

큰느타리버섯 균사체로 제조한 발효두부 추출물의 면역 활성

이상원¹ · 강종우² · 김재용³ · 박경욱² · 박석규² · 주옥수⁴ · 이성태⁵ · 서권일^{2*}

¹진주산업대학교 미생물공학과, ²순천대학교 식품영양학과
³경북대학교 식품공학과, ⁴진주산업대학교 식품공학과
⁵순천대학교 생물학과

Immuno-Activities of Extracts of Tofu Fermented with *Pleurotus eryngii* Mycelia

Sang-Won Lee¹, Jong-Woo Kang², Jae-Yong Kim³, Kyung-Wuk Park²,
Seok-Kyu Park², Ok-Soo Joo⁴, Sung-Tae Yee⁵, and Kwon-Il Seo^{2*}

¹Dept. of Microbiological Engineering, Jinju National University, Gyeongnam 660-758, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

³Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁴Dept. of Food Science, Jinju National University, Gyeongnam 660-758, Korea

⁵Dept. of Biology, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

Abstract

In order to improve the functional benefits and storage properties of soybean tofu, fermented tofu was developed using *Pleurotus eryngii* mycelia. The immune activities of water and methanol extracts of the tofu were investigated. The optimal medium for the growth of *Pleurotus eryngii* mycelia was PD broth medium and the optimal fermentation period for the tofu was 7 days. The water and methanol extracts of the fermented tofu induced the proliferation of spleen cells at above 0.01 µg/mL. The water extract increased IL-2, IFN-γ production, while the methanol extract increased IFN-γ synthesis. The water and methanol extracts of the fermented tofu induced the NO production in RAW264.7 macrophage cells at above 1 µg/mL and above 10 µg/mL concentration, respectively. The extracts also significantly increased the production of IL-6, TNF-α, IL-1β and GM-CSF in the cells. These results suggest that the tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia could be developed as a functional tofu.

Key words: *Pleurotus eryngii* mycelia, fermented tofu, immuno-activity

서 론

두부는 콩을 물에 담구어 충분히 수화시킨 뒤 물과 함께 마쇄하여 끓인 다음, 여과 또는 압착하여 두유에 적당량의 응고제를 첨가하여 침전·응고된 겔 상태의 식품이다(1). 두부는 수분함량이 높은 식품으로 소화율이 95% 이상 되며, 필수아미노산이 다량 함유되어 있는 양질의 단백질 식품이다(2).

또한 두부의 재료인 대두단백질은 혈중 콜레스테롤, 지질 단백질(LDL) 등의 농도를 감소시켜 심혈관질환 예방효과가 있으며, 대두 올리고당은 장내 비피스더스균 증식 촉진 등의 효과가 있어 기능성식품으로 활용할 가치가 있다(3). 하지만 두부는 수분 함량이 높고 단백질 등 영양성분들이 풍부하여 쉽게 부패하는 단점이 있다(4).

최근에 두부의 품질특성을 향상시키고 저장성을 증대시

키기 위한 방법으로 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 천연소재를 두부에 첨가하여 두부의 기능성과 저장성을 향상시키는 연구들이 진행되고 있다. 그 대표적인 예로 두부의 저장성을 증대시키기 위해 두부에 유기산이나 키토산 등을 첨가하는 방법(5,6), 오미자즙 및 매실즙과 같은 천연 응고제를 사용하여 식품의 오염을 억제한 두부(7), 인삼(8), 녹차(9), 해조류(10), 클로렐라(11), 허브(12), 마늘(13), 복분자(2) 등을 첨가하여 저장성 및 기능성을 향상시키는 연구들이 진행되고 있으나, 그 실효성에서 문제점들이 제기되어 실용화가 어려운 실정이다. 한편 식품의 저장성을 향상시키기 위한 다른 방법으로 발효를 이용한 연구들이 보고되고 있다(14). 이는 발효과정 중에 맛, 향뿐만 아니라 다양한 생리활성 물질들이 생성되어 저장성, 기호성 뿐만 아니라 다양한 기능성이 함유된 식품으로 발전될 수가 있기 때문에 이에 관한 연구들이 진행되고 있다.

*Corresponding author. E-mail: seoki@suncheon.ac.kr
Phone: 82-61-750-3655, Fax: 82-61-752-3657

대표적인 두부 발효식품은 중국 및 대만의 Sufu, 인도네시아의 Taokon, 필리핀의 Tahuri, 태국의 Tauhu yee, 일본의 Tofuyo 등을 들 수 있다(14). 이것은 두부에 곰팡이를 번식시켜 분비되는 효소에 의해 단백질이 펩타이드 및 아미노산으로 분해되어 숙성이 진행됨에 따라 치즈와 유사한 부드러운 조직과 풍미 등의 기호적 가치를 가지게 된다(15). 우리나라에서는 간장, 된장 및 술 등과 같은 발효식품에 관한 연구들이 많이 진행되고 있으나, 두부 발효식품에 관한 연구는 발효두부의 품질특성에 관한 연구만 보고되고 있으며(15), 생리활성에 관한 체계적인 연구는 진행되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 저장성이 높은 고품질 기능성 두부의 개발 가능성을 확인하고자 생리활성 물질을 함유하고 있는 큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii* mycelia) 균사체를 이용하여 발효두부를 제조하여 면역 활성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

2004년 가을에 순천지역의 농가에서 수확한 대두로 직접 가정에서 제조한 두부를 구입하여 발효두부 제조에 사용하였으며, 두부의 발효를 위한 큰느타리버섯 균사체는 경남농업기술원에서 분양받아 사용하였다.

배지 및 균주의 배양

발효두부 제조를 위한 큰느타리 버섯균주는 MEA(malt extract 2%, dextrose 2%, peptone 0.1%, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.05%, agar 2%), MPA(malt extract 2%, peptone 0.5%, agar 2%) 및 PDA(potato dextrose agar) 배지를 사용하여 검토했다. 즉 PDA배지는 박피한 감자 200 g을 1×1 cm 정도로 세정한 후 1 L의 증류수를 첨가하여 10분 동안 끓여 3~4겹의 가제로 여과한 여액을 정확하게 1 L로 정용한 다음 dextrose와 agar를 각각 2% 첨가하여 제조하였다. 버섯 균주의 보존은 이들 평판배지에 $30^\circ C$, 6일 동안 배양하여 $5^\circ C$ 이하의 냉장보관하면서 2주일 이내에 액체배양을 위한 starter로 사용하였다. 큰느타리버섯 균사체 액체배양은 최적 평판배지 조성 중 agar가 제거된 성분의 배지를 사용하여 $30^\circ C$, 120 rpm으로 7일 동안 배양하여 pellet이 형성되었을 때 마그네틱스틱으로 pellet를 완전히 분쇄하여 사용하였다.

큰느타리버섯 균사체 발효두부의 제조 및 추출

큰느타리버섯 균사체를 이용한 발효두부의 제조는 두부를 적당한 크기로 세절($1 \times 1 \times 5.5$ cm)한 후 스테인리스 용기($22 \times 16 \times 6$ cm)에 담아 $125^\circ C$, 15분 동안 멸균시킨 다음, 미리 배양하여 pellet를 마쇄한 큰느타리버섯 균사체의 배양용액에 두부조각을 침지시키는 방법으로 종균을 접종하였다. 종균을 접종한 두부는 $30^\circ C$ 항온기에 옮겨 7일 동안 배양하면서 큰느타리버섯의 균사가 두부의 표면을 완전히 피복하도록 생육시켜 발효두부를 제조하였으며, 발효가 종료된 발

효두부는 즉시 동결 건조시켜 분쇄하였다. 동결 건조된 발효두부 50 g을 시료의 중량대비 10배의 메탄올 및 물을 첨가하여 메탄올은 $60^\circ C$, 물은 $100^\circ C$ 에서 3회 3시간씩 환류 추출한 후 rotary vacuum evaporator로 완전 감압 농축한 후 면역활성 측정 시료로 사용하였다.

비장세포 증식

생후 8주된 생쥐(BALB/c) 암컷에서 분리한 비장세포에서 spleenocyte를 분리하여 비장세포를 96 well plate에 넣고 여기에 큰느타리버섯 균사체 발효두부 물 및 메탄올 추출물을 농도별로 첨가하여 배양한 다음 비장세포 증식 정도를 측정하였다. 비장세포 증식측정은 배양 48시간 후, Cell titer 96[®] solution을 첨가하여 $37^\circ C$, 5% CO_2 incubator에서 4~8 시간 동안 배양한 다음 Microplate reader(Titer-tek Multiscan Plus, Helsinki, Finland)를 사용하여 490 nm에서 O.D.값을 측정하였다(16).

일산화질소 측정

안정된 일산화질소(nitric oxide) 산화물인 NO^{2-} (nitrite)는 Greiss 반응을 이용하여 측정하였다(17). RAW 264.7(대식세포)에 큰느타리버섯 균사체 발효두부의 물 및 메탄올 추출물을 농도별로 첨가하여 48시간 배양한 다음 배양 상층액을 회수하여 96 well plate에 100 μL 씩 넣고 Greiss 시약(0.1% N-1-naphthyl-1-ethylendiamine in H_2O : 1% sulfanilamide in 5% H_3PO_4)을 동량 첨가하여 10분간 반응시킨 후, Microplate reader(Titertek Multiscan Plus)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. Nitrite의 농도는 sodium nitrite를 이용하여 32 μM 까지 2배씩 희석하여 얻은 표준곡선과 비교하여 계산하였다.

사이토카인 분비량 측정

비장세포 또는 대식세포주(RAW264.7)가 분비하는 사이토카인 농도 측정은 ELISA법을 이용하여 결정하였다. 즉, flat-bottomed micro well plate에 goat anti-mouse cytokine 항체(1차 항체)를 coating buffer를 이용하여 $4^\circ C$ 에서 overnight incubation한 후, 3% BSA용액으로 2시간 동안 상온에서 blocking하였다. 실험에서 채취한 배양 상층액을, plate에 각각 넣어서, $37^\circ C$ 에서 2시간 incubation 시킨 후, biotinylated anti-cytokine 항체(2차 항체)를 첨가하였다. 그리고 avidin-conjugated alkaline phosphate를 적당량 가하고, $37^\circ C$ 에서 2시간 incubation 시키고, 기질로 *p*-nitrophenyl phosphate를 넣은 후 Microplate reader(Titertek Multiscan Plus)를 사용하여 410 nm와 450 nm에서 흡광도 값으로 측정하여 나타내었다. 이때 각 사이토카인의 측정 한계는 10 pg/mL 이었다(18).

통계처리

실험결과는 평균(mean) \pm 표준편차(SD)로 나타내었고, Student *t*-test를 이용하여 통계처리한 후 $p < 0.05$ 수준에서

유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

큰느타리버섯 균사체를 이용한 발효두부의 제조

큰느타리 버섯 균사체의 생육을 위한 최적배지를 검토하기 위하여 PDA배지 외 2종의 평판배지에 대한 버섯균사체의 생육정도를 관찰하여 Table 1에 나타내었다. 즉 이들 평판배지에서 큰느타리버섯의 균사생육은 모두 왕성하게 나타났으나 MEA와 MPA 평판배지에서보다 PDA 평판배지에서의 균사생육이 더 양호하게 나타나 큰느타리버섯의 생육배지로는 PDA배지가 적당한 것으로 생각되었다. 따라서 발효두부 제조를 위하여 큰느타리 버섯 균사체의 생육을 위한 최적 배지로는 PD broth배지를 사용하였다.

큰느타리버섯 균사체의 배양용액 및 포자현탁액을 두부에 접종한 후 30°C의 항온기에서 7일 동안 배양하여 제조한 발효두부의 성상은 Fig. 1과 같다.

즉, 큰느타리버섯 균사체를 접종한 두부에서는 배양 2일째부터 흰색의 균사가 성장하기 시작하여 배양 5일째부터는 두부표면 전체가 솜털모양의 균사 덩어리로 뒤덮였다. 이와 같이 균사가 뒤덮인 상태(배양 7일째 두부)의 두부를 수직으로 절단하여 두부내부로의 균사 침투정도를 관찰한 결과 두부표면으로부터 약 3~5 mm 정도의 깊이까지만 큰느타리버섯의 균사가 두부내부로 침투하여 성장하는 것을 관찰할

수 있었다. 하지만 이 상태에서 배양 10일째까지 계속 배양하였을 때 버섯의 균사가 두부내부로의 침투는 더 일어나지 않고 오히려 부분적으로 다른 세균 등에 의한 오염이 발생하였다. 따라서 발효두부 제조를 위한 두부의 발효기간은 7일 정도가 적당한 것으로 판단되었다.

Lee 등(19)은 홍삼추출물을 첨가하지 않은 대조군은 저장 후 4일에 부패가 시작되었으나, 홍삼추출물을 0.5%와 2% 첨가한 두부의 부패는 6일 이후에 시작되었다고 보고하였다. 또한 본 연구에서도 두부를 37°C에서 4일 동안 저장하였을 때 1일째부터 두부의 색깔 변화, 이취발생 및 세균수 증가 등의 부패가 시작됨을 확인하였다.

따라서 큰느타리버섯 균사체를 접종한 두부의 발효기간 7일 동안 세균 등의 오염이 관찰되지 않았으므로 발효두부의 저장성이 일반 두부보다 향상될 것으로 생각되며, 앞으로 본 연구의 결과를 토대로 큰느타리버섯 균사체 발효두부의 품질 특성 및 저장성에 관한 구체적인 연구들이 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

비장세포 증식 유도

생쥐의 비장에서 분리한 세포에 큰느타리버섯 균사체 발효두부의 물 및 메탄올 추출물을 0.01, 0.1, 1, 10 및 100 µg/mL 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 비장세포의 증식 반응을 측정하였다. 즉, B세포의 증식을 유도하는 LPS와 T세포의 증식을 유도하는 α-CD3에 의해서 비장세포의 증식을 유도하였으며, 큰느타리버섯 균사체 발효두부 추출물을 첨가하지 않은 대조군(0.7)에 비해 물 및 메탄올 추출물을 첨가한 실험군에서는 저 농도 0.01 µg/mL 이상에서 비장세포의 증식 반응이 증가하는 것으로 나타났으나(Fig. 2), 본 연구진의 이전 연구에서는 큰느타리버섯 균사체 물 추출물 1 µg/mL 농도에서도 대조군에 비하여 유의적으로 비장세포의 증식을 유도하지 못하였다(20). 따라서 큰느타리버섯 균사체 발효두부 추출물이 동일한 농도(1 µg/mL)에서 큰느타리버섯 균사체 추출물보다 비장세포 증식을 높게 유도한 이유는 발효두부 제조 시 생성되는 기능성물질들의 상승효과에 기인한 것으로 생각되며, 추후 더 구체적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 한편, Hong 등(21)은 콩 발효식품인 청국장 물 추출물이 마우스 비장세포의 증식을 유도한다고 보고한 바 있으며, Kang 등(22)은 큰느타리버섯 조다당체 추출물이 300 µg/mL 농도 이상에서 비장세포의 증식을 유도한다고 보고하였다.

비장세포 사이토카인 생산 유도

비장세포에 대한 독성이 없는 최대 농도의 큰느타리버섯 균사체 발효두부 물 및 메탄올 추출물(10 µg/mL)을 첨가하여 24시간 배양한 다음에 상층액을 분리하여 IL-2, IFN-γ, IL-6 및 TNF-α의 사이토카인이 분비되는지 ELISA 방법으로 측정하였다(Table 2). 그 결과 큰느타리버섯 균사체 발효두부 물 추출물은 대조군에 비하여 IL-2, IFN-γ의 사이토

Table 1. Growth effect of *Pleurotus eryngii* mycelia by several media

Media	Mycelia (diameter, mm)			
	2 day	4 day	6 day	8 day
MEA ¹⁾	13.2	24.0	36.7	50.3
MPA ²⁾	14.3	24.5	39.4	56.2
PDA ³⁾	13.8	25.7	43.8	63.8

¹⁾MEA: malt extract 2%, dextrose 2%, peptone 0.1%, MgSO₄ · 7H₂O 0.05%, agar 2%.

²⁾MPA: malt extract 2%, peptone 0.5%, agar 2%.

³⁾PDA: potato 20%, dextrose 2%, agar 2%.



Fig. 1. Photograph of soybean tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia.

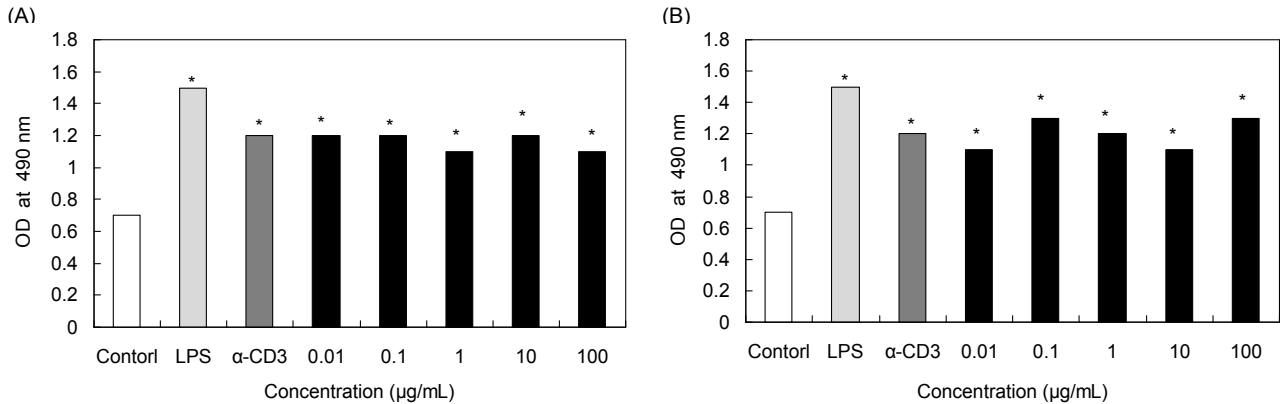


Fig. 2. Effects of the extracts of tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia on the growth of spleen cells. (A) Water extract. (B) Methanol extract. Data values were expressed as mean±SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with the control group at * $p < 0.05$ by Student's t -test.

Table 2. Effects of the extracts of tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia on the cytokines of spleen cells

	Cytokines, pg/mL			
	IL ¹ -2	INF ² - γ	IL-6	TNF ³ - α
Control	10.2±0.0	16.0±8.2	150.1±0.0	248.3±0.7
LPS (10 µg/mL) ⁴	<10*	855.6±80.1*	2,266.5±106.0*	1,006.6±4.7*
α-CD ⁵ 3 (0.01 µg/mL)	616.7±13.1*	12,987.6±80.6*	1,075.5±21.2*	625.0±68.3*
TEFPM ⁶ Water extract	11.0±1.0*	59.2±7.0*	129.3±1.1	148.3±29.0
Methanol extract	10±0.0	33.0±5.3*	116.0±27.1	133.8±3.9

¹IL: Interleukin. ²INF: Interferon. ³TNF- α : Tumor necrosis factor. ⁴LPS: Lipopolysaccharide. ⁵CD: Cluster of differentiation. ⁶TEFPM: Tofu extracts fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia.

Data values were expressed as mean±SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with the control group at * $p < 0.05$ by Student's t -test.

카인 분비량을 증가시켰으며, 메탄올 추출물은 IFN- γ 의 분비량만 증가시켰다. 즉 IL-2는 보조 T세포와 세포 독성 T세포의 증식을 유도하는 사이토카인이며(23), IFN- γ 는 내재 면역반응에 관여하는 대식세포를 활성화시키는 중요한 역할을 한다(24).

Kang 등(22)은 큰느타리버섯 조다당체 추출물이 비장세포의 사이토카인 중 IL-6, IFN- γ 의 생산을 증가시켜 비장세포 중에서 T세포의 증식은 유도하지 않고, B세포의 증식을 유도한다고 보고하였다. 한편 본 연구의 이전 연구 결과에 의하면 큰느타리버섯 균사체는 IL-2, IFN- γ 와 같은 비장세포 사이토카인의 분비량을 유의적으로 증가시키지 못하였다.

따라서 본 연구 결과 및 이전의 연구결과를 종합하여 볼 때 큰느타리버섯 균사체가 두부에서 발효되는 과정에서 새로운 활성 물질들이 생성되는 것으로 생각되며, 이에 대한 심도 있는 연구들은 차후에 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

대식세포 일산화질소 생산 유도

대식세포주(RAW264.7)에 큰느타리버섯 균사체의 물 및 메탄올 추출물을 0.1, 1 및 10 µg/mL의 농도로 처리하여 48시간 배양한 후 배양액 중 대식세포가 생산한 NO의 산화형태인 NO₂⁻ 농도를 측정하였다. 그 결과 물추출물은 대조군

에 비하여 대식세포의 일산화질소 생산을 1 µg/mL 농도 이상에서 유의적으로 증가시키는 것을 알 수 있었다. 한편 메탄올 추출물은 10 µg/mL 농도 이상에서 그 생산을 증가시켰다(Fig. 3).

Kim 등(25)은 오미자 발효액과 오미자 추출물(물 및 에탄올)의 대식세포 일산화질소 생성을 측정된 결과 발효액에서 그 생성이 가장 높음을 알 수 있었으며, 발효액과 추출물의 함유 성분을 HPLC로 분석한 결과 용매 추출물에서 확인할 수 없었던 새로운 물질들이 생성되었다고 보고하였다.

따라서 본 연구의 큰느타리버섯 균사체 발효두부의 물 및 메탄올 추출물에서 대식세포의 일산화질소 생산 증가는 발효과정에서 생성된 대사산물이 유효 성분으로 작용한 결과로 생각되며, 앞으로 큰느타리버섯 균사체 발효두부의 면역활성을 나타내는 생리활성 성분의 기작과 이 활성물질들에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

대식세포 사이토카인 생산 유도

큰느타리버섯 균사체 발효두부의 물 및 메탄올 추출물에 의해 분비되는 대식세포의 사이토카인의 종류(IL-6, TNF- α , IL-1 β 및 GM-CSF)와 분비량을 알아보기 위하여 대식세포주에 일산화질소 생산을 최대로 유도하는 농도(10 µg/mL)의 물 추출물과 메탄올 추출물을 첨가하여 24시간 배양한 후, 상층액을 회수하여 상층액에 포함된 사이토카인의

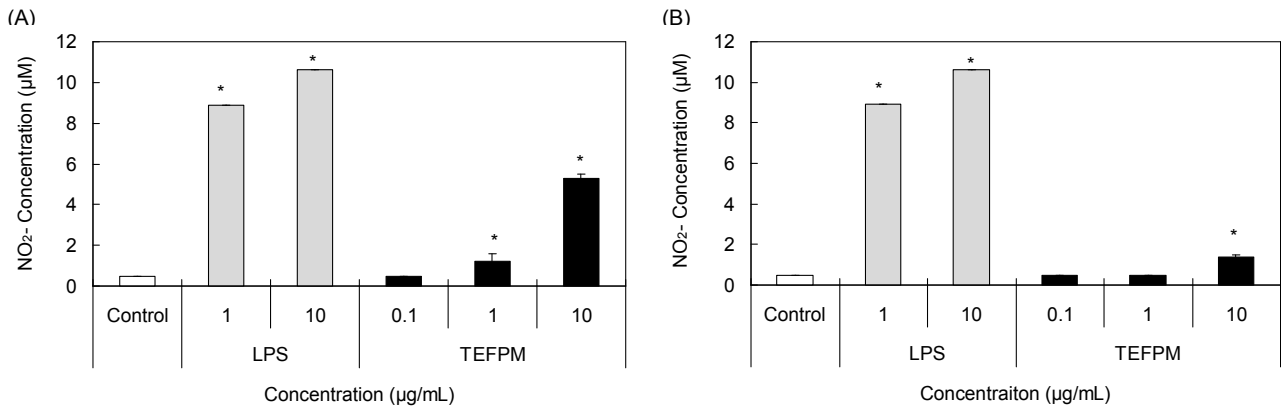


Fig. 3. Effects of the extracts of tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia on the production of nitric oxide in macrophage cells. (A) Water extract. (B) Methanol extract. Data values were expressed as mean±SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with the control group at *p<0.05 by Student's *t*-test.

Table 3. Effects of the extracts of tofu fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia on the cytokines in macrophage cells

	Cytokines, pg/mL			
	IL ¹ -6	TNF ² -α	IL-1β	GM-CSF ³
Control	18.06±10.6	1993.7±93.6	<7.8	<10
LPS ⁴ (10 µg/mL)	34884.0±678.8*	54975.0±424.2*	46.1±1.2*	859.5±10.6*
TEFPM ⁵ Water extract	16248.0±141.4*	39487.5±1856.1*	13.9±0.6*	381.0±35.3*
Methanol extract	7587.0±31.8*	34650.0±1484.9*	<7.8	154.5±3.5*

¹IL: Interleukin. ²TNF-α: Tumor necrosis factor. ³GM-CSF: Granulocyte-macrophage stimulating factor. ⁴LPS: Lipo-polysaccharide. ⁵TEFPM: Tofu extracts fermented with *Pleurotus eryngii* mycelia.

Data values were expressed as mean±SD of triplicate determinations. Significant differences were compared with the control group at *p<0.05 by Student's *t*-test.

양을 측정하였다. 즉 대식세포를 활성화시키는 물질인 LPS는 많은 양의 IL-6, TNF-α, IL-1β 및 GM-CSF 생산을 유도하는 것을 확인하였다. 큰타리버섯 균사체 발효두부의 물 추출물은 대조군에 비해 IL-6, TNF-α, IL-1β 및 GM-CSF 분비량을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다(Table 3). 한편 메탄올 추출물은 IL-1β를 제외한 나머지 사이토카인의 분비량을 유의하게 증가시키는 것으로 나타났다(Table 3).

따라서 큰타리버섯 균사체 발효두부 추출물은 대식세포를 활성화시켜 다양한 사이토카인을 분비하여 면역 활성을 유도하는 것을 알 수 있었다.

요 약

두부의 기능성 및 저장성을 향상시킬 목적으로 큰타리버섯 균사체를 이용한 발효두부를 제조하여 물과 메탄올로 추출하여 면역세포 활성화에 미치는 효과를 조사하였다. 큰타리버섯 균사체를 배양하기 위한 최적 배지는 PD broth 배지인 것을 확인하였으며, 큰타리버섯 균사체를 이용한 두부의 최적 발효기간은 7일 정도가 적당하였다. 큰타리버섯 균사체를 이용하여 발효한 두부의 물 및 메탄올추출물은 0.01 µg/mL 농도 이상에서 비장세포의 증식을 유도하였으며, 이들 추출물은 IL-6, IFN-γ 분비를 유도하는 것으로 나타났다. 발효두부 물 추출물은 대조군에 비해 대식세포의

일산화질소 생산을 1 µg/mL 농도 이상에서 유의적으로 증가시키는 것을 알 수 있었으며, 메탄올 추출물은 10 µg/mL 농도 이상에서 그 생산을 증가시켰다. 발효두부 추출물들은 대식세포가 분비하는 IL-6, TNF-α, IL-1β 및 GM-CSF 분비량을 유의하게 증가시켰다. 따라서 큰타리버섯 균사체로 발효한 두부는 기능성 두부로 개발이 가능하리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 농림기술관리센터(ARPC)연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다(과제번호:20040152).

문 헌

1. Shin YM, Kwon OY, Kang SY, Park JY, Park HS, Kim MR. 2005. Physicochemical characteristics of tofu added with spinach juice. *J Chungnam Home Economics* 18: 61-66.
2. Oh SW, Lee YC, Hong HD. 2002. Effects on the shelf-life of tofu with ethanol extracts of *Rubus coreanus miquel*, *Therminalia chebula Retz* and *Rhus javanica*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 746-749.
3. Kim JS, Choi SY. 2008. Quality characteristics of soybean curd with *Omija* extract. *Korean J Food Nutr* 21: 43-50.
4. Han MR, Kim MH. 2007. Quality characteristics and stor-

- age improvement studies of *Rubus coreanus* added soybean curd. *Food Engineering Progress* 11: 167-174.
5. Chun KH, Kim BY, Son TI, Han YT. 1997. The extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as immersion solution. *Korean J Food Sci Technol* 29: 476-481.
 6. Lee KS, Kim DH, Baek SH, Choun SH. 1990. Effects of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean curd) on extending its shelf-life. *Korean J Food Sci Technol* 22: 116-122.
 7. Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis ruprecht* (omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korea J Food Sci Technol* 32: 1087-1092.
 8. Kim KT, Im JS, Kim SS. 1996. A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. *Korean J Food Sci Technol* 28: 965-969.
 9. Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 129-135.
 10. Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 249-254.
 11. Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 12-15.
 12. Jeon MK, Kim MR. 2006. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 30-36.
 13. Park YJ, Oh NS, Han MS, Park MK, In MJ. 2004. Effects of coagulants on the yield and textural properties of soybean curd (tofu) containing garlic. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 370-372.
 14. Kim JH, Lee WJ, Cho YW, Kim KY. 2009. Storage-life and palatability extension of *Betula platyphylla* sap using lactic acid bacteria fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 787-794.
 15. Lee SH, Kim YT, Shon MY, Sung CK, Park SK. 2001. Quality properties of fermented tofu prepared with different molds and coagulants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 617-622.
 16. Jeung YR, Ha MH, Kim SH, Jo SK, Byun MW, Cho HW, Seo KI, Yee ST. 2000. Immunosuppressive effects of herbal plant extracts alloantigen reactive cell proliferation and cytotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1133-1138.
 17. Kondo Y, Takano F. 1994. Nitric oxide production in mouse peritoneal macrophage enhanced with glycyrrhizin. *Biol Pharm Bull* 17: 759-761.
 18. Kato T, Morokata T, Igarashi O, Yee ST, Inobe M, Uede T, Azuma M, Okumura K, Nariuchi H. 1997. Costimulatory effects of IL-2 on the activation of naive, memory CD4⁺ T cells, and Th1 clone. *Cell Immunol* 176: 50-58.
 19. Lee JS, Kim GN, Jang HD. 2008. Effects of red ginseng extract on storage and antioxidant activity of tofu. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1497-1506.
 20. Seo KI. 2006. Commercialization and development of direct edible functional fermented tofu using biotechnology. Final Report of Reserch. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea. p 42.
 21. Hong SW, Kim JY, Lee BK, Chung KS. 2006. The bacterial biological response modifier enriched *Chungkookjang* fermentation. *J Korean Food Sci Technol* 38: 548-553.
 22. Kang HI, Kim JY, Kwang DM, Seo KI, Cho YS, Lee SD, Yee ST. 2004. Effect of the crude polysaccharide of *Pleurotus eryngii* on the activation of immune cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1092-1097.
 23. Jain J, Loh C, Rao A. 1995. Transcriptional regulation of the IL-2 gene. *Curr Opin Immunol* 7: 333-342.
 24. Osmond DG, Rolink A, Melchers F. 1998. Murine B lymphopoiesis: towards a unified model. *Immunol Today* 19: 65-68.
 25. Kim CH, Kwon MC, Kim HS, Bae GJ, Ahn JH, Choi GP, Choi YB, Ko JR, Lee HY. 2007. Enhancement of immune activities of *Kadsura Japonica* Dunal. through conventional fermentation process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15: 162-169.

(2009년 8월 13일 접수; 2009년 12월 30일 채택)