

The Effects of Tofu (Soybean curd) Containing Mushrooms on the Immune Activities

Jong Bong Kim[†] and Yong Ho Lee

Department of Biomedical Science, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

버섯첨가 두부의 면역활성에 미치는 영향

김종봉[†] · 이용호

대구가톨릭대학교 의생명과학과

Abstract

This research was carried out to evaluate the value of tofu containing mushroom as a immunomodulator. Tofu was made using $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ or *Lactobacillus* extract as a coagulant after adding powder of fruit bodies or mycelia of *Letino edodes* and *Lepista nuda* to soybean milk. Proximate compositions of tofu and tofu containing mushroom were analyzed. Levels of interferon γ (IFN- γ), interleukin 4 (IL-4) and tumor necrosis factor- α (TNF- α) in culture media of lymphocytes collected from mouse spleens after being injected with mushroom, regular tofu, or tofu made with mushroom were measured by sandwich ELISA. In addition, concentrations of IgG1, IgG2a and IgE in plasma or lymphocyte culture media were analyzed. Crude protein, crude lipid and crude ash were decreased in tofu containing mushroom but phosphorus was increased significantly. IFN- γ concentration was significantly decreased in mice injected with fruit body or tofu alone. IL-4 level was decreased significantly in mice injected with tofu containing fruit body of *L. edodes*. However, TNF- α was increased in mice injected with tofu containing fruit body of *L. edodes*. Plasma levels of IgG1 were increased in almost all groups, while there was no significant change in IgG2a levels among treated mice groups. Concentrations of IgG1 and IgG2a were increased significantly in lymphocyte culture media of mice injected with tofu containing mushroom. Plasma levels of IgE level was significantly increased in mice injected with tofu or fruit body of *L. edodes*, but not in mice treated with tofu containing mushroom. These results showed that tofu with mushroom affected immune activities, and it seems valuable to consider developing the mixture of tofu and *L. edodes* as an immunomodulator.

Key words : Tofu, mushroom, immunoglobulin, cytokine

서 론

두부는 예로부터 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등에서 일반사람들이 즐겨먹는 전통 콩 단백질 식품이다. 두부는 과거에 곡류 위주의 식습관을 가진 한국인에게에는 부족하기 쉬운 필수 아미노산을 공급하는 단백질 공급원으로서 가치가 높은 식품이다. 두부의 원료인 대두가 고혈압, 동맥경화 등의 성인병을 억제 시킨다고 밝혀짐에 따라(1,2) 그 소비가 크게 증가하여 왔다. 두부의 맛, 기능성 및 영양적인 보완 등을 위해 마늘(3), 파분말(4), 노랑파프리카(5),

참깨(6) 등을 첨가한 두부의 특성에 관한 연구들이 활발히 이루어지고 있다.

최근, 암, 면역부전, 아토피, 자가면역 등 면역계와 관련된 질환이 늘어남에 따라 이들의 치료 또는 조절을 위해 버섯에 대한 연구와 이를 이용한 여러 가지 면역보강 및 생리활성제들이 개발되고 있다(7-9). 표고버섯(*Letino edodes*)의 letinan과 잎새버섯의 grifolan 등과 같은 polysaccharides 와 polysaccharide-peptide 복합체, 단백질 등이 뛰어난 항암성과 면역활성효과를 나타낸다고 밝혀졌다(10-12). 이는 위와 같은 버섯의 대사산물들이 macrophage, dendrite cell, natural killer cell, B lymphocyte, complement system 등 면역계의 구성요소들에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(13,14).

[†]Corresponding author. E-mail : jbkim@cu.ac.kr
Phone : 82-53-850-3775, Fax : 82-53-850-3727

본 연구에서 사용된 표고버섯은 오래 전부터 식용으로 널리 애용되어 왔을 뿐 아니라 항암, 면역활성, 혈압강하, 콜레스테롤 저하 등 다양한 효과들이 규명되었으며(15-17), 민자주방망이버섯(*Lepista nuda*)은 선호도에서 주름진 야생버섯 중 2위를 차지 할 정도로 유럽, 미국 등의 나라에서 널리 식용으로 애용되고 있으며(18), 항암성을 가지고 있음이 보고된 바 있다(19).

이러한 식용버섯들은 문화권마다 독특한 방법으로 조리를 하고 있으며, 우리나라의 경우 두부와 버섯은 복합식품 재료로써 널리 사용되고 있지만, 이들의 생리활성 효과에 대한 보고는 활발하게 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 두부와 필수아미노산 등 영양적 가치와 뛰어난 맛, 항암성 및 면역활성이 뛰어난 표고버섯 및 민자주방망이버섯을 혼합한 두부의 영양성분 분석, 면역활성에 미치는 영향 분석 및 응고제의 종류에 따른 차이점 등을 분석하여 영양학적 가치와 생리적인 효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

두부 제조에 사용된 콩은 미국산이고 버섯은 표고버섯(*Letino edodes*)과 민자주방망이버섯(*Lepista nuda*)을 사용하였다. 균사체는 5 L의 삼각플라스크 2개를 사용하여 제조한 배양시스템을 사용하였으며 액체배지는 대두박 배지였다. 응고제로 황산칼슘($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 또는 천연응고제로 락토바실러스(*Lactobacillus*) 추출물을 사용하였다. 면역활성촉진효과의 분석에는 생후 3주된 BALB/c 마우스 수컷을 이용하였다.

두부의 제조

표고버섯 균사체와 자실체를 동결건조하고 이를 마쇄하여 만든 분말을 첨가제로 사용하였으며, 첨가량은 두유의 1%가 되게 하였다. 두부는 일반적인 두부제조공정에 준하여 만들었다. 대두를 수세하여 8배의 물에 담근 후 12시간 침지시킨 후 마쇄하여 두유를 얻었다. 두유를 가열하여 80~85°C에 이르면 표고버섯과 민자주방망이버섯의 자실체와 균사체 분말을 각각 1%가 되게 넣고 응고제를 처리 후 10분간 방치하고 성형 틀에서 압착하여 두부를 성형 제조하였다.

응고제로는 널리 사용되는 황산칼슘($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 또는 천연 응고제인 *Lactobacillus*를 24시간 실온(20~25°C)에서 배양한 후 이를 3000 rpm으로 30분간 원심분리한 상등액을 사용하였다.

성분분석

표고버섯과 민자주방망이버섯의 자실체 또는 균사체를

섞어서 제조한 두부를 동결 건조하여 성분분석을 위한 시료로 사용하였다. 비교를 위하여 단백질함량이 높은 누에가루 첨가 제조 두부도 함께 분석 하였다. 분석항목은 조단백질, 조지방, 조회분, 칼슘, 인 등이었다.

조단백질 정량

조단백질의 양은 micro Kjeldahl법으로 측정하였으며, 질소계수를 5.71로 하여 조단백질 함량을 계산하였다.

조지방 정량

조지방 함량은 Röse Gottlieb법에 따라 fume hood에서 측정하였다. 각각의 시료 10 mL씩을 취하여 Mojonnier관에 넣고 암모니아수 2 mL를 가하여 2분 이상 방치한 후 에탄올(95%) 10 mL를 첨가한 후 혼합하였다. 전처리된 마친 시료에 에틸에테르 25 mL를 가하여 30초간 혼합한 후 정치시키고 상정액을 여과지로 여과하였다. Mojonnier관에 에틸에테르와 석유에테르를 각각 15 mL씩 가하여 위와 같은 방법으로 두 번 추출하여 상층액을 여과시켰다. 여과액을 회수한 후 플라스크에 모으고 약 75°C에서 증발건조시켜 조지방 함량을 계산하였다.

조회분과 무기물

조회분은 직접회화법으로 정량하였고, 무기물은 원자흡광법에 따라 열풍 건조한 후 atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer, Model2380, MA, USA)로 분석하였다.

면역활성분석

투여할 버섯과 버섯두부를 건조하여 액체질소를 이용하여 가루로 만든 다음 재료를 10 mg/kg body weight가 되게 증류수에 혼합 후 생쥐 복강 내로 투여하였다. 투여는 일주일에 두 번 4주간에 걸쳐 수행하였으며 각 그룹별로 5마리씩의 생쥐를 사용하였다. 대조군은 동일한 방법으로 증류수만을 투여하였다.

투여 기간이 끝난 후 생쥐를 마취시키고 심장으로 부터 혈액을 채취하고 희생시킨 다음 비장을 적출하였다. 혈액으로부터 혈장을 분리하여 혈장 내 IgG (IgG1, IgG2a)와 IgE 농도 분석 정량에 사용하였다. 채취한 비장을 분쇄하여 원심분리로 비장세포를 분리하고, red blood cell (RBC) lysis buffer 로 적혈구를 파괴시켜 비장세포만을 분리 배양하였다. 배양 비장세포에서 T 임파구는 PHA로, B 임파구는 LPS로 활성화시켜 각각 48시간 또는 1주 동안 배양하였다. 배양으로부터 얻은 배양액에서 cytokine (IL-4, TNF- α , INF- γ)과 IgG (IgG1, IgG2a)를 정량 하였다.

IgG와 cytokine정량을 위해 sandwich ELISA방법을 수행하였다. Coating buffer (PBS, pH7.4)에 capture antibody를 섞어 Immulon II plate (Dynatech) well에 100 μL 씩 분주하고

4°C에서 overnight 정치시키고 실온에서 3회 세척하고 비특이적 부착을 막기 위해 각 well에 10% BSA-PBS를 넣고 2시간 실온에 정치하여 blocking 하였다. Plate를 세척하고 10% BSA-PBS로 희석한 혈장 또는 배양액과 각 IgG isotype 또는 cytokine 표준시료를 분주하고 4°C에서 overnight 정치시켰다. 다음날 6회 세척하고 biotinylated rat anti-mouse antibody를 첨가하여 실온에서 2시간 정치 후 avidin-peroxidase를 넣고 1시간 정치시켰다. 기질로 ABTS substrate (2,2'-azino bis 3-ethylbenzthiazoline 6-sulfonic acid)를 사용하고 ELISA reader로 405 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

통계분석

실험군과 대조군간 각 측정치의 유의한 차이는 SPSS package (Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다. 일차적으로 자료의 정규분포 여부를 검증한 뒤 Dunnett's t-test와 Dunn's test로 추가 유의성 검정을 시행하였고 p value가 0.05 이하일 때를 유의한 차이로 판정하였다.

결과 및 고찰

영양성분

첨가 버섯의 종류 및 유형과 응고제의 종류에 따른 첨가 두부의 조단백, 조지방, 조회분, 미네랄, 칼슘과 인의 조성을 분석한 결과는 Table 1과 2에서와 같이 나타났다. 응고제로 사용된 황산칼슘 또는 락토바실러스에 따라 성분에 큰 차이가 관찰되었다. 두부를 제조할 때 일반적으로 사용하는 황산칼슘을 응고제로 사용한 경우에 비해 락토바실러스 추출물을 사용한 것에서 조단백, 조지방, 칼슘, 인 등 모든 성분이 현저히 감소하였다. 황산칼슘을 응고제로 사용한 일반두부와 버섯첨가 두부를 비교할 때, 단백질의 경

Table 1. Proximate composition of tofu and tofu containing mushrooms prepared with *Lactobacillus* extract as a coagulant.

	Group ¹⁾				
	1	2	3	4	5
Crude protein (%)	5.61	4.67	6.61	5.74	5.81
Crude lipid (%)	2.01	2.19	2.94	2.58	2.36
Crude ash (%)	0.05	0.09	0.14	0.13	0.07
Minerals (%)	0.69	0.64	0.77	0.70	0.85
Calcium (ppm)	26.97	22.53	31.57	28.49	30.37
Phosphorus (ppm)	110.84	95.81	121.77	119.27	133.90

¹⁾Group 1 : Tofu

Group 2 : Tofu containing fruit body of *L. edodes*

Group 3 : Tofu containing mycelium of *L. edodes*

Group 4 : Tofu containing fruit body of *L. nuda*

Group 5 : Tofu containing mycelium of *L. nuda*

우 버섯을 첨가에 따라 약간 줄거나 비슷하였으나 조회분은 증가 하였다. 인의 경우 버섯을 첨가한 두부에서 증가하였으나 칼슘은 크게 감소하였다(Table 1 및 2).

표고버섯의 조단백과 조지방은 각각 3.9%와 0.3%의 함량으로 조사되었으며, 또한 민자주방망이버섯의 조단백과 조지방은 3.70%와 0.47%으로 조사되었다(20). 버섯을 두부에 첨가하면 버섯 자체에 비해 조단백과 조지방의 함량비율이 크게 증가하지만 첨가하지 않은 일반두부에 비해서는 단백질 함량비율이 감소하나 지방은 큰 변화가 없는 것으로 본 연구에서 관찰되었다.

응고제에 따라서도 현저한 차이를 보이며, 황산칼슘을 사용한 경우가 락토바실러스 추출물을 사용한 경우보다 조사된 두부의 성분 함량이 매우 높게 나타났다. 황산칼슘을 응고제로 사용한 경우에서, 표고버섯의 자실체 첨가 두부를 제외한 나머지 버섯 첨가 두부의 조단백과 칼슘 함량이 버섯을 첨가하지 않은 두부에 비해 크게 낮았다(Table 2). 조사된 성분들만을 토대로 분석하면, 황산칼슘을 응고제로 하여 표고버섯 자실체를 첨가한 경우가 콩과 버섯의 상호 보완성이 뛰어난 것으로 사료된다. 천연 응고제인 락토바실러스 추출액으로 두부자체는 만들어지나 영양성분의 소실이 커서 실효성이 없는 것으로 판단된다.

Table 2. Proximate composition of tofu and tofu containing mushrooms prepared with calcium sulfate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) as a coagulant.

	Group ¹⁾				
	1	2	3	4	5
Crude protein (%)	26.20	20.34	11.75	12.27	12.65
Crude lipid (%)	9.77	10.17	6.84	7.79	7.26
Crude ash (%)	0.14	0.90	0.21	0.24	0.31
Minerals (%)	1.73	1.21	1.12	1.40	1.17
Calcium (ppm)	3424.92	2253.26	205.69	239.41	209.89
Phosphorus (ppm)	137.55	907.35	236.96	275.73	256.55

¹⁾Group 1 : Tofu

Group 2 : Tofu containing fruit body of *L. edodes*

Group 3 : Tofu containing mycelium of *L. edodes*

Group 4 : Tofu containing fruit body of *L. nuda*

Group 5 : Tofu containing mycelium of *L. nuda*

면역활성

Cytokine

두부에 첨가된 버섯의 종류, 성분, 및 응고제의 종류에 따른 면역반응에 대한 영향을 조사하기 위하여 주요 cytokine인 TNF- α , IL-4, IFN- γ 생성을 분석하였다(Fig. 1). 대조군에 비해 대부분 IFN- γ 생성이 억제 되었고(Fig. 1A), 특히 표고버섯 자실체나 두부만 처리했을 경우는 현저히 억제되었다($p < 0.05$). IL-4는 표고버섯 자실체를 첨가하고 황산칼슘을 응고제로 사용하여 만든 두부를 처리한 경우만

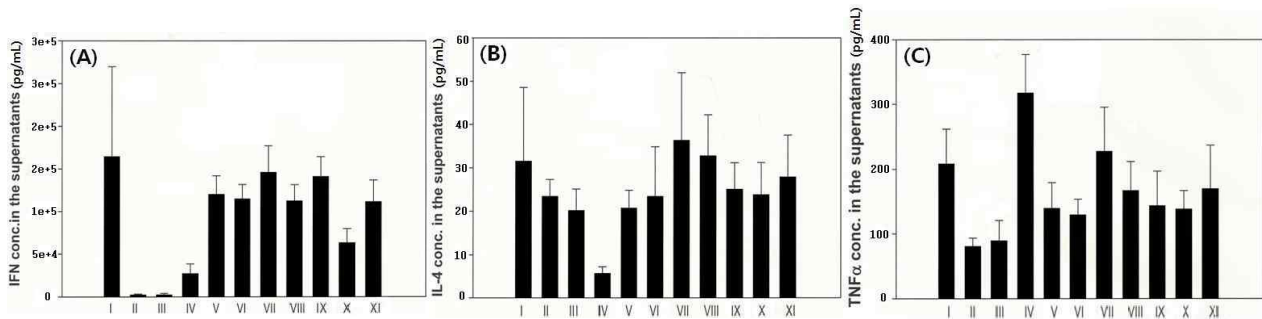


Fig. 1. Concentrations of IFN γ (A), IL 4 (B) and TNF α (C) in culture media of lymphocytes collected from mice after being injected for 4 weeks with water, mushrooms, tofu, or tofu made with mushrooms.

Calcium sulfate was used as a coagulant in group III, IV, VII, VIII, and XI. In group V, VI, IX, and X, *Lactobacillus* extract was used as a coagulant.

Groups: I, D.W; II, Fruit body of *L. edodes*; III, Regular tofu; IV, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; V, Regular tofu; VI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; VII, Tofu made with fruit body of *L. nuda*; VIII, Tofu made with mycelium of *L. edodes*; IX, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; X, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; XI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*

유의적으로 억제되었음을 나타낸다(Fig. 1B). 그러나 TNF- α 는 표고버섯 자실체를 첨가한 두부를 처리한 경우에 유의적으로 생성이 촉진되었고($p < 0.05$), 대부분의 다른 그룹들에서는 비슷하거나 억제되는 경향을 나타내었다(Fig. 1C).

체액성면역과 세포매개성면역을 조절하는 주요 cytokine은 IFN- γ 와 IL-4이며, 이들은 서로 길항작용을 한다. IFN- γ 가 많이 분비되면 Tc림프구의 활성화, IgG2a의 전환, 지연성과민반응 등의 type 1반응이 일어난다. 반대로 IL-4가 많이 분비되면 IgG1으로의 클래스전환 IgE의 생성 및 호산구와 비만세포가 활성화되는 type-2반응이 일어난다(1,5,10).

버섯의 강력한 면역조절 및 항암성은 버섯의 대사산물이 여러 가지 경로를 통해 이러한 cytokine의 생성에 영향을 미치기 때문인 것으로 밝혀졌다(10-12). 본 연구의 결과로 두부와 버섯 그리고 버섯성분첨가 두부들이 IFN- γ 와 IL-4의 생성에 큰 영향을 끼침을 알 수 있다. 표고버섯과 두부만 투여하였을 때에는 IFN- γ /IL-4의 비율이 매우 감소하였으나 버섯성분이 함유된 모든 두부에서는 그 비가 대조군과 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 표고버섯과 두부 단독으로는 IFN- γ 의 생성을 크게 억제시키나 IL-4에 대해서는 상대적으로 덜 억제하기 때문이나 버섯성분이 첨가되면 이것이 상당히 완화됨을 알 수 있다. 종양괴사인자인 TNF- α 가 표고버섯첨가두부 투여 생쥐에서 유의적으로 높게 나타난 것은 표고버섯과 두부의 성분들의 혼합이 항암효과를 높일 수 있다고 사료된다.

IgG isotypes

버섯성분, 일반두부, 또는 버섯성분 첨가두부를 복강 투여한 생쥐에서의 혈장 IgG의 농도는 대부분의 경우 대조군과 비슷하거나 증가된 경향을 나타내었고(Fig. 2), 비장림프구 배양에서의 IgG농도는 버섯 성분을 첨가한 두부 처리군 모두에서 크게 증가되었다(Fig. 3).

생쥐 혈장에서 측정된 IgG1은 황산칼슘을 응고제로 사용

한 보통 두부를 투여한 생쥐그룹을 제외하고 모든 그룹들에서 생성이 증가하였고, 특히 표고버섯 자실체와 민자주방망이버섯 균사체 첨가 두부를 투여한 경우에 생성이 현저하게 증가하였다(Fig. 2A, $p < 0.05$). IgG2a의 농도는 IgG1의 농도와 비슷한 경향을 나타내었으며, 황산칼슘을 응고제로 사용한 보통 두부를 처리한 생쥐그룹에서는 억제되었으나, 표고버섯 자실체를 첨가한 두부를 투여한 그룹에서 생성이 현저하게 증가하였다(Fig. 2B, $p < 0.05$). 비장 임파구의 배양액에서 측정된 IgG1과 IgG2a의 농도는 자실체나 균사체를 첨가한 두부의 대부분의 그룹들에서 현저하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 또한 버섯 성분을 첨가하지 않은 보통의 두부 중에서도 락토바실러스 추출액을 응고제로 사용한 두부를 처리한 생쥐에서 IgG1과 IgG2a가 높게 생성되는 것으로 관찰되었다(Fig. 3).

위의 실험에서 측정된 혈장과 비장 림프구 배양 상등액의 IgG1과 IgG2a의 농도 결과에 따르면, 버섯과 두부 및 버섯성분 첨가두부들이 순환계의 림프구와 비장림프구에 미치는 영향이 다름을 알 수 있다. 혈장에서 IgG1과 IgG2a는 표고버섯 성분 첨가 두부 주입 생쥐에 크게 증가하였으나 그 비율은 대조군과 큰 차이가 없었다. 그러나 배양상등액에서의 경우 대부분의 버섯성분 첨가 두부 투여 생쥐에서 IgG1과 IgG2a의 생성이 크게 증가되어 혼합물이 비장림프구를 강력하게 자극하는 것으로 사료된다. 그러나 IgG1/IgG2a의 비율에는 큰 차이가 없어 전체적인 면역기능을 활성화시키는 것으로 생각된다.

IgE

버섯성분, 일반두부, 또는 버섯성분 첨가두부를 복강에 투여한 생쥐의 혈장에서 측정된 IgE농도는 두부나 표고버섯 자실체만 투여한 그룹에서 생성이 유의적으로 촉진되었으나($p < 0.05$), 다른 모든 그룹들에서는 대조군과 유의적인 차이가 없었다(Fig. 4). 아토피와 같은 면역과민반응에서 높은 농도로 관찰되는 IgE항체는 이들 증상의 핵심지표로

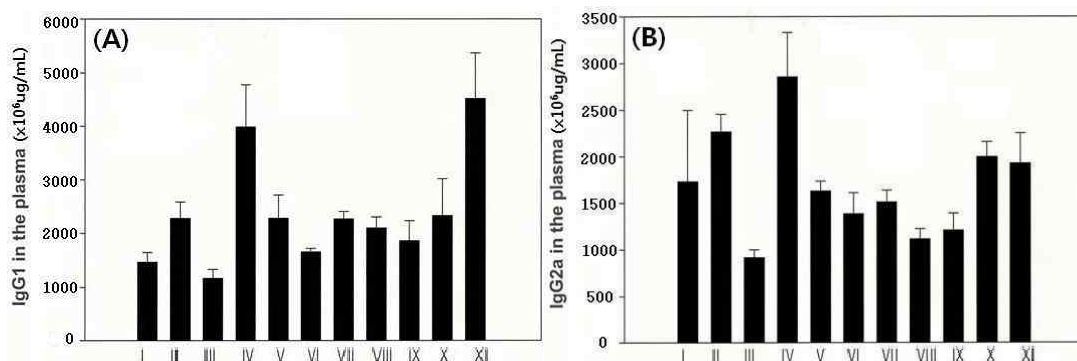


Fig. 2. Plasma levels of IgG1 (A) and IgG2a (B) in mice after being injected for 4 weeks with water, mushrooms, tofu, or tofu made with mushrooms.

Calcium sulfate was used as a coagulant in group III, IV, VII, VIII, and XI. In group V, VI, IX, and X, *Lactobacillus* extract was used as a coagulant. Groups: I, D.W; II, Fruit body of *L. edodes*; III, Regular tofu; IV, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; V, Regular tofu; VI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; VII, Tofu made with fruit body of *L. nuda*; VIII, Tofu made with mycelium of *L. edodes*; IX, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; X, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; XI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*

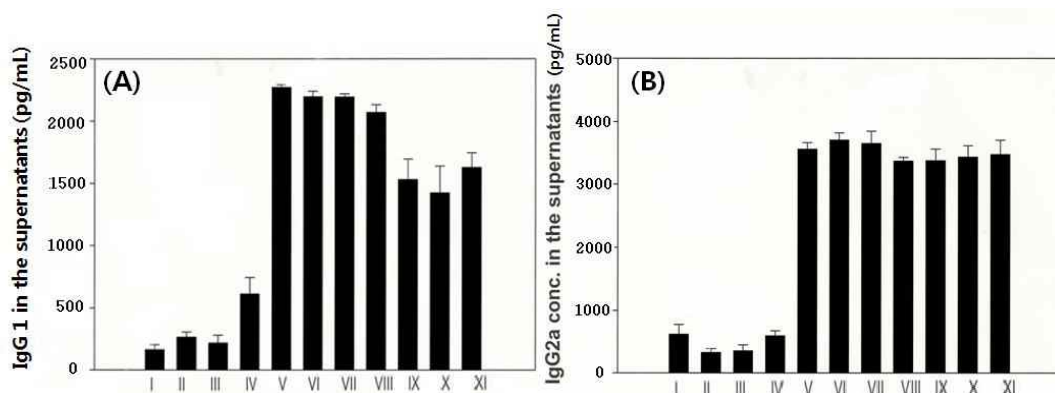


Fig. 3. Concentrations of IgG1 (A) and IgG2a (B) in culture media of lymphocytes collected from mice after being injected for 4 weeks with water, mushrooms, tofu, or tofu made with mushrooms.

Calcium sulfate was used as a coagulant in group III, IV, VII, VIII, and XI. In group V, VI, IX, and X, *Lactobacillus* extract was used as a coagulant. Groups: I, D.W; II, Fruit body of *L. edodes*; III, Regular tofu; IV, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; V, Regular tofu; VI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; VII, Tofu made with fruit body of *L. nuda*; VIII, Tofu made with mycelium of *L. edodes*; IX, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; X, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; XI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*

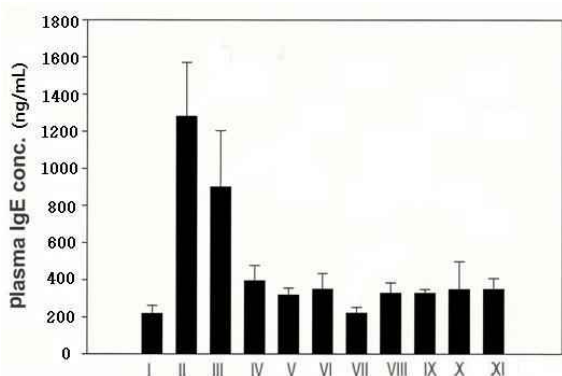


Fig. 4. Plasma levels of IgE in mice after being injected for 4 weeks with water, mushrooms, tofu, or tofu made with mushrooms.

Calcium sulfate was used as a coagulant in group III, IV, VII, VIII, and XI. In group V, VI, IX, and X, *Lactobacillus* extract was used as a coagulant. Groups: I, D.W; II, Fruit body of *L. edodes*; III, Regular tofu; IV, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; V, Regular tofu; VI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; VII, Tofu made with fruit body of *L. nuda*; VIII, Tofu made with mycelium of *L. edodes*; IX, Tofu made with fruit body of *L. edodes*; X, Tofu made with mycelium of *L. nuda*; XI, Tofu made with mycelium of *L. nuda*

알려져 있으며, IgE의 생성이 두부와 버섯만 주입한 생쥐에서 크게 증가하였으나, 버섯 성분 첨가 두부에서는 크게 감소한 결과는 이 두 가지 혼합물이 면역과민 반응의 조절에 긍정적인 영향을 준 결과인 것으로 사료된다.

이상의 결과를 토대로 면역 조절의 관점에서 볼 때 표고 버섯과 대두 성분을 혼합해서 만든 두부는 식품화합성이 매우 높고 면역활성에 영향을 준다고 사료되며, 이들 버섯 첨가 두부의 면역조절 효과는 첨가 버섯의 양에 따라 달라질 수 있기 때문에 이를 평가하기 위한 추가적인 연구가 요구된다.

요 약

본 연구는 버섯성분을 함유한 두부의 면역조절물질로의

가치를 평가하고자 수행하였다. 표고버섯(*Letino edodes*)과 민자주방망이버섯(*Lepista nuda*)의 자실체와 균사체를 두 유에 첨가하고 응고제로 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 또는 젓산발효추출물을 사용하여 두부를 만들었다. 두부와 버섯성분이 함유된 두부의 영양성분을 분석하였다. Sandwich ELISA를 이용하여 비장세포 배양액에서의 IFN- γ 와 IL-4 및 TNF- α 농도를 분석하였으며, 또한 혈장과 비장세포 배양액에서 IgG1, IgG2a 및 IgE 등의 농도를 측정하였다. 조단백과 조지질은 버섯성분을 함유한 두부에서 감소되었으나, 인은 유의적으로 증가하였다. IFN- γ 는 자실체나 두부를 투여한 생쥐에서 유의적으로 감소하였으며, IL-4는 표고버섯 자실체가 함유된 두부를 투여한 생쥐에서 크게 감소하였다. TNF- α 는 표고버섯 성분을 함유한 두부를 투여한 생쥐에서 유의적으로 증가하였다. 혈장의 IgG1은 거의 모든 실험군에서 증가되었으나, IgG2a는 대조군에 비해 큰 변화가 없었다. 비장 임파구 배양액에서 측정된 IgG1 와 IgG2a의 농도는 자실체나 균사체를 첨가한 두부의 대부분의 그룹들에서 현저하게 높게 나타났다. IgE의 혈장농도는 두부나 표고버섯을 투여한 생쥐에서 크게 증가하였으나 버섯 성분을 첨가한 두부 투여 생쥐그룹에서는 그 생성이 억제되었다. 이러한 결과들은 버섯 성분을 함유한 두부들이 면역활성에 영향을 준다는 것을 나타내며, 면역활성의 관점에서 두부와 표고버섯의 혼합물은 개발 가치가 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Michichiro S, Yukino Y, Katsuko Y, Yukio H, Takahara M, Minoru K (1988) The hypocholesterolemic action of the undestion frection of soybean in rats. *Atherosclerosis*, 72, 115-117
2. Snyder HE, Kim WY (1987) Nutritional attributes of soybean products. In: Soybean. AVI Books Van Nostrand Reinhold co, New York, USA, p 163-187
3. Park YJ, Nam YL, Jeon BR, Oh NS, In MJ (2003) Effect of garlic addition on quality and storage characteristics of soybean curd (Tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 46, 329-332
4. Kang NS, Kim JH, Kim JK (2007) Quality characteristics of soybean curd mixed with freege dried onion powder. *Korean J Food Preserve*, 14, 47-53
5. Park BH, Jeon ER (2008) Quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of yellow paprika juice. *Korean with J Cookery Sci*, 24, 439-444
6. Ryu HS (2009) Protein qualities of seasoned tofu containing freshwater erab meat. *Korean J Fish Aquat Sci*, 42, 580-584

7. Tzianabos AO (2000) Polysaccharide immunomodulators as therapeutic agents: structural aspects and biologic function. *Clin Microbiol Rev*, 13, 523-533
8. Wasser SP (2002) Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl Microbiol Biotechnol*, 60, 258-274
9. Zhuang C, Mizuno T, Ito H, Shimura K, Sumiya T (1994) Chemical modicication and antitumor activity of polysaccharides from the mycelium of liquid cultured *Grifola frondosa*. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 41, 733-740
10. Lee YH (2007) Effect of *Phellinus liteus* grown in germinated brown rice on atopic dermatitis. *J Kor Soc Cosm*, 13, 514 519
11. Leung DYM (2000) Atopic dermatitis: new insights and opportunities for therapeutic intervention. *J Allergy Clin Immunol*, 105, 860-876
12. Borchers AT, Stern JS, Hackman RM, Keen CL, Gershwin ME. (1999) Mushrooms, tumors, and immunity. *Proc Soc Etp Biol Med*, 221, 281-293
13. Ogawa M, Berger PA, McIntyre OR (1971) IgE in atopic dermatitis. *Arch Dermatol*, 103, 575-579
14. Park YM (2006) Advances in the pathophysiology of atopic dermatitis. *Prediatler Allergy Respir Dis, Korea*, 16, 189-196
15. Lee SH, Back SJ, Kim HA, Heo Y (2006) 2,4-Dinitrochirabenzene-induced atopic dermatitis like immune alteration in mice. *J Toxicol Health*, 22, 357-364
16. Watanabe T, Ogawa K (1995) Study on preoperative intratumor administration of lentinan for gastric cancer cases. Antitumor immune response of regional lymph nodes. *J Jpn Soc Cancer Ther*, 30, 948-955
17. Yap AP, Ng ML (2003) Immunopotentiating properties of Lentinan (1 \rightarrow 3)- β -D-glucan extracted from culinary-medicinal mushroom *Lentinus edodes* (Berk.) Singer (Agaricomycetidae). *Int J Med Mushroom*, 5, 19-39
18. Stott K, Broderick A (1996) Response of Australian strains of the mushroom *L. nuda* to temperature and substrate. *J Janic Progress in new crops*, p.476-479
19. Shim SM (2003) Studies on immunomodulatory and antitumor effects of crude polysaccharides extract from Korean wild medical mushrooms. Incheon University, MS Thesis
20. Lee YH (2004) A studies on the genetic characteristics and components of *Lepista nuda*. Catholic University of Daegu, Ph. D. Thesis