

Browder IW, Williams D, Sherwood E, McNamee R, Jones E and DiLuzio N. 1987. Synergistic effect of nonspecific immunostimulation and antibiotics in experimental peritonitis. *Surgery* **102**:206-214.

Byun EH, Kim JH, Sung NY, Choi J, Lim ST, Kim KH, Yook HS, Byun MW and Lee JW. 2008. Effects of gamma irradiation on the physical and structural properties of β-glucan. *Radiat. Phys. Chem*. **77**:781-786.

DiLuzio NR. 1983. Immunopharmacology of glucan: a broad spectrum enhancer of host defense mechanisms. *Trends Pharmacol. Sci.* **4**:344-347.

Donizis RA. 1996. substantially purified β-1,3-finely ground yeast cell wall glucan composition with dermatological and nutritional uses. US patent 5,576,015

Dziezak JD. 1987. Yeasts and yeast derivatives-Applications. *Food Technol.* **41**:122-125.

Jung JK, Jung HM, Seo WG and Park YK. 2010. Anti-allergic effect of Osterici Radix water extractin human mast cells. *Kor. J. Herbology* **25**:35-41.

Kang SY, Hong SU and Park YK. 2012. Effects of KOB, a polyherbal medicine for allergic rhinitis and its main herb, Astragali Radix on allergic responses in OVA-induced Allergic rhinitis mice. *Kor. J. Herbology* **27**:1-7.

Kim HH. 2007. Allergic rhinitis, sinusitis and asthma: evidence for respiratory system integration. *Kor. J. Pediatrics* **50**: 335-339.

Kim YB and Chae BY. 1993. A Clinical study on the Sneezing, Nasal discharge, Nasal obstruction. *Kor. J. Ori. Med. Soc*. **14**:162-167.

Kim YJ, Park SJ and Kim TJ. 2011. Anti-Allergic Effects of Nodakenin in IgE/Ag-Induced Type I Hypersensitivity. *J. Sci.* **21**:1721-1725.

Lee JB, Yang HM, Min YK and Seok HS. 2009. Role of Chemokine in a in vivo Medel of Food Allergy. *J. Kor. Soc. Living Environ. Sys.* **16**:675-682.

Lee JW, Seo JH, Kim JH, Lee SY and Byun MW. Comparison of the changes of the antigenicities of a hen's egg albumin by a gamma and an electron beam irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* **76**:879-885.

Poole JA and Rosenwasser LJ. 2005. The role of immunoglobulin E and immune inflammation: implications in allergic rhinitis. *Curr. Allergy Asthma. Rep.* **5**:252-258.

Reynolds JA, Kastello MD, Harrington DG, Crabbs CL, Peters CJ, Jemski JV, Scott GH and DiLuzio NR. 1980. Glucan-induced enhancement of host resistance to selected infectious diseases. *Infect. Immun*. **30**:50-57.

Shin HJ and Lee DC. 2003. Study on the process to decrease the molecular weight of beta- (1,6)-branched beta-(1,3)-d-glucans. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **18**:352-355.

Spector SL. 1997. Overview of comorbid associations of allergic rhinitis. *J. Allergy Clin. Immunol.* **99**:S773-780.

Sung NY, Choi J, Yoon Y, Lee SY, Byun MW, Hwang YJ, Koenari ZI, Lee JW and Kim JH. 2011. Anti-allergic Effect of Low Molecular Weight β-Glucan Prepared by γ-Irradiation. *Food Sci. Biotechnol.* **20**:841-844.

Vieira FF and Del Mastro NL. 2002. Comparison of gradiation and electron beam irradiation effects on gelatin. *Radiat. Phys. Chem*. **63**:331-332.

Xu G, Mou Z, Jiang H, Cheng L, Shi J, Xu R, Oh Y and Li H. 2007. A possible role of CD4+CD25+ T cells as well as transcription factor Foxp3 in the dysregulation of allergic rhinitis. *Laryngoscope* **117**:876-880.

Manuscript Received: July 5, 2012
Revised: July 25, 2012
Revision Accepted: August 3, 2012