

## 상항버섯(*Phellinus linteus*) 추출물이 고지방·고콜레스테롤 식이 흰쥐의 지질조성 및 항산화계에 미치는 영향

송원영<sup>1</sup>·성병훈<sup>2</sup>·강신권<sup>1</sup>·최정화<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국국제대학교 식품과학부  
<sup>2</sup>금황바이오

### Effect of Water Extracts from *Phellinus linteus* on Lipid Composition and Antioxidative System in Rats Fed High Fat High Cholesterol Diet

Won-Young Song<sup>1</sup>, Byoung-Hun Sung<sup>2</sup>, Sin-Kwon Kang<sup>1</sup>, and Jeong-Hwa Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 660-759, Korea

<sup>2</sup>Kumhwangbio., LTD President, Gyeongnam 660-844, Korea

#### Abstract

The purpose of the present study was to examine the effect of water extracts from *Phellinus linteus* on lipid composition and antioxidative system in rats fed high fat high cholesterol diet. Rats were divided into four experimental groups which are composed of normal diet group, high fat high cholesterol diet group, high fat high cholesterol diet with 50 mg/kg b.w water extracts from *Phellinus linteus* supplemented group (PA group), high fat high cholesterol diet with 100 mg/kg b.w water extracts from *Phellinus linteus* supplemented group (PB group). The serum TG and cholesterol contents of the water extracts from *Phellinus linteus* supplemented groups (PA and PB groups) were decreased compared to the high fat high cholesterol diet group. The serum HDL-cholesterol contents of the water extracts from *Phellinus linteus* supplemented groups were increased compared to the high fat high cholesterol diet group. The serum LDL-cholesterol and AI of the water extracts from *Phellinus linteus* supplemented groups were significantly decreased compared to the high fat high cholesterol diet group. Supplementation of water extracts from *Phellinus linteus* groups (PA and PB groups) resulted in increased activities of superoxide dismutase. Hepatic glutathione peroxidase (GSH-px) were increased compared to the high fat high cholesterol diet group. TBARS values in liver and plasma were reduced in water extracts from *Phellinus linteus* supplemented groups. These result suggest that supplementation of water extracts from *Phellinus linteus* may have a pronounced impact on lipid composition and antioxidative system in the rats fed high fat high cholesterol diet.

**Key words:** *Phellinus linteus*, lipid composition, antioxidative system, cholesterol

#### 서 론

현대화가 급속도로 진행됨에 따라 식생활이 점차 서구화 되고 지방질 식품 소비의 증가로 인한 비만이나 심순환계 질환 등의 발생 위험이 높아지고 있다. 이는 또한 성인병의 주된 발병원인으로써 동물성 지방 및 저질의 단백질이 함유된 육류 및 인스턴트식품 등 고칼로리 식품의 섭취 등 식생활의 습관이 주요 원인인 것으로 알려져 최근 기능성식품과 관련된 이들의 생리적 효능에 대한 관심이 높아졌다(1,2). 심장순환계 질환에서는 혈중 콜레스테롤, 중성지방 및 지단백 함량의 증가와 같은 지질대사의 비정상화가 문제시되고 있으며(3,4), 이러한 지질대사의 변화는 결국 체내 조직의 산화적 손상을 초래함을 규명하였다(5). Yokozawa 등(6)은

0.5% 콜레스테롤 식이로 유도된 흰쥐에서 생체 내 free radical의 과잉 축적으로 항산화방어계와 자유라디칼생성계의 정상적인 균형이 깨어지며 산화적 손상을 유발하였다고 보고하였다.

이러한 항산화 방어계의 주된 역할을 담당하는 인자에는 superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase (GSH-px) 등의 효소 계열의 예방적 항산화계와 글루타티온, 토코페롤, 아스코르브산, 카로티노이드 및 폴리페놀화합물 등 식물 유래의 식이성 천연항산화물질이 있다(7). 이에 따라 국내, 국외에서 천연물로부터 새로운 생리활성물질의 개발과 함께 이를 이용한 다양한 기능성식품의 개발이 활발히 이루어지고 있다(8).

버섯은 분류학상 진균류에 속하는 담자균과 자낭균 중 자

\*Corresponding author. E-mail: jhappychoi@hanmail.net  
Phone: 82-55-751-8326, Fax: 82-55-751-8205

실체를 형성하는 고등균류로서 탄수화물, 단백질, 지질, 무기질 및 비타민(9,10) 등의 영양소를 골고루 함유하고 있을 뿐만 아니라 독특한 맛과 향을 지니고 있어 식용 및 약용으로 이용되고 있으며 무공해 식품으로도 각광을 받고 있다. 상황버섯(*Phellinus linteus*)은 소나무 비늘버섯과(Hymenochaetaceae) 진흙버섯속(*Phellinus*)에 속하는 백색부후균으로 알려져 있으며 면역활성의 증강을 통해 항암활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(11,12). 특히 상황버섯에서 추출된 다당체의 항종양작용에 대한 기작은 확실히 밝혀지지 않았으나, 이들은 주로 macrophage나 보체시스템 등의 면역체계를 활성화시켜 항종양 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있다(13). 이러한 항암활성에 대한 연구는 Rhee 등(14)과 Kwon 등(15)에서도 보고된 바 있다. 또한 간 보호 활성화 고지혈에 대한 Jung 등(16)의 보고 및 상황버섯의 항돌연변이 효과(17), B립프구 활성증가(18), 체액성 및 세포성 면역기능 증가(19,20)에 관한 연구도 이루어지고 있다.

이러한 견지에서 볼 때 항산화계와 관련된 기능성 물질로서 상황버섯의 이용을 기대해 볼 수 있는데 따라서 본 연구에서는 고지방·고콜레스테롤 식이를 공급한 흰쥐에서 상황버섯 추출물을 농도별로 공급하였을 시 혈액과 조직에서 생리활성에 미치는 영향을 관찰하고, 이러한 결과를 바탕으로 상황버섯의 혈중 지질대사와 간 조직에서의 항산화방어계의 개선효능을 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 상황버섯 추출물 제조

본 실험에 사용한 상황버섯(*Phellinus linteus*)은 진주시 문산읍 삼곡리 소재 (주)금황바이오에서 재배되는 것을 구입하여 건조한 후 추출·농축하여 실험용 재료로 사용하였다. 상황버섯의 이물혼합여부를 확인한 후 원료를 먼저 세척한다. 상기 상황버섯을 칭량 후 원료무게 대비 20배의 물을 가하여 extractor(Jeil Machine Co., Gyeonggi, Korea)를 이용하여 95°C에서 12시간 1차 추출을 하였다. 다음 원료무게 대비 5배의 물을 가하여 extractor를 이용하여 95°C에서 12시간 2차 추출한 후 1차, 2차 추출물을 혼합하여 여과(200 mesh)한 다음 상기 여과액을 concentrator(J-002, J-003, Jeil Machine Co.)를 이용하여 농축 후 고형분 검사를 행하여 추출물을 95°C에서 살균하여 상황버섯 추출물을 얻었다. 본 실험에 사용된 상황버섯의 β-글루칸 함량은 상황버섯 자체 100 g당 5 g이 함유되어 있었다.

### 실험동물, 식이조성 및 사육

실험동물은 체중 110±10 g 내외의 Sprague-Dawley 중수컷을 바이오 제노믹스(Bio Genomics, Inc., Seoul, Korea)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 환경에 적응시키기 위해 일주일간 예비사육한 후, 난괴법(randomized complete block

Table 1. Compositions of experiment groups (g/kg diet)

| Ingredients                   | Groups <sup>1)</sup> |      |      |      |
|-------------------------------|----------------------|------|------|------|
|                               | N                    | HF   | PA   | PB   |
| Corn starch                   | 539                  | 429  | 429  | 429  |
| Casein                        | 200                  | 200  | 200  | 200  |
| Sucrose                       | 100                  | 100  | 100  | 100  |
| Corn oil                      | 60                   | 60   | 60   | 60   |
| Mineral mixture <sup>2)</sup> | 35                   | 35   | 35   | 35   |
| Vitamin mixture <sup>3)</sup> | 10                   | 10   | 10   | 10   |
| Cellulose                     | 50                   | 50   | 50   | 50   |
| DL-methionine                 | 3                    | 3    | 3    | 3    |
| Choline Chloride              | 3                    | 3    | 3    | 3    |
| Lard                          | —                    | 100  | 100  | 100  |
| Cholesterol                   | —                    | 10   | 10   | 10   |
| Total                         | 1000                 | 1000 | 1000 | 1000 |

<sup>1)</sup>N: normal diet. HF: high fat high cholesterol diet. PA: high fat high cholesterol diet+*Phellinus linteus* extracts of 50 mg/kg body weight was fed via drinking bottle daily. PB: high fat high cholesterol diet+*Phellinus linteus* extracts of 100 mg/kg body weight was fed via drinking bottle daily.

<sup>2)</sup>AIN-76 mineral mixture (g/kg mixture).

<sup>3)</sup>AIN-76 vitamin mixture (g/kg mixture).

design)에 의해 대조군과 실험군으로 나누어 후 Table 1과 같이 나누어 4주간 사육하였다. 실험 기간 중 식이는 4°C에서 보관하였으며 매일 일정 시간에 공급하여 자유로이 섭취하게 하였다. 사육실의 온도는 22±1°C, 습도는 50±10%를 유지하였다. 식이 groups은 정상군(N group)과 1% 고지방·고콜레스테롤 식이 실험군으로 나누어 후 고지방·고콜레스테롤 실험군은 고지방·콜레스테롤 대조군(HF group), 상황버섯 공급군은 매일 상황버섯 추출물을 50 mg/kg b.w(PA group), 100 mg/kg b.w(PB group)의 수준으로 물병에 녹여 공급한 군으로 총 4군으로 나누어 사육하였다.

### 체중증가량, 식이섭취량, 식수섭취량 및 식이효율

식이섭취량과 식수섭취량은 전 실험기간 동안 매일 일정 시간에 측정하였으며 체중은 3일에 한 번씩 일정시간에 측정하였다. 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 전 체중증가량을 같은 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 줌으로 계산하였다.

### 혈액 및 장기의 채취

사육기간 완료 후 실험동물을 절식시키고 가벼운 ether 마취 하에서 복부대동맥으로부터 혈액을 채취한 후 즉시 간을 채취하여 생리식염수로 씻어내고 무게를 측정 후 액체 질소로 급속 동결시켜 -80°C에 보관하였다.

혈청의 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤의 함량과 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 측정

혈청 내 중성지방의 함량은 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co., Gyeonggi, Korea)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 그리고 혈청 총콜레스테롤의 함량 또한 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co.)를 사용하여

500 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 혈청 HDL-콜레스테롤은 2%, dextran sulfate와 1 M의 MgCl<sub>2</sub> 침전액을 1:1의 비율로 혼합하여 12,000 rpm에서 8분간 원심 분리 하여 그 상층액을 시료로 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co.)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald의 계산법(21)으로, 그리고 혈청동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 Fiordaliso의 계산법(22)으로 각각 산출하였다.

**간조직중의 지질조성 분석**

간조직의 총지질의 함량은 Folch 등(23)의 방법에 의해 추출하여 정량하였고, 간조직 지질의 정량에서는 Sale 등(24)의 수정된 방법으로 중성지방과 콜레스테롤 측정용 효소시액에 유화제로서 0.5% triton X-100과 3 mM sodium cholate를 혼합하여 발색 시 일어나는 탁도(turbidity)를 제거하여 간조직의 triglyceride와 cholesterol 농도를 550 nm와 500 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다.

**항산화 실험을 위한 분석 시료의 전처리**

간장을 각 간엽에서 고르게 일정량을 취하여 Potter Elvehjem homogenizer를 사용하여 0.25 M sucrose/0.5 mM ethylene diamine tetraacetic acid(EDTA)/5 mM N-2-hydroxyethyl-piperazine-N-2-ethane sulfonic acid(HEPES) 용액으로써 10%(w/v) 마쇄액을 만들었다. 마쇄액의 일부를 8,000×g에서 20분간 원심분리 하여 그 상층액을 과산화지질 정량에 사용하였고, 나머지는 10,000×g에서 30분간 원심분리 하여 그 상층액 중 일정량을 취하여 0.4배량의 ethanol : chloroform 냉혼합액(5:3)을 가하고 2분간 진탕한 다음 10,000×g에서 30분간 원심분리 하여 얻은 상층액을 세포질 SOD원액으로 사용하였다. 또 10,000×g 상층액의 일부는 다시 105,000×g에서 30분간 원심분리 하여 얻은 cytosol은 GSH-px의 활성도를 측정하였다. 모든 실험 조건은 4°C를 유지하면서 행하였다.

**SOD 및 GSH-px 활성 측정**

SOD 활성은 알칼리 상태에서 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색을 이용한 Marklund와 Markund의 방법(25)에 따라 측정하였다. GSH-px활성은 산화형 glutathione(GSSG)이 glutathione reductase와 NADPH에 의해 환원될 때 340

nm에서 NADPH의 흡광도가 감소하는 것을 이용한 Lawrence와 Burk의 방법(26)에 따라 측정하였다.

**TBARS 정량**

과산화지질 정량은 간 조직의 마쇄액을 8,000×g에서 처리하여 얻은 상층액과 TCA용액을 섞은 후, 실온에서 10분간 방치한 다음 0.05 M 황산으로 세척한 후 그 침전물과 thiobarbituric acid(TBA)와 반응하여 생성되는 malondialdehyde를 측정하는 Satoh법(27)을 이용하였다.

**단백질 정량**

각 시료의 단백질량은 Lowry 등(28)의 방법으로 하였으며, bovin serum albumin을 표준품으로 사용하였다.

**통계처리**

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군별로 표준차이가 있는가를 검증하기 위해 분산분석을 수행하였으며 분산분석(ANOVA 검증) 결과 유의성이 발견된 경우 Tukey's HSD test(29)에 의해 군 간의 유의도를 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**체중증가량, 식이섭취량, 식수섭취량 및 식이효율**

상황버섯의 농도별 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 체중증가량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가되었으나 상황버섯 공급군에서는 체중의 감소가 나타났다. 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 유의적으로 감소되었다. 식이효율 또한 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으나 상황버섯을 공급한 군에서는 감소하였고 PB군은 정상군 수준으로 되었다. Koh와 Lee(30)의 보고에서는 흰쥐에 고지방식이와 함께 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*) 분말을 3%, 5% 공급했을 시 식이효율은 대조군에 비하여 새송이버섯 공급군이 각각 25% 및 29% 씩 유의하게 감소되었고 이는 버섯에 함유된 섬유소와 다당류의 작용으로 관찰되어진다고 보고하였다. 또한 Kang 등(31)은 고지방 식이로 비만을 유도한 후 글루칸을 함유한 실험식이를 공급한 결과 글루칸 함량이 높을수록 체중 및 식이효율이 감소하였다고 보고하였다. 따라서 본 실험결과

Table 2. Effects of *Phellinus linteus* on body weight gain, food intake, drink intake and food efficiency ratio (FER) in rats fed high fat high cholesterol diets

| Group | Body weight gains (g)        | Food intake (g/day)          | Drink intake (g/day)       | FER                       |
|-------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| N     | 113.07 ± 16.87 <sup>bc</sup> | 499.96 ± 27.23 <sup>a</sup>  | 40.0 ± 2.0 <sup>NS1)</sup> | 0.23 ± 0.02 <sup>c</sup>  |
| HF    | 154.98 ± 9.78 <sup>a</sup>   | 451.18 ± 19.14 <sup>b</sup>  | 37.0 ± 3.0                 | 0.35 ± 0.02 <sup>a</sup>  |
| PA    | 145.92 ± 15.12 <sup>ab</sup> | 490.43 ± 23.45 <sup>ab</sup> | 38.0 ± 4.0                 | 0.30 ± 0.03 <sup>ab</sup> |
| PB    | 108.25 ± 5.98 <sup>bc</sup>  | 522.06 ± 20.87 <sup>a</sup>  | 39.0 ± 3.0                 | 0.28 ± 0.02 <sup>bc</sup> |

All values are mean ± SE (n=10). Those with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Tukey's test. The experimental groups are the same as in Table 1.

<sup>1)</sup>NS: not significant.

Table 3. Effects of extracts from *Phellinus linteus* on serum triglyceride, total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol and atherogenic index (AI) in rats fed high fat high cholesterol diets

| Group | Triglyceride             | Total-cholesterol       | HDL-cholesterol         | LDL-cholesterol         | AI                     |
|-------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| N     | 53.27±5.44 <sup>b</sup>  | 74.39±2.21 <sup>b</sup> | 53.24±2.04 <sup>a</sup> | 28.52±2.44 <sup>c</sup> | 1.14±0.15 <sup>c</sup> |
| HF    | 77.11±6.31 <sup>a</sup>  | 111.8±10.0 <sup>a</sup> | 29.75±3.31 <sup>b</sup> | 61.53±4.56 <sup>a</sup> | 2.89±0.10 <sup>a</sup> |
| PA    | 56.80±5.26 <sup>ab</sup> | 93.34±6.11 <sup>a</sup> | 34.56±2.49 <sup>b</sup> | 47.42±5.73 <sup>b</sup> | 1.83±0.19 <sup>b</sup> |
| PB    | 56.69±5.07 <sup>ab</sup> | 78.98±3.44 <sup>b</sup> | 34.55±2.14 <sup>b</sup> | 31.29±3.67 <sup>c</sup> | 1.31±0.18 <sup>c</sup> |

All values are mean±SE (n=10). Those with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Tukey's test. The experimental groups are the same as in Table 1.

도 상기 보고와 유사한 경향으로 상황버섯 내 섬유소와 5% 정도 함유된 β-글루칸 때문인 것으로 사료되어진다.

혈중의 중성지질 함량, 총콜레스테롤, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 및 AI

혈청의 중성지질의 함량을 나타낸 결과(Table 3) 중성지질의 양은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였다. 상황버섯을 공급한 PA군과 PB군은 모두 정상군 수준으로 감소하였다. 이는 상황버섯 다당체 투여로 인해 혈장 중성지방과 총콜레스테롤 농도가 저하한다는 Kim 등(32)의 연구와 유사하였다. 또한 버섯류의 다당류는 C-6에 glucose가 branch된 (1-3), (1-4) and (1-6)-β-glucan의 특별한 구조를 가지고 있으며(33) Manzi와 Pizzoferrato(34)는 버섯의 건조물에 점질성이 있는 수용성식이섬유의 비율이 높은 β-glucan 함량은 0.21~0.53%이라고 보고하였다. 따라서 상황버섯 속에 함유된 β-glucan에 의해 체지방이 감소하였다는 Kang 등(31)의 보고와도 유사함을 알 수 있었다. Lipoprotein의 구성성분에 따라 chylomicron, VLDL, LDL, HDL로 구분되며 구성성분인 콜레스테롤 농도가 각각 다르게 존재한다. VLDL로부터 전환된 LDL은 간에서 다른 조직으로 콜레스테롤을 운반하는 역할을 하기에 LDL-cholesterol 함량이 높으면 관상동맥의 벽에 콜레스테롤이 쌓일 위험이 높은 반면 HDL-cholesterol은 말초조직 및 혈관벽에 축적된 콜레스테롤을 제거하여 간 조직으로 운반하며 혈청과 조직의 콜레스테롤을 재분산 함으로써 혈중 콜레스테롤의 양을 저하시키므로 동맥경화에 대한 방어효과를 지닌다. 또한 LDL-cholesterol 농도의 증가와 HDL-cholesterol 농도의 감소로 인해 동맥경화가 촉진되는데 이러한 상태를 관찰할 수 있는 인자는 atherogenic index이다. 이러한 혈청 지질대사를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 총콜레스테롤은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤군은 유의적으로 증가하였으며 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 HF군에 비해 유의적으로 감소되었다. 쥐에 식물체 유래의 soluble β-glucan을 식이의 1%로 2주간 공급하였을 때 혈중 전체 콜레스테롤량, LDL-cholesterol, 간의 전체 콜레스테롤량이 감소하였고, 변으로 배출되는 neutral steroid의 양은 크게 증가하는 반면 bile acid의 양은 변화가 없음을 보여 soluble β-glucan의 콜레스테롤 저하효과는 간에서의 HMG-CoA reductase와 관련이 있음을 제시하였다(35). 따

라서 본 연구에서 상황버섯 속의 β-glucan의 작용으로 혈중 지질대사 효과가 나타난 것으로 사료된다. HDL-cholesterol(Table 3)은 고지방·고콜레스테롤군은 정상군에 비해 유의적으로 감소하였고 상황버섯을 공급한 군은 고지방·고콜레스테롤군에 비해 유의적이지는 않지만 증가하였다. LDL-cholesterol(Table 3)은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤군에서 유의적으로 증가되었고 상황버섯 공급군은 유의적으로 감소하였으며 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군에서 정상군 수준으로 감소하였다. 이는 Jung 등(16)의 연구에서 고지방식이와 함께 상황버섯 메탄올 추출물을 음용수에 혼합하여(50 mg/kg body weight) 4주간 공급하였을 때 상황버섯 추출물을 공급받은 그룹에서 LDL-cholesterol이 유의적으로 감소하였다는 결과와 일치한다. 동맥경화지수(AI)(Table 3) 또한 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤군에서 유의적으로 증가되었으며 상황버섯 공급군은 유의적으로 감소되었고 PB군에서 정상군 수준으로 감소되었다. 따라서 상황버섯은 β-glucan의 함량과 버섯에 함유된 수용성 섬유소가 혈중 지질조성을 개선시키는 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 간조직중의 SOD 및 GPx 활성

생체 내 항산화방어기구 중 효소적 방어계의 하나로서 superoxide radical을 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 환원된 세포에 해로운 종으로서부터 과산화수소로 전환시키는 SOD 활성을 간 조직에서 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 상황버섯 공급 군에서 HF군에 비해 SOD 활성이 증가하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. GPx는 일종의 peroxidase로 NADP<sup>+</sup>를 전자수용체로 하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 제거하면서 환원형 glutathione(GSH)을 산화형 glutathione(GSSG)으로 전환시키는 효소로 알려져 있다(36). GPx를 관찰한 결과(Fig. 2) 정상군에 비해 고지방·콜레스테롤 공급군에서 감소되었고 상황버섯을 공급한 PA군과 PB군에서 고지방·콜레스테롤에 비해 증가하였으며 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 유의적으로 증가하였다. 이러한 결과는 세포의 산화적 손상은 상황버섯의 glutathione과 glutathione S-transferase의 활성 증가(37)에 의해 세포내 ROS의 생성을 억제시킨다는 보고(38)와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 균사 식물 속에는 free radical을 제거하는 scavenging system으로 항산화 비타민류와 같은 비효소적 방어계와 이러한 생성물의 소거작용을 촉매 하는 효소(superoxide dismutase, glutathione peroxidase) 등과 같은

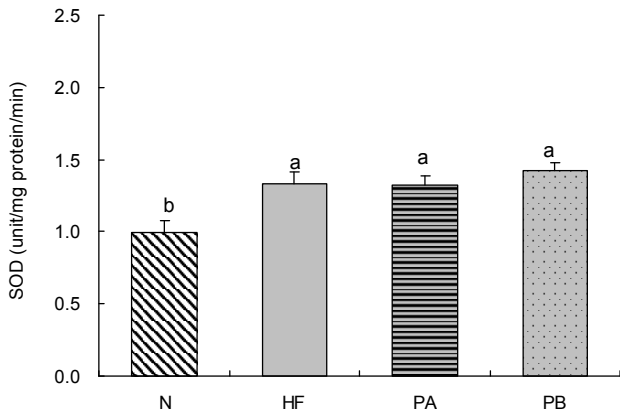


Fig. 1. Effects of extracts from *Phellinus linteus* hepatic superoxide dismutase (SOD) activities in rats fed high fat high cholesterol diets. All values are mean  $\pm$  SE (n=10). Those with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's test. The experimental groups are the same as in Table 1.

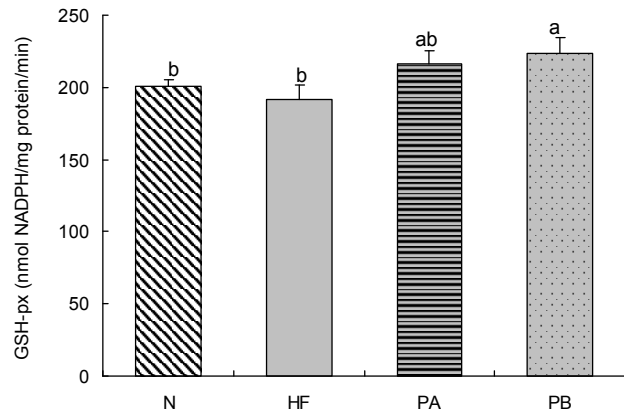


Fig. 2. Effects of extracts from *Phellinus linteus* hepatic glutathione peroxidase (GSH-px) activities in rats fed high fat high cholesterol diets. All values are mean  $\pm$  SE (n=10). Those with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's test. The experimental groups are the same as in Table 1.

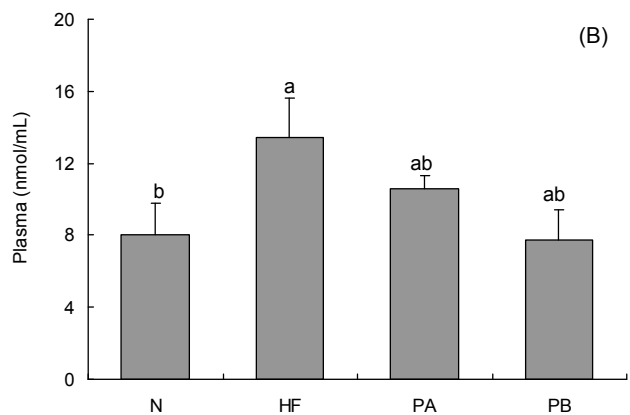
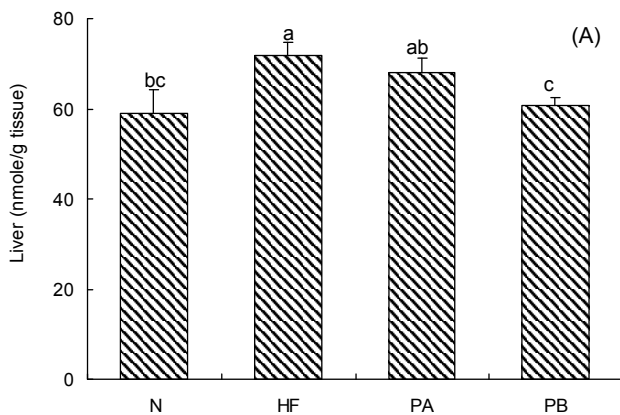


Fig. 3. Effects of extracts from *Phellinus linteus* on liver (A) and plasma (B) thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values in rats fed high fat high cholesterol diets. Values are the means  $\pm$  SE (n=10). Those with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's test. The experimental groups are the same as in Table 1.

효소적 방어계가 풍부하게 함유되어 있다는 연구결과와도 유사하였다(16). 상황버섯 내 함유된 페놀함량 또한 항산화계를 활성화 시켰으리라 여겨진다. 본 연구 결과로 고지방·콜레스테롤의 섭취로 인한 간조직의 산화적 스트레스가 상황버섯 추출물이 체내 항산화능 개선에 효과가 있으리라 기대할 수 있었다.

#### 간조직과 혈중의 과산화지질(TBARS) 함량

세포내 산화적 스트레스로 인해 생성되는 free radical에 의한 지질과산화 반응은 생체 내 대사 이상을 초래한다. 생체 조직의 과산화적 손상 지표가 되는 간의 지질과산화물(TBARS) 함량을 간 조직에서 측정된 결과(Fig. 3)(A) 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 상황버섯을 공급한 군에서 감소하였으며 특히 PB군은 유의적으로 감소하였다. 또한 혈장에서 측정된 결과(Fig. 3)(B) 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 상황버섯을 공급한 군 모두에서 정상군 수준으로 감소하

였으나 유의적인 감소는 나타내지 않았다. 자실체에는 지질과산화 반응에 대한 항산화 활성 물질을 함유하고 있는 것으로 보고(39)되었는데 이러한 결과로 미루어 상황버섯에도 유효한 성분이 있음을 입증해주었다. 또한 Lee 등(40)의 보고에서 목질진흙 버섯 자실체의 지질과산화 억제활성은 *in vitro*에서 측정된 결과 상황버섯은 조직과 혈중의 과산화지질의 함량을 감소시키는 효과가 있었는데 따라서 이는 상황버섯이 항산화 효소의 활성을 활성화시킴으로써 체내에서 생성된 free radical에 의한 지질과산화반응을 억제시켰기 때문으로 사료되어진다.

#### 요약

본 연구는 상황버섯추출액을 고지방·고콜레스테롤 쥐에 농도별로 50 mg/kg b.w(PA group), 100 mg/kg b.w(PB group)의 수준으로 공급하였을 시 지질대사 및 항산화 방어

계에 미치는 영향을 관찰하였다. 체중증가량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가되었으나 상황버섯 공급군에서는 체중의 감소가 나타났다. 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 유의적으로 감소되었다. 식이 효율 또한 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으나 상황버섯을 공급한 군에서는 감소하였고 PB군은 정상군 수준으로 되었다. 중성지방의 양은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으며 상황버섯을 공급한 PA군과 PB군은 모두 정상군 수준으로 감소하였다. 총콜레스테롤은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군은 유의적으로 증가하였으며 상황버섯 공급군 PA, PB군은 감소하였다. 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 유의적으로 감소되었다. HDL-cholesterol은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적으로 증가하였고 상황버섯을 공급한 군은 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 증가하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. LDL-cholesterol 및 동맥경화지수(AI)는 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가되었고 상황버섯 공급군은 유의적으로 감소하였으며 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군에서 정상군 수준으로 감소하였다. SOD 활성은 상황버섯 공급군에서 증가하였으나 유의적 차이는 없었다. 또한 GPx를 관찰한 결과 정상군에 비해 고지방·콜레스테롤 공급군에서 감소되었고 상황버섯을 공급한 PA군과 PB군에서 고지방·콜레스테롤에 비해 증가하였으며 특히 상황버섯 농도를 높게 한 PB군은 유의적으로 증가하였다. 생체 조직의 과산화적 손상 지표가 되는 간의 지질과산화물(TBARS) 함량을 간 조직에서 측정된 결과 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 상황버섯을 공급한 모든 군에서 감소하였다. 또한 혈장에서 측정된 결과 상황버섯을 공급한 군 모두에서 정상군 수준으로 감소하였다. 따라서 본 연구의 결과로 미루어 상황버섯은 지질대사 개선작용을 지니고 있으며 항산화계 활성을 지니고 있음이 규명되었다.

## 감사의 글

이 연구는 2007년도 산학연 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

## 문헌

- Lee KH, Choi HS, Kim WJ. 1995. Effect of several factors on the characteristics of six-vegetable and fruit juice. *Korean J Food Sci Technol* 27: 439-444.
- Muller SA. 1999. Classification, pharmacology and side effects of common laxatives. *Ital J Gastroenterol Hepatol* 31: 234-237.
- Manninen V, Tenkanen L, Kostinen P, Huttunen T, Manttari M, Heinonen O, Frick H. 1992. Joint effect of serum triglyceride and LDL-cholesterol and HDL-cholesterol concentration on coronary heart disease risk in the Helsinki heart study. *Circulation* 85: 37-45.
- Rifkind BM. 1986. Diet, plasma cholesterol and coronary heart disease. *J Nutr* 116: 1578-1580.
- Mantha SV, Kalra J, Prasad K. 1996. Effects of probucol on hypercholesterolemia-induced changes in antioxidant enzymes. *Life Sci* 58: 503-509.
- Yokozawa T, Nakagawa T, Kitani K. 2002. Antioxidative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rats. *J Agric Food Chem* 50: 3549-3552.
- Ji LL. 1995. Exercise and oxidative stress: Role of the cellular antioxidant system. *Gerontology* 37: 317-325.
- Kim DS, Kim CH. 2001. Effect of sea tangle, *Laminaria Japonicus*, extract on activities of glucokinase and hexokinase in alloxan-induced diabetic mellitus mice. *Korean J Life Sci* 11: 467-482.
- Hong JS, Kim, YH, Lee KR, Kim MK, Cho CI, Park KH, Choi YH, Lee JB. 1988. Composition of organic acid and fatty acid in *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* and *Agaricus bisporus*. *Korean J Food Sci Technol* 20: 100-106.
- Lim SS, Lee JH. 1997. Effect of *Artemisia princeps* var orientalis and *Cirsium japonicum* var ussuriense on serum lipid of hyperlipidemic rat. *Korean J Nutr* 30: 12-21.
- Ren G, Liu XY, Zhu HK, Yang SZ, Fu CX. 2006. Evaluation of cytotoxic activities of some medicinal polypore fungi from China. *Fitoterapia* 77: 408-410.
- Kim HM, Han SB, Oh GT, Kim YH, Hong DH, Hong ND, Yoo ID. 1996. Stimulation of humoral and cell mediated immunity by polysaccharide from mushroom *Phellinus linteus*. *Int J Immunopharmacol* 18: 295-303.
- Tamura Y, Niinobe M, Arima T, Okuda H, Fujii S. 1973. Studies on aminopeptidases in rat liver and plasma. *Biochim Biophys Acta* 327: 437-445.
- Rhee YK, Han MH, Park SY, Kim DH. 2000. *In vitro* and *in vivo* antitumor activity of the fruit body of *Phellinus linteus*. *Korean J Food Sci Technol* 32: 477-480.
- Kwon SH, Kim CN, Kim CY, Kwon ST, Park KM, Hwangbo S. 2003. Antitumor activities of protein-bound polysaccharide extracted from mycelia of mushroom. *Korean J Food & Nutr* 16: 15-21.
- Jung ME, Ham SS, Nam SM, Kang IJ, Kim SJ, Chung CK. 2001. Biochemical and histological effects of *Phellinus linteus* methanol extract on liver lipid metabolism of rats fed CCl<sub>4</sub> and high fat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 331-337.
- Shon TH, Nam KS. 2001. Antimutagenicity and induction of anticarcinogenic phase II enzyme by basidiomycetes. *J Ethnopharmacol* 77: 103-109.
- Oh GT, Han SB, Kim HM, Han MW, Yoo ID. 1992. Immunostimulating activity of *Phellinus linteus* extracts to B-lymphocyte. *Arch Pharm Res* 15: 379-381.
- Kim HM, Han SB, Oh GT, Kim YH, Hong DH, Hong ND, Yoo ID. 1996. Stimulation of humoral and cell mediated immunity by polysaccharides from mushroom *Phellinus linteus*. *Int J Immunopharmacol* 18: 295-303.
- Pyo MY, Hyun SM, Yang KS. 2001. Effect of *Phellinus linteus* extracts on the humoral immune response in normal and cyclophosphamide-treated mice. *J Appl Pharmacol* 9: 194-200.
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
- Fiordaliso M, Kor N, Desager KP, Goethals F, Deboyser D, Roberfoid M, Delzenne N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum

- and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30: 163-167.
23. Folch JM, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J Biol Chem* 26: 497-509.
  24. Sale FD, Marchesini S, Fishman PH, Berra B. 1984. *A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts*. Academic Press Inc., New York, USA. p 347-350.
  25. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the antioxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
  26. Lawrence RA, Burk RF. 1976. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochem Biophys Res Commun* 71: 952-958.
  27. Satoh K. 1978. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new metric method. *Clinica Chemica Acta* 90: 37-43.
  28. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
  29. Sreel RGD, Torrie JH. 1990. *Principles and procedures of statistics*. McGraw Hill, New York, USA.
  30. Koh JB, Lee CH. 2005. Effect of *Pleurotus eryngii* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 34: 626-631.
  31. Kang SA, Jang KH, Hang KH, Choi WA, Jung KH, Lee IY. 2002. Effects of dietary  $\beta$ -glucan on adiposity and serum lipids levels in obese rats induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1052-1057.
  32. Kim HM, Han SB, Oh GT, Kim YH, Hong DH, Hong ND, Yoo ID. 1996. Stimulation of humoral and cell mediated immunity by polysaccharide from mushroom *Phellinus linteus*. *Int J Immunopharmacol* 18: 295-303.
  33. Mantovani MS, Bellini MF, Angeli JP, Oliveira RJ, Silva AF, Ribeiro LR. 2007.  $\beta$ -Glucan in promoting health: Prevention against mutation and cancer. *Mutat Res* 658: 154-161.
  34. Manzi P, Pizzoferrato L. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem* 68: 315-318.
  35. Cheung PCK. 1996. The hypocholesterolemic effect of extracellular polysaccharide from the submerged fermentation of mushroom. *Nutr Res* 16: 1953-1957.
  36. Jones DP, Eklow L, Orrenius S. 1981. Metabolism of hydrogen peroxide in isolated hepatocytes: relative contribution of catalase and glutathione peroxidase in decomposition of endogenously generated  $H_2O_2$ . *Arch Biochem Biophys* 210: 505-516.
  37. Shoi YH, Nam KS. 2001. Antimutagenicity and induction of anticarcinogenic phase II enzymes by basidiomycetes. *J Ethnopharmacol* 77: 103-109.
  38. Ye SF, Hou ZQ, Zang QQ. 2007. Protective effects of *Phellinus linteus* extract against iron overload-mediated oxidative stress in cultured rat hepatocytes. *Phytother Res* 21: 948-953.
  39. Matsuzawa T, Sano M, Tomita I, Saitoh H, Ohkawa M, Ikekawa T. 1998. Studies on antioxidants of *Hypsizigus marmoreus*. II. Effects of *Hypsizigus marmoreus* for antioxidant activities of tumor-bearing mice. *Yakugaku Zasshi* 118: 476-481.
  40. Lee JW, Baek SJ, Bang KW, Kang SW, Kang SM, Kim BY, Ha IS. 2000. Biological activities of polysaccharide extracted from the fruit body and cultured mycelia of *Phellinus linteus* IY001. *Kor J Food Sci Technol* 32: 726-735.

(2009년 10월 1일 접수; 2009년 12월 17일 채택)