

## 큰느타리버섯 (*Pleurotus eryngii*) 조다당체 분획의 항산화 및 항종양활성

김재용<sup>1</sup> · 강혜인<sup>2</sup> · 박경욱<sup>2</sup> · 문광덕<sup>1</sup> · 이상대<sup>3</sup> · 조숙현<sup>3</sup> ·  
위재준<sup>4</sup> · 경종수<sup>4</sup> · 송용범<sup>4</sup> · 서권일<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학과, <sup>2</sup>순천대학교 식품영양학과  
<sup>3</sup>경남 농업기술원, <sup>4</sup>KT&G 중앙연구원

### Antioxidative and Antitumor Activities of Crude Polysaccharide Fraction from *Pleurotus eryngii*

Jae-Yong Kim<sup>1</sup>, Hye-In Kang<sup>2</sup>, Kyung-Uk Park<sup>2</sup>, Kwang-Deog Moon<sup>1</sup>, Sang-Dae Lee<sup>3</sup>, Sook-Hyun Cho<sup>3</sup>,  
Jae-Joon Wee<sup>4</sup>, Jong-Soo Kyung<sup>4</sup>, Yong-Beom Song<sup>4</sup> and Kwon-Il Seo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 750-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

<sup>3</sup>GyeongNam Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea

<sup>4</sup>Division of Ginseng Research, KT&G Central Research Institute, Daejeon 305-764, Korea

#### Abstract

The aims of this study were to investigate the antioxidative and antitumor effects of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii* (CPPE). CPPE inhibited autoxidation of linoleic acid at 1,000 µg/mL concentration, and the inhibitory rates of lipid peroxidation in rat liver microsome were 5.28, 9.40, and 32.5% at 10, 100, and 1,000 µg/mL concentrations, respectively. After treatment with CPPE for 72 hours, the inhibitory rates against MCF-7, A549 and AGS cell lines showed 42.3, 33.4 and 26.7% at concentration of 1,000 µg/mL, respectively. Results of CPPE treatment at 100 and 300 mg/kg/day for 7 days in sarcoma-180 bearing-mice showed survival rates of 70 and 90%, respectively. Body weights of mice treated with CPPE were significantly decreased when compared with the control.

**Key words:** *Pleurotus eryngii*, polysaccharide, antioxidative effect, antitumor effect

#### 서 론

큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*)은 느타리버섯 속(*Pleurotus*)에 속하는 식용버섯으로(1,2), 육질이 치밀하여 씹는 맛이 자연송이와 비슷하고, 일반느타리버섯에 비해 대가 굵고 길며 저장성이 좋아 예로부터 유럽에서도 “초원의 꿀맛버섯”(3) 또는 “King oyster mushroom”(4)이라 하여 대중적 인기가 높았다. 우리나라에서는 야생으로 채집된 기록은 없으나, 1997년경부터 인공재배된 것이 “새송이”라는 상품명으로 시판되어 그 인기가 급증하고 있다(5). 일반적으로 버섯은 독특한 맛과 향이 뛰어나 기호성이 높은 식품으로 이용되어져 왔고, 당질, 단백질, 비타민, 아미노산, 무기질 등과 같이 인체에 중요한 각종 영양소를 골고루 함유하고 있으며, 광범위한 약리 작용도 나타내므로 예로부터 전통식품 및 민간약의 제제로서 널리 이용되어져 왔을 뿐만 아니라 항암활성, 면역증강 등의 효능작용 때문에 최근에는 기능성 식품 및 의약품 소재로 많이 이용되고 있다(6,7).

버섯의 항암 성분은 1960년 *Calvatia gigantea*로부터 버섯 최초의 항암성분인 Calvacine이 분리되었으며(8), 최근에는 표고버섯인 *Lentinus edodes*의 자실체로부터 sarcoma-180 세포에 대한 강력한 증식억제 효과가 있는 Lentinan이 분리되었고(9), 구름버섯(*Coriolus versicolor*), 치마버섯(*Schizophyllum commune*) 및 상황버섯(*Phellinus linteus*)에서 각각 다당체가 분리되어 항암 및 면역요법제로 이용되고 있다(10-14). 큰느타리버섯의 항암성분에 대해서는 자실체의 에탄올 추출물이 암세포 성장을 억제하였으며, 이는 큰느타리버섯의 단백다당류에 의한 것이라는 보고가 있다(15,16).

버섯의 항산화 효과에 관한 연구는 Hayashi 등(17)이 큰비단고물버섯(*Suillus grevillei*)에서 항산화성 물질을 분리하였고, Jung 등(18)은 느타리버섯 자실체 및 균사체의 항산화 효과를 보고하였으며, Kubo 등(19)은 영지버섯의 일부 다당류에 지질과산화물을 억제시키는 물질이 함유되어 있다고 보고하였다.

이와 같은 연구 활동의 결과로 최근 상황버섯과 구름버섯

\*Corresponding author. E-mail: seoki@sunchon.ac.kr  
Phone: 82-61-750-3655, Fax: 82-61-750-3655

등은 암치료 의약품으로 이용되고 있고, 영지, 신령버섯, 동충하초 등은 건강식품으로 개발되고 있으며, 팽이버섯, 느타리버섯 등의 식용버섯에 관한 연구도 진행되고 있으나, 큰느타리버섯의 기능성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 큰느타리버섯을 기능성 식품으로서 활용도를 높이기 위하여 이 버섯으로부터 다당체를 추출하여 항산화 및 항암활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 조다당체(crude polysaccharide) 추출

본 실험에 사용한 큰느타리버섯은 경남 진주 경남농업기술원 농산물 가공센터에서 동결건조물을 제공받아 이를 잘게 부순 다음 그 중량의 10배에 해당하는 증류수를 첨가하여 100°C에서 9시간 동안 3회 열수추출하고 여과하여 evaporator로 농축한 후 3배량의 에탄올(95%)을 넣고 4°C에서 24시간 동안 침전시켰다. 이를 8,000 rpm에서 30분간 원심 분리하여 상등액을 제거하여 침전물을 분리하고 소량의 증류수로 침전물을 녹여 dialysis tube(MWCO: 12,000 Da)에 넣고 3일간 투석 후 투석내액을 동결 건조하여 폴리에틸렌 재질의 식품 포장용 팩(대한(주))에 밀봉하여 -20°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### Linoleic acid에 대한 항산화력 측정

큰느타리버섯에서 추출한 조다당체의 항산화 효과는 Dong 등(20)의 방법을 약간 변형하여 linoleic acid의 과산화물값(peroxide value, POV)을 측정하여 나타내었다. 즉 삼각플라스크에 linoleic acid 1 g, ethanol 10 mL 및 10, 100, 1,000 µg/mL 농도의 조다당체를 첨가한 후 0.2 M 인산완충용액 25 mL를 가하여 50°C에서 2일간 저장한 다음 반응용액을 분액여두에 옮겨 chloroform 25 mL를 가하여 2~3회 반복 추출하였다. Chloroform 추출액에 acetic acid 25 mL과 포화 KI용액 1 mL를 가하여 암소에서 10분간 방치한 다음 증류수 50 mL를 가하여 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>용액으로 적정하였으며, 비교구로는 0.1% BHT를 사용하였다.

### 흰쥐의 간 microsome에 대한 항산화력 측정

흰쥐를 ether로 마취시키고 복부를 절개하여 간을 적출한 후 0.9% saline으로 세척한 후 즉시 칭량하고 10%가 되도록 4°C의 phosphate buffer solution(pH 7.4)을 가하여 4°C에서 homogenizer로 5분간 균질화한 후 냉각원심분리기(Kubota, KR-20,000 T, Tokyo-Japan)에서 7,000 rpm, 4°C, 20분간 원심분리한 후, 상등액을 분리하여 초원심분리기(Hitachi 55P-72, Tokyo, Japan)에서 38,000 rpm, 4°C, 60분간 원심분리하여 침전된 분획에 균질용액을 일정량 가하여 microsome 얻어 실험에 사용하였다. 본 실험은 4°C에서 실행하였으며, 분리한 microsome은 -70°C에서 보관하였다(21).

흰쥐의 간 조직으로부터 분리한 microsome 내의 지질과

산화물의 함량 측정은 microsome 분획에 1 M Tris 완충용액(pH 7.2), 10 mM ascorbate, 1 mM FeSO<sub>4</sub> 용액을 가하여 37°C에서 1시간 반응시킨 후 3 M TCA/2.5 N HCl 용액을 가하여 12,000 rpm으로 2분간 원심분리한 후 상등액에 0.67% thiobarbituric acid(TBA)를 혼합하여 95°C에서 30분간 발색시킨 후 533 nm에서 흡광도를 측정하고 대조구의 흡광도와 비교하여 저해활성을 산출하였다(22).

### 암세포 증식 억제효과

본 실험에 사용한 폐암세포주인 A549(lung carcinoma; KCLB 10185), 인체유방암세포주 MCF-7(breast adenocarcinoma; KCLB 30022) 및 인체위암세포주 AGS(stomach adenocarcinoma; KCLB 21739)를 한국세포주은행(KCLB)에서 분양 받아 10% FBS를 첨가한 RPMI 1640배지를 첨가하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> incubator에서 계대배양하면서 실험에 사용하였다.

큰느타리버섯 추출물의 암세포주 증식 억제 효과는 SRB(sulforhodamine)방법(23)으로 측정하였다. 즉 암세포주를 24 well plate flat-bottom microplate에 1×10<sup>5</sup> cell/mL 농도로 조절한 후 분주하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>로 24시간 배양한 후, 다당체 추출물을 농도 10, 100, 1,000 µg/mL로 첨가하여 24 및 72시간 배양한 후 상등액을 제거하고 차가운 TCA(trichloroacetic acid) 100 µL를 가하여 4°C 냉장고에서 1시간 동안 방치한 후 증류수로 4~5회 세척하여 TCA를 제거하고 건조하였다. 각 well plate에 1% acetic acid에 용해시킨 0.4% SRB용액을 100 µL씩 첨가하고 실온에서 1시간 동안 염색하고 1% acetic acid로 4~5회 세척한 후 건조하였다. 각 well plate에 10 mM Tris buffer 100 µL로 SRB 용액을 충분히 녹인 후 microplate reader(Titertek Multiskan Plus, Finland)로 540 nm에서 O.D값을 측정하였다(24).

### 복수암 유발 생쥐의 수명연장 효과

본 실험에 사용한 생쥐의 sarcoma-180(null sarcoma; KCLB 40066) 복수암세포는 한국세포주은행에서 분양 받아 ICR mouse(male)의 복강 내에서 1주일 간격으로 계대배양하여 사용하였다. 즉 생쥐의 복강 내에서 1주일간 배양된 sarcoma-180 세포를 복수와 함께 취하여 PBS로 원심분리(1,200 rpm, 10 min, 4°C)하여 분리하였다. 분리된 세포를 PBS를 이용하여 3회 원심분리하여 세척한 후 sarcoma-180 세포만을 취하여 1×10<sup>6</sup> cell/mL 농도로 조절하여 0.1 mL씩 ICR mouse에 복강 투여하여 복수암을 유발하였다(25).

복수암을 유발시킨 24시간 후부터 7일간 연속적으로 큰느타리버섯 조다당체(100 및 300 mg/kg/day)를 투여한 후 30일 경과한 시점에서 mouse의 생존율 및 체중변화를 관찰하였다(26).

### 실험동물

항암실험을 위하여 본 실험에 사용한 동물은 KT&G 중앙연구소에서 사육한 22±2 g의 3주령인 수컷 ICR mouse를

일반사료(샘타코(주))와 물을 자유로이 제공하면서 2주 이상 사육실에서 적응시켰으며, 사육실 온도는  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , 습도는 50%로 조절하였고, 조명은 12시간 간격의 light-and-dark cycle로 유지하였다. Normal군, 대조군, 조다당체군(100, 300 mg/kg/day) 4군(10마리/군)으로 분류하여 사용하였다.

**사용 시약**

RPMI 1640 배지 및 FBS(fetal bovine serum)는 Gibco BRL(Grand Island, NY, USA) 제품을, sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ), 2-ME(2-mercaptoethanol), sulfanilamide 및 N-1-naphthyl-ethylen-diamine은 Sigma(St. Louis, USA) 제품을 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**조다당체의 추출**

큰느타리버섯에 존재하는 고분자물질을 얻기 위하여 동결 건조된 큰느타리버섯 50 g을 열수추출한 후 에탄올에 의한 침전과 저분자 불순물 제거를 위한 투석과정을 거쳐 동결 건조하여 1.56 g의 조다당체를 얻었고, 그 수율은 3.12%이었다.

Choi(6)는 아가리쿠스 자실체 50 g으로부터 조다당체 1.5 g을 얻었다고 보고하여 본 실험에서의 수율과 비슷한 결과였다.

**Linoleic acid에 대한 항산화 효과**

큰느타리버섯 다당체의 항산화 효과를 알아보기 위하여 조다당체를 10, 100 및 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 linoleic acid에 첨가한 후  $50^\circ\text{C}$ 에서 2일간 저장 후 과산화물가를 측정하는 결과는 Fig. 1과 같다. 조다당체의 처리시 100  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도가

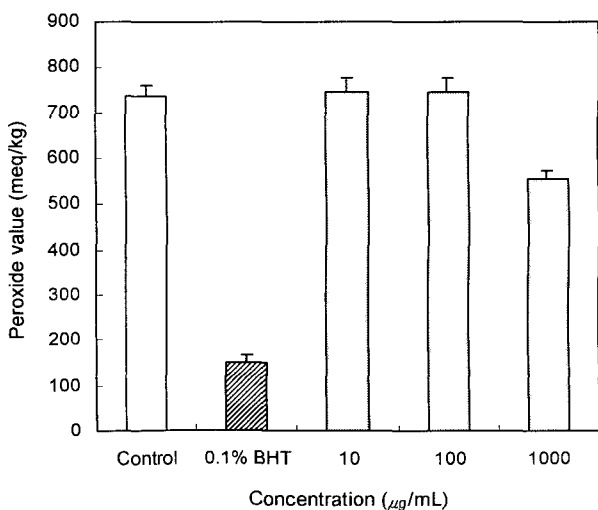


Fig. 1. Peroxide values of linoleic acid<sup>1)</sup> treated with crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii*. Data values are expressed as mean  $\pm$  SD from triplicate assays. <sup>1)</sup>Linoleic acid was autoxidated at  $50^\circ\text{C}$  for 2 days before treatment of sample.

지는 다당체 무처리구인 대조구에 비하여 과산화물의 생성이 억제되지 않았으나 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서는 대조구에 비하여 과산화물의 생성이 현저히 억제되어 항산화 효과가 있음을 알 수 있었다.

Lee(15)는 큰느타리버섯 에탄올 추출물은 항산화 활성을 나타내며,  $\text{IC}_{50}$  값이 4.7 mg/mL 농도이었다고 보고하였으며, Kang(16)은 큰느타리버섯 단백질 다당체에서 항산화 효과를 나타낸다고 보고한 바 있어, 본 실험의 조다당체 분획에서 나타난 항산화 결과도 이와 일치하는 것으로 생각된다.

**흰쥐의 간 microsome에 대한 항산화 효과**

흰쥐의 간 microsome에 큰느타리버섯 다당체를 첨가하고 지질과산화물 함량을 측정하여 그 저해 활성을 측정하는 결과 10, 100 및 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 의 다당체 농도에서 지질과산화물 형성 저해율이 각각 5.28%, 9.40% 및 32.50%를 나타내어 이 실험 모델에서는 10  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서도 큰느타리버섯 다당체가 항산화 활성이 있음을 알 수 있었다(Fig. 2).

Lee 등(27)은 버들송이버섯(*A. cylindracea*) 균사체 추출액의 diethyl ether 분획과 butanol 분획, 물분획 및 배양액의 물분획에서 과산화지질의 생성이 억제되었다고 보고한 바 있으므로 본 결과도 이와 유사한 결과로 생각된다.

**암세포 증식억제 효과**

암세포주의 성장에 대한 큰느타리버섯 다당체의 억제효과를 측정하는 결과는 Fig. 3과 같다. 조다당체를 10, 100 및 1,000  $\mu\text{g/mL}$  농도로 A549, MCF-7 및 AGS 암세포주에 처리한 후 24시간 배양하였을 때 다당체를 처리하지 않은 대조구에 비하여 그 성장 억제를 확인할 수 없었으나, 다당체 처리 후 72시간 배양시는 1,000  $\mu\text{g/mL}$  농도에서 각 암세포의 성장률이 각각 57.7, 66.6 및 73.3%으로 그 억제율이 각각 42.3, 33.4 및 26.7%이었다.

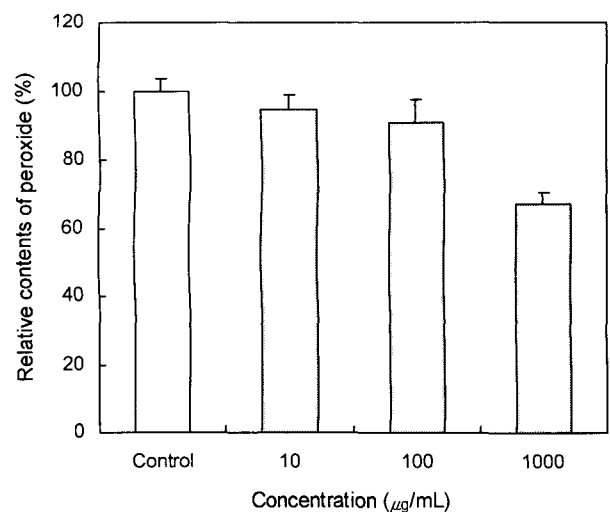


Fig 2. Effects of the crude polysaccharide from *Pleurotus eryngii* on lipid peroxidation in rat liver microsome. Data values are expressed as mean  $\pm$  SD from triplicate assays.

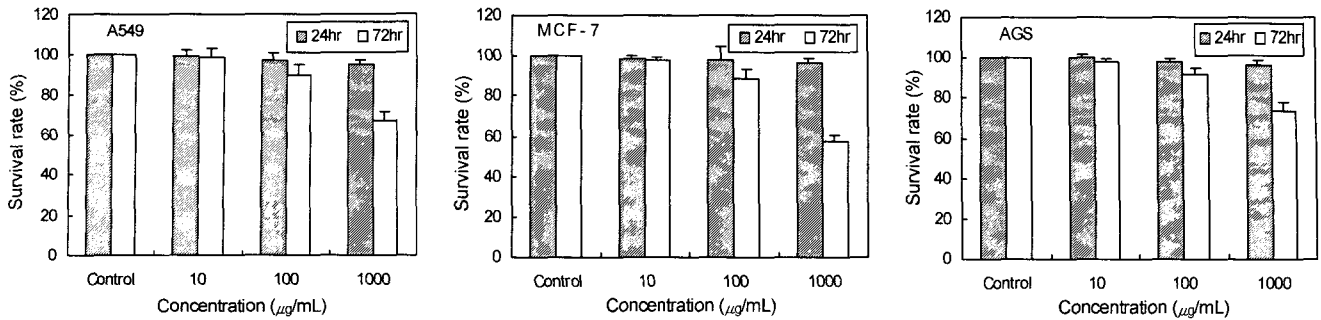


Fig. 3. Effect of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii* on the proliferation of human cancer cell lines by SRB assay.

Data values are expressed as mean ± SD from triplicate assays.

Lee(15)는 큰느타리버섯 에탄올 추출물이 A549 등 5종의 암세포주 성장을 억제한다고 하였고, Hwang 등(28)은 표고 및 새송이버섯의 열수추출물이 대장암 세포의 증식을 억제한다고 보고하였으나 이들 보고 역시 그 활성이 대체로 낮은 경향이였다.

복수암 유발 mouse의 수명연장 효과

큰느타리버섯 다당체의 mouse에 대한 항암 효과를 측정하기 위하여 ICR mouse의 복강에  $1 \times 10^6$  cells 농도로 sarcoma-180을 주입하여 복수암을 유발시킨 후 24시간 후, 다당체농도를 100 및 300 mg/kg/day로 7일간 복강에 투여한 후 30일간 그 생존율을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 다당체를 처리하지 않은 복수암 유발 mouse 대조군은 21일에 모두 폐사하였으나, 다당체를 100 mg/kg/day 및 300 mg/kg/day 농도로 처리한 군에서는 30일후에 각각 70% 및 90%의 높은 생존율을 나타내었다.

한편 일반적인 버섯류의 주요 항암 성분으로 다당체인 β-1,3-glucan이 보고되었는데, 기존의 합성 항암제와는 달리 암세포에 대한 직접적인 세포 독성이 없고, 숙주의 전반적인 면역기능을 강화시키는 숙주매개 항암효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(29-31). 또한 본 연구에서도 큰느타리버섯 다당체는 암세포주의 성장 억제율은 매우 낮았으나 복수암이 유발된 mouse의 수명연장 효과는 크게 나타나 암세포에 직접 작용하는 물질이라기보다는 숙주의 전반적인 면역기

Table 1. Effect of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii* (CPPE) on the survival rates in sarcoma-180 bearing mice

Sample	Dose (mg/kg)	Survival days	Survival rate (%)
Normal	-	30 ± 0.0	100
Control	D.W	21.1 ± 1.76	-
Crude polysaccharide	100	25.7 ± 6.90	70
	300	28.6 ± 4.42	90

The ICR mice were administered intraperitoneally with CPPE for consecutively 7 days after the intraperitoneal inoculation of sarcoma-180 cells ( $1 \times 10^6$  cells/mL). D.W represents distilled water.

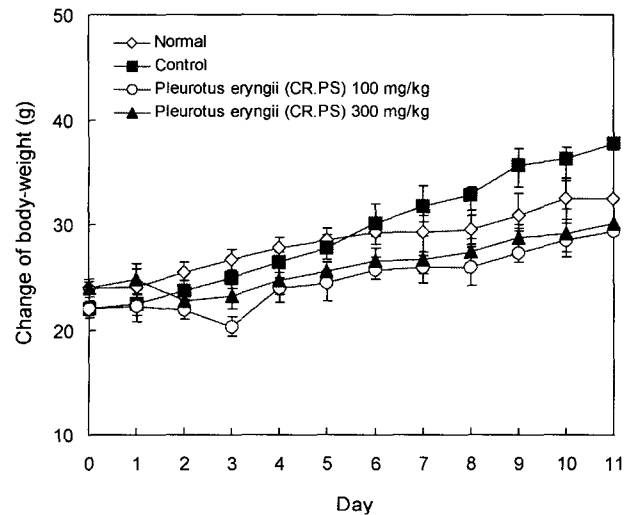


Fig. 4. Effect of the crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii* on body weight in sarcoma-180 tumor-bearing mice.

Data values are expressed as mean ± SD from 10 samples.

능을 강화시켜 항암작용을 하는 것으로 생각된다.

복수암 유발 mouse의 체중변화

복수암 유발 ICR mouse의 체중은 암세포 접종 6일 후부터 정상 mouse의 체중보다 증가하기 시작하여 11일에는 약 40 g 정도로 정상 마우스의 체중 32.5 g보다 높게 나타났다. 반면에 다당체를 100, 300 mg/kg/day 농도로 처리한 실험군에서는 그 체중이 각각 31.5 g 및 30.2 g으로 대조군에 비하여 모두 체중이 낮게 나타났다(Fig. 4). Sarcoma-180 암세포는 증식할 때 마우스의 복수를 증가시켜 체중을 증가시키는데, 조다당체 분획 투여군의 체중감소는 버섯 다당체에 의한 마우스 복강내의 암세포 증식억제 결과에 따른 것임을 추측할 수 있겠다.

요 약

큰느타리 버섯으로부터 추출한 조다당체의 항산화 및 항암효과를 조사하였다. 항산화효과에 대한 실험에서 10, 100, 1,000 µg/mL 농도로 다당체의 처리시 linoleic acid에 대하여

는 1,000 µg/mL 농도에서만 과산화물의 생성을 억제하였으나, 흰쥐의 micrososome에 대하여는 각 농도에서 대조구에 비하여 5.3%, 9.4% 및 33%의 억제율을 나타내었다. 큰느타리버섯 다당체를 A549, MCF-7 및 AGS 암세포주에 같은 농도로 72시간 처리시 1,000 µg/mL 농도에서 대조구에 비하여 42.3, 33.4 및 26.7%의 증식억제 효과를 보였다. Sarcoma-180으로 복수암을 유발한 ICR mouse에 큰느타리버섯 다당체를 100 mg/kg/day 및 300 mg/kg/day의 농도로 7일간 처리하고 30일이 경과한 후 관찰한 결과 대조구에 비하여 각 농도에서 70% 및 90%의 수명연장 효과를 나타내었으며, 체중의 증가율도 대조구에 비하여 현저히 억제되었다.

## 문 헌

- Hiber O, 1989. Valid, invalid and confusing taxa of the enus *Pleurotus*. *Mushroom Sci* 12: 241-248.
- Boekhout T. 1990. *Pleurotus*. *Flora Agaricina Neerlandica* 2: 20-24.
- Eger G. 1978. Biology and breeding of *Pleurotus*. In *The Biology and Cultivation of Edible Mushroom*. Chang ST, Hayes WA, eds. Academic Press, New York.
- Vasilkov PB. 1995. *Abriss der geographischen Verbreitung der Hutpilze in der Sowjetunion*. Leningrad, Moskau.
- Kim HK, Cheong JC, Seok SJ, Kim GP, Cha DY, Moon BJ. 1997. The artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (II). *Korean J Mycology* 25: 311-319.
- Choi SH. 2000. Extraction and purification of physiologically active materials from *Agaricus blazei* fruiting bodies. *MS Thesis*. So Gang University.
- Lee JW, Bang KW. 2001. Biological activity of *Phellinus* spp. *Food Industry and Nutrition* 6: 25-33.
- Roland JF, Chmielwewicz ZF, Weiner BA, Gross AM, Boening OP, Luck JV, Bardos TJ, Really HC, Sugiura K, Stock CC, Lucas EH, Byerrum RU, Stevens JA. 1960. Calvacine, a new antitumor agent. *Science* 132: 1987-1988.
- Chihara G, Hamuro J, Maeda Y, Arai Y, Fukuoka F. 1970. Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially lentinan from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing (an edible mushroom). *Cancer Res* 30: 2776-2781.
- Tsukagoshi S, Hashimoto Y, Fujii G, Kobayashi H, Nomoto K, Orita K. 1984. Krestin (PSK). *Cancer Treat Rev* 11: 131-155.
- Moon CK, Lee SH, Mock MS, Kim DO. 1987. Antitumor activity of the polysaccharide-fraction (Copolang) from *Coriolus versicolor* and its effects on the immune function. *Yakhak Hoeji* 31: 126-132.
- Park YM, Yoon SK, Park SH, Baeg NJ, Kim BS. 1993. Efficacy and safety of *Coriolus versicolor* polysaccharide (Licovex) in the treatment of chronic type B hepatitis. *Korean J Pharmacol Ther* 1: 45-48.
- Komatsu N, Okubo S, Kikumoto S, Kimura K, Satio G. 1969. Host-mediated antitumor action of *schizophyllan*, a glucan produced by *Schizophyllum commune*. *Gann* 60: 137-144.
- Han MS, Ko KS, Chung KS. 1995. Liquid cultivation of *Phellinus linteus* mycelium and preparation of antitumor and immunostimulating substance. *Korea Patent* Open No 95-7860.
- Lee DJ. 2002. Studies on characteristics of isolates, bio-activity and artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (De Canolle ex Fries) Quel. *PhD Dissertation*. Dankook University.
- Kang MS. 1999. Studies on the artificial cultivation and physiological activity of *Pleurotus eryngii*. *MS Thesis*. Kangwon Natl University.
- Hayashi T, Kanetoshi A, Ikura M, Shiirahama H. 1989. Bolegrevilol, a new lipid peroxidation inhibitor from the edible mushroom *Suillus grevillei*. *Chem Pharm Bull* 37: 1472-1474.
- Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. 1996. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extract of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Tech* 28: 464-469.
- Kubo M, Matsuda H, Tanaka M, Kimura Y, Tani T, Arichi S, Okuda H, Kirigiya M. 1980. *Ganoderma lucidum*, fruit body study. *Base and Clinic* 14: 2455-2458.
- Dong S, Jung SH, Moon JS, Rhee SK, Song JY. 2004. Antioxidant activities of clove by extraction solvent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 609-613.
- Park CK, Cha JY, Jeon BS, Kim NM, Shim KH. 2000. Effect of chicory root water extracts on serum triglyceride and microsomal triglyceride transfer protein (MTP) activity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 518-524.
- Ohkawa H, Ohishi N, Yaki K. 1979. Assay for lipid peroxide in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95: 351-358.
- Skehan P, Storeng R, Scudiero D. 1990. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer-drug screening. *J Nat'l Cancer Inst* 82: 1107-1112.
- Kim SH. 1999. Studies on the screening and comparison of biological activities of *Elfvigina applanata* and *Ganoderma lucidum*. *MS Thesis*. Kangwon Natl University.
- Kim YS, Lee BE, Cho KB, Lee YT, Lee DJ. 2000. Antitumor and immunomodulatory activities of mushroom (*Phellinus linteus*) cultured on oak and mulberry. *Korean J Immunol* 22: 3 165-171.
- Bae MJ, Park MH, Kim SU, Lee JS. 1997. Antitumor effect of higher fungi using Sacroma-180 cells. *Life Resources & Industry* 2: 42-47.
- Lee HW, Lee DW, Ha HC, Jung IC, Lee JS. 2002. Antioxidant activities of the mycelium and culture broth of *Phellinus igniarius* and *Agrocybe cylindracea*. *Korean J Mycology* 30: 37-43.
- Hwang YJ, Nam HK, Chang MJ, Noh GW, Kim SH. 2003. Effect of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii* extracts on proliferation and apoptosis in human colon cancer cell lines. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 32: 217-222.
- Bae MJ, Park MH, Choi C, Lee JS. 1997. Effect on cytokine secret and splenocyte proliferation of higher fungi. *Life Resources & Industry* 2: 1-8.
- Cho HJ, Shim MJ, Choi EC, Kim BK. 1998. Studies on constituents of higher fungi of Korea companies of various antitumor constituents of *Coriolus versicolor*. *Kor J Mycol* 16: 162-174.
- Pyo MY, Hyun SM, Yang KS. 2001. Effects of *Phellinus linteus* extracts on the humoral immune response in normal and cyclophosphamide-treated mice. *J Appl Pharmacol* 9: 194-200.