

## 버섯추출물의 항산화활성에 관한 연구

박상신<sup>1\*</sup> · 유국현 · 민태진

<sup>1</sup>동국대학교 생화학과, 동국대학교 화학과

### Antioxidant Activities of Extracts from Fruiting Bodies of Mushrooms

Sang-Shin Park<sup>1\*</sup>, Kook-Hyun Yu and Tae-Jin Min

<sup>1</sup>Department of Biochemistry, Dongguk University, Kyongju 780-714  
and Department of Chemistry, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

**ABSTRACT:** Antioxidant activities of 80% ethanol extracts of 63 species of mushroom fruiting bodies were investigated. The ethanol extracts from *Daedalea dickinsii*, *Armillariella mellea*, and *Fomitella fraxinea* showed markedly inhibition on lipid peroxidation in rat liver microsomes. The extracts from *Daedaleopsis tricolor*, *Trametes suaveolens*, *Armillariella mellea*, *Trichaptium abietinum*, *Daedalea dickinsii*, *Fomitella fraxinea*, *Tylophilus neofelleus*, *Boletellus obscurecoccineus*, and *Xerocomus subtomentosus* significantly inhibited the hepatic aldehyde oxidase activity, and the extracts from *Daedaleopsis tricolor*, *Armillariella mellea*, *Daedalea dickinsii*, and *Fomitella fraxinea* slightly stimulated the hepatic SOD activity. These results suggest that *Daedalea dickinsii*, *Armillariella mellea*, and *Fomitella fraxinea* contain the bioactive substances for natural antioxidant and may be useful for development of antioxidant from mushrooms.

**KEYWORDS:** Antioxidant activity, Mushroom extracts

문명의 발달과 더불어 의약품, 농약, 식품첨가물 등과 같이 각종 환경성 화학물질의 다양화와 생산량의 증대로 인하여 암 및 노화 등 퇴행성 질환의 발생 빈도가 높아지게 되었다. 특히 환경성 화학물질에 의한 세포막의 손상은 세포의 기능을 원활하지 못하게 할 뿐 아니라 DNA 및 단백질을 손상시킴으로써 노화, 암 및 각종 성인병을 유발하는 것으로 알려져 왔다(Ames, 1979). 이와 같은 난치성 성인병의 발생과정에서 superoxide anion(O<sub>2</sub><sup>-</sup>), hydroxyl radical(·OH), hydrogen peroxide(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), singlet oxygen(<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) 등의 활성산소종은 세포막지방질의 과산화를 유발하여 막투과성의 변화를 초래한다고 보고되어 있다(Okezei 등, 1991; Marks, J.L., 1987). 따라서 활성산소에 대한 연구를 통하여 노화기전의 규명과 각종 질환의 치료제로서 천연 항산화제의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

항산화제를 개발하기 위한 목적으로 최근 각종의

천연물로부터 항산화성 생리활성물질을 검색하고 분리하여 그 성분이 tannins, flavonoids, 또는 스테로이드성 알칼로이드 화합물 등임을 구명한 연구가 보고되어 왔다(Ames 등, 1981; Yen 등, 1995; Katsuzaki 등, 1993; Okamura 등, 1993; Tsuda 등, 1994; Lee 등, 1996a).

한편, 버섯 유래 생리활성물질의 탐색에 관한 연구로서 *Marasmius congensis*로부터의 marasmic acid(Kavanagh 등, 1949)와 *Psalliota campestris*로부터의 campestrin(Bose, 1955) 등의 항균활성물질이 보고된 이래 현재 국내외의 학자들에 의하여 다양한 버섯으로부터 항균활성, 항암활성 및 면역증강활성 물질 등이 연구되어 왔다(Chihara 등, 1970; Hirase 등, 1976; Chang 등, 1989; 水野와 川畠, 1992; 강 등 1981; 민 등, 1996; Lee 등, 1996b).

그러나 버섯 중의 항산화 활성물질의 탐색에 대한 연구는 지금까지 활발하게 진행되어 온 버섯 유래 각종 생리활성 물질에 대한 연구에 비하여 매우 미진한 실정이다. 지금까지 보고된 버섯중 항산화

\*Corresponding author

활성에 관한 연구로 *Hypsizigus marmoreus* 자실체의 수용성 추출물이 peroxy 및 alkoxy 라디칼에 대한 포획효과(trap effect)와 지질과산화 반응에 대한 항산화 활성을 나타내며(Matsuzawa 등, 1997), *Coriolus versicolor* 중의 단백당류가 이온-라디칼 scavenger로서 superoxide dismutase 활성과 유사한 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Kariya 등, 1992).

본 연구에서는 63종의 한국산 버섯의 80% 에탄올 추출물들의 항산화 활성을 검색하기 위하여 버섯의 에탄올 추출물이 쥐의 간세포조직의 지질과산화

반응에 미치는 억제효과와 산소자유라디칼의 생성효소인 aldehyde oxidase(AO) 및 산소자유라디칼의 scavenger 효소인 superoxide dismutase(SOD)의 활성에 미치는 효과를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에 사용한 총 63종의 버섯시료는 1992년에서부터 1996년에 걸쳐 서울의 관악산과 경상북도 일원의 경주 남산, 통도사, 가지산 및 주왕산 지

Table 1. The dry weight of 80% ethanol extracts from mushroom fruiting bodies

| Mushrooms                          | Extracts<br>(g/100g of dried<br>mushroom) | Mushrooms                        | Extracts<br>(g/100g of dried<br>mushroom) |
|------------------------------------|---|----------------------------------|---|
| <i>Agaricus arvensis</i>           | 8.65                                      | <i>Lycoperdon perlatum</i>       | 18.89                                     |
| <i>Agaricus bisporus</i>           | 6.94                                      | <i>Macrolepota procera</i>       | 16.70                                     |
| <i>Armillariella mellea</i>        | 36.79                                     | <i>Microporus affinis</i>        | 6.00                                      |
| <i>Armillariella tabescens</i>     | 31.20                                     | <i>Naematoloma fasciculare</i>   | 12.11                                     |
| <i>Amanita hemibapha</i>           | 23.13                                     | <i>Oudemansiella platyphylla</i> | 11.34                                     |
| <i>Amanita pantherina</i>          | 32.89                                     | <i>Oudemansiella radicata</i>    | 15.91                                     |
| <i>Amanita rubescens</i>           | 16.76                                     | <i>Phylloporous bellus</i>       | 11.87                                     |
| <i>Amanita spissacea</i>           | 35.01                                     | <i>Pleurotus cornusopiae</i>     | 6.34                                      |
| <i>Amanita virosa</i>              | 13.34                                     | <i>Pleurotus ostreatus</i>       | 4.40                                      |
| <i>Auricularia auricula</i>        | 15.35                                     | <i>Pulveroboletus ravenelii</i>  | 24.72                                     |
| <i>Austroboletus fusisporus</i>    | 16.65                                     | <i>Rhodophyllus crassipes</i>    | 12.35                                     |
| <i>Boletellus obscurecoccineus</i> | 16.08                                     | <i>Russula adusta</i>            | 5.38                                      |
| <i>Boletus aurepis</i>             | 13.73                                     | <i>Russula bella</i>             | 18.43                                     |
| <i>Boletus edulis</i>              | 20.01                                     | <i>Russula compacta</i>          | 14.46                                     |
| <i>Boletus erythropus</i>          | 8.68                                      | <i>Russula crustosa</i>          | 22.89                                     |
| <i>Boletus griseus</i>             | 13.92                                     | <i>Russula delica</i>            | 21.46                                     |
| <i>Boletus pseudocalopus</i>       | 30.14                                     | <i>Russula flavida</i>           | 18.98                                     |
| <i>Boletus sanguineus</i>          | 23.27                                     | <i>Russula foetens</i>           | 18.21                                     |
| <i>Boletus violaceofuscus</i>      | 26.90                                     | <i>Russula pseudodelica</i>      | 8.41                                      |
| <i>Cerrena unicolor</i>            | 25.76                                     | <i>Russula sororia</i>           | 17.50                                     |
| <i>Collybia butyracea</i>          | 10.87                                     | <i>Scleroderma citrinum</i>      | 13.46                                     |
| <i>Collybia dryophila</i>          | 21.35                                     | <i>Steccherinum rhois</i>        | 7.05                                      |
| <i>Coriolus versicolor</i>         | 2.13                                      | <i>Strobilomyces floccopus</i>   | 14.93                                     |
| <i>Daedalea dickinsii</i>          | 28.86                                     | <i>Suillus bovinus</i>           | 14.54                                     |
| <i>Daedaleopsis tricolor</i>       | 6.03                                      | <i>Trametes suaveolens</i>       | 8.89                                      |
| <i>Flammulina veluptiones</i>      | 23.97                                     | <i>Trichaptinum abietinum</i>    | 3.20                                      |
| <i>Fomitella fraxinea</i>          | 33.56                                     | <i>Tylophilus eximius</i>        | 11.49                                     |
| <i>Gomphidius roseus</i>           | 13.57                                     | <i>Tylophilus neofelleus</i>     | 18.70                                     |
| <i>Lactarius camphoratus</i>       | 8.88                                      | <i>Tyromyces sambuceus</i>       | 21.36                                     |
| <i>Lactarius hygrophoroides</i>    | 10.67                                     | <i>Xerocomus astaeicola</i>      | 6.33                                      |
| <i>Leccinum hortonii</i>           | 10.27                                     | <i>Xerocomus subtomentosus</i>   | 18.97                                     |
| <i>Lentinus edodes</i>             | 11.91                                     |                                  |   |

역과 충청도 일원의 속리산 및 계룡산 지역에서 채집하여 건조한 후 분말화하여 시료로 사용하였다.

### 버섯 추출물의 조제

분말화한 63종의 버섯에 80% 에탄올을 각각 가하여 95°C의 항온수조에서 3시간 동안 2회 반복추출한 후 여과하였다. 각 여액을 감압농축하여 건조시킨 후 얻은 버섯 추출물의 건조량은 Table 1과 같다. 각 버섯추출물을 dimethyl sulfoxide (DMSO): 80% 에탄올(3:1, v/v) 용액에 1 mg/1 ml 농도로 용해시켜 항산화 활성을 검색하기 위한 시료로 사용하였다.

### 쥐 간조직의 microsome과 세포질의 분획

본 실험에 사용한 실험 동물은 250g 내외의 SD 계 쥐(rat)로 대한실험동물센터에서 구입하였으며 실험전 16시간 동안 물만 주고 절식시켰다. 쥐의 간 조직으로부터 microsome 및 세포질의 분획은 Paick 등(1985)의 방법을 인용하였다. 흰쥐를 ether로 마취시킨후 복부 정중선을 따라 개복한 후, 복부 대동맥으로부터 혈액을 채취하고 0.9% 생리식염수로 관류시킨 간을 적출하여 생리식염수에 씻은 다음 여지로 압박하여 간에 남아있는 생리식염수를 제거하였다. 세척한 간 조직에 4배 용량의 0.1 M potassium phosphate 완충용액(pH 7.5)를 가하여 빙냉상태에서 조직파쇄기(Teflon Potter Elvehjem Homogenizer)로 간 조직을 마쇄하였다. 이 마쇄 균질액을 600×g에서 10분간 원심분리하여 핵 및 세포 미마쇄부분을 제거한 후 상층액을 다시 100,000×g에서 1시간동안 초원심분리하여 microsome 분획과 세포질 분획을 분리하였으며 이를 일정량씩 나누어 실험에 사용할 때까지 -80°C에서 보관하였다. Microsome 분획은 지질 과산화물의 함량측정에 사용하였으며 세포질 분획은 AO 활성도 및 SOD 활성도 측정을 위한 효소원으로 사용하였다. 이상의 모든 조작은 4°C 이하에서 실행하였다.

### 지질과산화도 측정

쥐의 간 조직으로부터 분리한 microsome 내의 지질과산화물의 함량 측정은 Trush 등(1981)과

Okawa 등(1979)의 방법에 의하여 측정하였다. Microsome(0.5 mg protein/ml) 분획에 150 mM KCl, 50 mM Tris-HCl 완충용액(pH 7.4), 0.5 mM NADPH 용액 및 0.5 mM paraquat 용액을 가하여 37°C에서 1시간동안 항온시킨 후 2.0 M TCA 용액을 가하여 반응을 중지시켰다. 이 반응용액 2 ml에 3 M TCA와 2.5 N HCl의 혼합용액 0.5 ml를 첨가하여 1,000×g로 10분간 원심분리한 후 상층액 1 ml에 같은 양의 0.67% thiobarbituric acid(TBA)를 혼합하여 95°C에서 30분간 발색시켰다. 반응용액을 냉각시킨 후 533 nm에서 흡광도를 측정하였으며 반응에 의하여 생성된 malonaldehyde(MDA)의 양은 MDA의 몰흡광계수,  $1.52 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 를 이용하여  $\mu\text{mol}$ 로 나타내었다. 각각의 버섯 추출물을 첨가하였을 때의 MDA의 상대 생성량(relative production)을 계산하기 위하여 버섯 추출물을 첨가하지 않은 실험군을 대조구로 정하였다.

### Aldehyde oxidase 활성도 측정

AO 활성도는 Rajagopalan 등(1962)의 방법에 인용하여 측정하였다. 50 mM potassium phosphate 완충용액(pH 7.5), 1.5 mM N-methylnicotineamide(NMN) 및 효소액 0.1 ml를 포함하는 반응용액 1 ml를 25°C에서 10분간 반응시킨 후 20% TCA 1 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응용액을 15,000 rpm에서 원심분리하여 단백질을 제거한 후 300 nm에서 6-pyridone의 생성에 의한 용액의 흡광도 증가를 측정하였다. 효소의 활성도를 산출하기 위하여 1분당 300 nm에서의 흡광도 0.001을 증가시키는 효소의 양을 1단위로 하였다. 각각의 버섯 추출물을 첨가하였을 때의 효소의 상대 활성도(relative activity)는 버섯 추출물을 첨가하지 않은 실험군을 대조구로 하여 산정하였다.

### Superoxide dismutase의 활성도 측정

SOD 활성은 McCord와 Fridovich(1969) 방법을 인용하여 측정하였다. 0.1 mM EDTA를 포함하는 50 mM potassium phosphate 완충용액(pH 7.8), 0.05 mM KCN, 0.01 mM cytochrome c, 0.1 mM xanthine를 포함하는 반응용액 2.8 ml를

25°C에서 3분 동안 열평형시킨 후 A550가  $0.025 \pm 0.001$ 가 되도록 조절한 xanthine oxidase 0.1 ml와 효소액 0.1 ml을 가하여 550 nm에서 흡광도 증가를 관찰하였다. 효소 활성도의 단위는 효소를 가하지 않은 대조구에 비하여 cytochrome c의 환원 속도를 50% 억제하는 양을 1단위로 하였다. 시료중의 단백질 농도는 Lowry 등(1951)의 방법을 인용하여 bovine serum albumin(BSA)을 표준단백질로 한 검량곡선에 의하여 산출하였다. 버섯 추출물을 첨가하였을 때의 효소의 상대 활성도는 버섯추출물을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로 하여 산정하였다.

## 결과 및 고찰

### 지질과산화 반응의 억제효과

20종의 버섯의 추출물이 지질과산화반응에 미치는 효과를 관찰하기 위하여 각 버섯 추출물을 농도별로 첨가하였을 때 지질과산화반응의 생성물인 MDA의 생성량을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 테미로버섯(*Daedalea dickinsii*), 뽕나무버섯(*Armillariella mellea*), 아카시재목버섯(*Fomitella fraxinea*), 외대뿔버섯(*Rhodophyllus crassipes*) 및 노랑느타리버섯(*Pleurotus camphoratus*)의 추출물들은 버섯추출물을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 추출물의 농도증가에 비례하여 MDA의 생성을 현저하게 억제시켰으며 그 중 *A. mellea*와 *F. fraxinea*의 추출물의 최종농도가 100  $\mu\text{g/ml}$ 일 때 MDA의 함량이 각각 22.8%와 38.3% 감소됨을 알 수 있었다. Matsuzawa 등(1997)은 *Hypsizygus marmoreus* 자실체의 수용성 추출물을 5~10% 농도로 쥐에 투여하였을 때 혈장내의 과산화지질의 함량이 약 10% 감소됨을 보고하였으며, Lee 등(1996a)은 박주가리과의 *Cynanchum wilfordii* 뿌리의 메탄올 추출물의 농도가 1 mg/ml일 때 지질과산화 반응이 약 15% 억제되었으며 추출물 중에서 분리한 알칼로이드 분획을 1 mg/ml 농도로 첨가하였을 때 과산화지질의 함량이 45% 감소됨을 보고하였다. 이들의 연구결과와 비교할 때 본 연구에서 사용한 *A. mellea*와 *F. fraxinea* 추출물이 지질과산화 반응을 현저하게 억제시킴을 알

**Table 2.** The antioxidant effect of ethanol extracts from mushrooms on lipid peroxidation of rat liver microsome

| Mushrooms                        | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | MDA ( $\mu\text{mol}$ ) | Relative production (%) |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Control(none)                    | -  | 13.6                    | 100.0                   |
| <i>Agricus arvensis</i>          | 10   | 13.3                    | 98.2                    |
|                                  | 100  | 13.5                    | 99.3                    |
| <i>Armillariella mellea</i>      | 10   | 11.6                    | 85.5                    |
|                                  | 100  | 10.5                    | 77.2                    |
| <i>Austroboletus fuscisporus</i> | 10   | 13.4                    | 98.5                    |
|                                  | 100  | 13.1                    | 96.1                    |
| <i>Boletus edulis</i>            | 10   | 13.5                    | 99.4                    |
|                                  | 100  | 13.3                    | 98.3                    |
| <i>Boletus griseus</i>           | 10   | 13.2                    | 97.2                    |
|                                  | 100  | 13.1                    | 96.6                    |
| <i>Boletus pseudocalopus</i>     | 10   | 13.3                    | 98.4                    |
|                                  | 100  | 13.1                    | 96.9                    |
| <i>Collybia butyracea</i>        | 10   | 13.3                    | 97.8                    |
|                                  | 100  | 13.5                    | 99.6                    |
| <i>Daedalea dickinsii</i>        | 10   | 12.8                    | 94.3                    |
|                                  | 100  | 10.5                    | 77.5                    |
| <i>Fomitella fraxinea</i>        | 10   | 11.2                    | 82.3                    |
|                                  | 100  | 8.4                     | 61.7                    |
| <i>Lactarius camphoratus</i>     | 10   | 13.4                    | 98.8                    |
|                                  | 100  | 13.1                    | 96.4                    |
| <i>Pleurotus cornuopiae</i>      | 10   | 11.5                    | 85.2                    |
|                                  | 100  | 10.9                    | 80.5                    |
| <i>Rhodophyllus crassipes</i>    | 10   | 12.3                    | 90.2                    |
|                                  | 100  | 11.5                    | 84.5                    |
| <i>Russula adusta</i>            | 10   | 13.4                    | 98.6                    |
|                                  | 100  | 13.1                    | 96.2                    |
| <i>Russula compacta</i>          | 10   | 13.4                    | 98.6                    |
|                                  | 100  | 13.2                    | 97.1                    |
| <i>Russula crustosa</i>          | 10   | 13.1                    | 96.5                    |
|                                  | 100  | 13.5                    | 99.2                    |
| <i>Russula delica</i>            | 10   | 13.2                    | 97.6                    |
|                                  | 100  | 13.4                    | 98.6                    |
| <i>Russula flavida</i>           | 10   | 13.4                    | 98.4                    |
|                                  | 100  | 13.2                    | 96.9                    |
| <i>Suillus bovinus</i>           | 10   | 13.5                    | 98.9                    |
|                                  | 100  | 13.2                    | 97.1                    |
| <i>Tyromyces sambuceus</i>       | 10   | 13.5                    | 99.3                    |
|                                  | 100  | 13.3                    | 98.2                    |
| <i>Xerocomus astaeicola</i>      | 10   | 13.5                    | 98.9                    |
|                                  | 100  | 13.3                    | 98.1                    |

수 있었으며, 따라서 이들 버섯류내에 항산화성 생리활성물질이 함유되어 있을 것으로 사료된다.

## Aldehyde oxidase 활성도에 미치는 효과

50종의 버섯추출물이 산소자유라디칼의 생성효소인 AO 활성도에 미치는 효과는 Table 3에 나타내었다. 각 버섯 추출물을 농도별로 효소반응 용액에 첨가하였을 때 대부분의 버섯추출물이 농도에 비례하여 효소의 활성을 억제시키는 경향을 보였다.

**Table 3.** The effect of ethanol extracts from mushrooms on hepatic aldehyde oxidase activity

| Mushroom                           | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity (Unit $\times 10^{-1}$ ) | Relative activity (%) |
|------------------------------------|--|--|-----------------------|
| Control(none)                      | -  | 50   | 100                   |
| <i>Agaricus bisporus</i>           | 10   | 43   | 86                    |
|                                    | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Armillariella mellea</i>        | 10   | 40   | 80                    |
|                                    | 100  | 27   | 54                    |
| <i>Armillariella tabescens</i>     | 10   | 49   | 98                    |
|                                    | 100  | 36   | 72                    |
| <i>Amanita hemibapha</i>           | 10   | 49   | 98                    |
|                                    | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Amanita pantherina</i>          | 10   | 32   | 64                    |
|                                    | 100  | 32   | 64                    |
| <i>Amanita rubescens</i>           | 10   | 45   | 90                    |
|                                    | 100  | 38   | 76                    |
| <i>Amanita spissacea</i>           | 10   | 48   | 96                    |
|                                    | 100  | 34   | 68                    |
| <i>Amanita virosa</i>              | 10   | 52   | 104                   |
|                                    | 100  | 25   | 50                    |
| <i>Auricularia auricula</i>        | 10   | 50   | 100                   |
|                                    | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Boletellus obscurecoccineus</i> | 10   | 45   | 90                    |
|                                    | 100  | 12   | 24                    |
| <i>Boletus aurepis</i>             | 10   | 48   | 96                    |
|                                    | 100  | 33   | 66                    |
| <i>Boletus edulis</i>              | 10   | 36   | 72                    |
|                                    | 100  | 34   | 68                    |
| <i>Boletus erythropus</i>          | 10   | 38   | 76                    |
|                                    | 100  | 32   | 64                    |
| <i>Boletus griseus</i>             | 10   | 42   | 84                    |
|                                    | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Boletus pseudocalopus</i>       | 10   | 46   | 92                    |
|                                    | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Boletus sanguineus</i>          | 10   | 44   | 88                    |
|                                    | 100  | 28   | 56                    |
| <i>Boletus violaceofuscus</i>      | 10   | 40   | 80                    |
|                                    | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Cerrena unicolor</i>            | 10   | 48   | 96                    |
|                                    | 100  | 23   | 46                    |

**Table 3.** Continued

| Mushroom                         | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity (Unit $\times 10^{-1}$ ) | Relative activity (%) |
|----------------------------------|--|--|-----------------------|
| <i>Collybia dryophila</i>        | 10   | 49   | 98                    |
|                                  | 100  | 38   | 76                    |
| <i>Coriolus versicolor</i>       | 10   | 44   | 88                    |
|                                  | 100  | 26   | 52                    |
| <i>Daedalea dickinsii</i>        | 10   | 45   | 90                    |
|                                  | 100  | 23   | 46                    |
| <i>Daedaleopsis tricolor</i>     | 10   | 43   | 86                    |
|                                  | 100  | 23   | 46                    |
| <i>Flammulina velutipes</i>      | 10   | 49   | 98                    |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Fomitella fraxinea</i>        | 10   | 35   | 70                    |
|                                  | 100  | 25   | 50                    |
| <i>Gomphidius roseus</i>         | 10   | 48   | 96                    |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Lactarius hygrophoroides</i>  | 10   | 30   | 60                    |
|                                  | 100  | 38   | 76                    |
| <i>Leccinum hortonii</i>         | 10   | 48   | 96                    |
|                                  | 100  | 39   | 78                    |
| <i>Lentinus edodes</i>           | 10   | 46   | 92                    |
|                                  | 100  | 31   | 62                    |
| <i>Lycoperdon perlatum</i>       | 10   | 49   | 98                    |
|                                  | 100  | 33   | 66                    |
| <i>Macrolepiota procera</i>      | 10   | 48   | 96                    |
|                                  | 100  | 26   | 52                    |
| <i>Microporus affinis</i>        | 10   | 47   | 94                    |
|                                  | 100  | 32   | 64                    |
| <i>Naematoloma fasciculare</i>   | 10   | 49   | 98                    |
|                                  | 100  | 36   | 72                    |
| <i>Oudemansiella platyphylla</i> | 10   | 40   | 80                    |
|                                  | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Oudemansiella radicata</i>    | 10   | 51   | 102                   |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Phylloporous bellus</i>       | 10   | 45   | 90                    |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Pleurotus ostreatus</i>       | 10   | 47   | 94                    |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Pulveroboletus ravenelii</i>  | 10   | 35   | 70                    |
|                                  | 100  | 27   | 54                    |
| <i>Russula bella</i>             | 10   | 47   | 94                    |
|                                  | 100  | 30   | 60                    |
| <i>Russula foetens</i>           | 10   | 48   | 96                    |
|                                  | 100  | 27   | 54                    |
| <i>Russula pseudodelica</i>      | 10   | 48   | 96                    |
|                                  | 100  | 28   | 56                    |
| <i>Russula sorqria</i>           | 10   | 49   | 98                    |
|                                  | 100  | 37   | 74                    |
| <i>Scleroderma citrinum</i>      | 10   | 51   | 102                   |
|                                  | 100  | 40   | 80                    |

Table 3. Continued

| Mushroom                        | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity ( $\text{Unit} \times 10^{-3}$ ) | Relative activity (%) |
|---------------------------------|--|--|-----------------------|
| <i>Steccherinum rhois</i>       | 10   | 46   | 92                    |
|                                 | 100  | 27   | 54                    |
| <i>Strobilomyces floccopus</i>  | 10   | 45   | 90                    |
|                                 | 100  | 35   | 70                    |
| <i>Suillus bovinuse</i>         | 10   | 49   | 98                    |
|                                 | 100  | 39   | 78                    |
| <i>Trametes suaveolens</i>      | 10   | 46   | 92                    |
|                                 | 100  | 28   | 56                    |
| <i>Trichaptium abietinum</i>    | 10   | 45   | 90                    |
|                                 | 100  | 26   | 52                    |
| <i>Tylophilus eximius</i>       | 10   | 45   | 90                    |
|                                 | 100  | 36   | 72                    |
| <i>Tylophilus neofelleus</i>    | 10   | 40   | 80                    |
|                                 | 100  | 18   | 36                    |
| <i>Xerocomus subtomentosuse</i> | 10   | 26   | 52                    |
|                                 | 100  | 24   | 48                    |

며, 특히 삼색도장버섯(*Daedaleopsis tricolor*), 송편버섯(*Trametes suaveolens*), 뽕나무버섯(*A. mellea*) 옷술버섯(*Trichaptium abietinum*), 테미로버섯(*D. dickinsii*), 아카시재목버섯(*F. fraxinea*), 제주쓴맛그물버섯(*Tylophilus neofelleus*), 좁노란그물버섯(*Boletellus obscurecoccineus*) 및 산그물버섯(*Xerocomus subtomentosus*)의 추출물의 최종농도가 100  $\mu\text{g/ml}$ 일 때 효소의 활성이 50% 이상 억제되었다. 이 중 *D. dickinsii*, *A. mellea*, 및 *F. fraxinea*의 추출물은 효소의 활성을 크게 억제시킬 뿐만 아니라 과산화지질의 생성을 억제시키는 효과를 동시에 나타냄을 알 수 있었다. Lee 등 (1996a)이 보고한 *C. wilfordi* 뿌리의 메탄올 추출물이 1 mg/ml의 농도로 반응용액에 첨가될 때 AO의 활성이 24% 정도 억제되었으며 추출액으로부터 정제된 알칼로이드 분획의 농도가 0.5 mg/ml 일 때 AO에 대한  $\text{IC}_{50}$ (50% inhibition value)은 0.8  $\mu\text{M}$  이었다. 따라서 *D. dickinsii*, *A. mellea*, 및 *F. fraxinea*의 추출물이 다른 천연물의 추출물과 비교할 때 비교적 효소의 활성을 현저하게 억제 시킴으로써 이 버섯들로부터의 항산화활성물질의 분리정제 및 항산화제의 개발을 위한 가능성이 제시된다.

Table 4. The effect of ethanol extracts from mushrooms on hepatic SOD activity

| Mushroom                           | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity ( $\text{Unit} \times 10^{-3}$ ) | Relative activity (%) |
|------------------------------------|--|--|-----------------------|
| Control(none)                      | -  | 38   | 100                   |
| <i>Agaricus bisporus</i>           | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Armillariella mellea</i>        | 10   | 42   | 110                   |
|                                    | 100  | 46   | 120                   |
| <i>Armillariella tabescens</i>     | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 36   | 95                    |
| <i>Amanita hemibapha</i>           | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Amanita pantherina</i>          | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 36   | 95                    |
| <i>Amanita rubescens</i>           | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Amanita spissacea</i>           | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 36   | 95                    |
| <i>Amanita virosa</i>              | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Auricularia auricula</i>        | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 36   | 92                    |
| <i>Boletellus obscurecoccineus</i> | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Boletus aurepis</i>             | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Boletus edulis</i>              | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Boletus erythropus</i>          | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Boletus griseus</i>             | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Boletus pseudocalopus</i>       | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 34   | 92                    |
| <i>Boletus sanguineus</i>          | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Boletus violaceofuscus</i>      | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Cerrena unicolor</i>            | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Collybia dryophila</i>          | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Coriolus versicolor</i>         | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Daedalea dickinsii</i>          | 10   | 45   | 118                   |
|                                    | 100  | 53   | 139                   |
| <i>Daedaleopsis tricolor</i>       | 10   | 37   | 97                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Flammulina velutipes</i>        | 10   | 36   | 95                    |
|                                    | 100  | 35   | 92                    |

Table 4. Continued

| Mushroom                         | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity ( $\text{Unit} \times 10^{-3}$ ) | Relative activity (%) |
|----------------------------------|--|--|-----------------------|
| <i>Fomitella fraxinea</i>        | 10   | 43   | 113                   |
|                                  | 100  | 51   | 134                   |
| <i>Gomphidius roseus</i>         | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Lactarius hygrophoroides</i>  | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Leccinum hortonii</i>         | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Lentinus edodes</i>           | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 33   | 87                    |
| <i>Lycoperdon perlatum</i>       | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Macrolepiota procera</i>      | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Microporus affinis</i>        | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Naematoloma fasciculare</i>   | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Oudemansiella platyphylla</i> | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Oudemansiella radicata</i>    | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Phylloporous bellus</i>       | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Pleurotus ostreatus</i>       | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Pulveroboletus ravenelii</i>  | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Russula bella</i>             | 10   | 35   | 92                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Russula foetens</i>           | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Russula pseudodelica</i>      | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Russula sororia</i>           | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Scleroderma citrinum</i>      | 10   | 37   | 97                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Steccherinum rhois</i>        | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Strobilomyces floccopus</i>   | 10   | 35   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Suillus bovinus</i>           | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Trametes suaveolens</i>       | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Trichaptium abietinum</i>     | 10   | 36   | 95                    |
|                                  | 100  | 33   | 87                    |

Table 4. Continued

| Mushroom                       | Extract concentration ( $\mu\text{g/ml}$ ) | Specific activity ( $\text{Unit} \times 10^{-3}$ ) | Relative activity (%) |
|--------------------------------|--|--|-----------------------|
| <i>Tylophilus eximius</i>      | 10   | 37   | 97                    |
|                                | 100  | 34   | 89                    |
| <i>Tylophilus neofelleus</i>   | 10   | 36   | 95                    |
|                                | 100  | 35   | 92                    |
| <i>Xerocomus subtomentosus</i> | 10   | 37   | 97                    |
|                                | 100  | 34   | 89                    |

#### Superoxide dismutase 활성도에 미치는 효과

50종의 버섯추출물이 산소자유라디칼의 scavenger 효소인 SOD 활성도에 미치는 효과는 Table 4에 나타내었다. 각 버섯 추출물을 효소반응 용액에 첨가하였을 때 대부분의 버섯추출물은 SOD 활성에 영향을 미치지 않았으나, 뽕나무버섯(*A. mellea*), 테미로버섯(*D. dickinsii*) 및 아카시재목버섯(*F. fraxinea*)의 추출물에 의하여 효소의 활성이 증가됨을 알 수 있었다. Kariya 등(1992)은 *C. versicolor* 자실체 중의 단백다당류가 이온-라디칼 scavenger로서 superoxide dismutase 활성과 유사한 항산화 활성을 나타냄을 보고하였으며, Okamura 등(1993)은 *Eucalyptus rostrata*의 80% 에탄올 추출물 중 에틸아세테이트로 재차 추출한 후 분리한 tannins 및 flavonol glycosides 등의 화합물이 SOD의 활성을 나타내는 것을 보고하였다. 그러나, 본 연구에서 SOD의 활성을 증가시킨 버섯류의 추출물들은 타 항산화물질과 같이 SOD와 유사한 효소활성을 함유하는 물질이 아니라 쥐 간 조직의 SOD의 활성증가제로서 작용함으로써 다른 항산화성 물질과 상이함을 알 수 있었다.

이상에서 63종의 한국산 야생버섯의 에탄올추출물의 항산화활성을 검색한 결과 특히 *D. dickinsii*, *A. mellea*, 및 *F. fraxinea*의 추출물이 지질과산화 반응을 억제할 뿐만 아니라 AO 활성의 억제효과 및 SOD 활성의 증가효과를 나타냄으로써 지금까지 연구되어 온 버섯의 항암성분, 항콜레스테롤성분 및 항세균성분, 등의 생리활성물질과 더불어 버섯으로부터 항산화활성물질의 개발에 대한 가능성을 제시하였다. 따라서 본 연구결과를 토대로 항산화활성을 나타내는 버섯추출물로부터 항산화활성 성분을 분

리정제하여 이의 화학구조와 물리화학적 성질을 구명함으로써 향후 버섯의 새로운 약리효과를 입증하고, 노화와 성인병의 치료를 위한 신약개발에 대한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

버섯의 항산화 활성을 검색하기 위하여 63종의 버섯자실체를 80% 에탄올로 추출한 후 각각의 버섯추출물이 지질과산화반응, AO 및 SOD의 활성도에 미치는 효과를 관찰하였다. 테미로버섯(*D. dickinsii*), 뽕나무버섯(*A. mellea*) 및 아카시재목버섯(*F. fraxinea*)의 추출물이 간조직 microsome의 지질과산화반응을 억제시켰으며, *A. mellea*, *D. dickinsii*, *F. fraxinea*, 삼색도장버섯(*D. tricolor*), 송편버섯(*T. suaveolens*), 옷솔버섯(*T. abietinum*), 제주쓴맛그물버섯(*T. neofelleus*), 노란그물버섯(*B. obscurecoccineus*) 및 산그물버섯(*X. subtomentosus*) 등의 추출물은 간 세포질 내의 초산화이온의 생성효소인 AO 활성을 크게 억제시켰다. 한편, *D. tricolor*, *A. mellea*, *D. dickinsii*, 및 *F. fraxinea* 등의 추출물은 간 세포질의 SOD의 활성을 증가시켰다. 이상의 결과로부터 특히 *A. mellea*, *D. dickinsii* 및 *F. fraxinea*로부터 항산화활성 성분의 분리정제 및 생리활성물질의 개발에 대한 가능성이 제시되었다.

## 감사의 글

본 연구는 1996년도 교육부 기초과학연구소 학술연구구성비(BSRI-96-3445)에 의하여 수행되었으므로 이에 감사한다.

## 참고문헌

- 강창울, 심미자, 최응칠, 이영남, 김병각. 1981. 한국산 담자균류의 항암성분에 관한 연구, 만년버섯의 균 사배양 및 항암성분. 한국생화학회지. 14: 101-112.
- 민태진, 배강규. 1996. *Umbilicaria vellea* 중 폐놀성 화합물의 구조 및 항균활성. 대한화학회지, 40: 623-629.
- 水野 卓, 川合正允. 1992.キノコの化学·生化学, 學會出版センター, pp. 13-91.
- Ames, B. N. 1979. Identification of environmental chemicals causing mutation and cancer. *Science* 204: 589-592.
- Ames, B. N. Cahcart, R., Schwiers, E. and Hochstein, P. 1981. Uric acid provides an antioxidant defense in humans against oxidant and radical-caused aging and cancer. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 78: 6858-6862.
- Bose, S. R. 1955. Campestrin, the antibiotic of *Psalliota campestris*. *Nature*. 175: 468.
- Chang, T. and Miles, P. G. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC press. pp.27-40.
- Chihara, G., Hamuro, J., Maeda, Y. Y., Arai, Y. and 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.
- Hirase, S., Nakai, S. and Aktsu, T. 1976. Structure studies on the antitumor active polysaccharides from *Coriolus versicolor* (Basidiomycetes). I. Fractionation with barium hydroxide. *Yakugaku Zasshi.* 96: 413-418.
- Kariya, K., Nakamura, K., Nomoto, K., Matama, S. and Saigenji, K. 1992. Mimicking of superoxide dismutase activity by protein-bound polysaccharide of *Coriolus versicolor* QUEL, and oxidative stress relief for cancer patients. *Mol. Biotechnol.* 4(1): 40-46.
- Katsuzaki, H., Kawakishi, S. and Osawa, T. 1993. Structure of novel antioxidative lignin triglucois isolated from sesame seed. *Heterocycle* 36: 933-936.
- Kavanagh, F., Hervey, A. and Robbins, W. J. 1949. Antibiotic substances from basidiomycetes IV. *Marasmius conigenus*. *Pro. Natl. Acad. Sci. USA.* 35: 343-351.
- Lee, D. U., Shin, U. S. and Hur, K. 1996a. Inhibitory effects of gagaminine, a steroidal alkaloid from *Cynanchum wilfordi*, on lipid peroxidation and aldehyde oxidase activity. *Planta Med.* 62: 485-487.
- Lee, J. H., Cho, S. M., Song, K. S., Hong, N. D. and Yoo, I. D. 1996b. Characterization of carbohydrate-peptide linkage of acidic heteroglycopeptide with immuno-stimulating activity from mycelium of *Phellinus linteus*. *Chem. Pharm. Bull. Tokyo.* 44(5): 1093-1095.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement



- with the Folin-phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**: 265-275.
- Marks, J. L. 1987. Oxygen radicals linked to many diseases. *Science* **235**: 529-531.
- Matsuzawa, T., Sano, M., Tomita, I., Saitoh, H. and Ikekawa, T. 1997. Studies on antioxidants of *Hypsizigus marmoreus*. I. Effects of *Hypsizigus marmoreus* for antioxidants activities of mice plasma. *Yakugaku Zasshi* **117**(9): 623-628.
- McCord, J. M. and Fridovich, I. 1969. Superoxide dismutase. *J. Biol. Chem.* **244**: 6049-6055.
- Okamura, H., Mimura, A., Yakou, Y., Niwano, M. and Takahara, Y. 1993. Antioxidant activity of tannins and flavonoids in *Eucalyptus rostrata*. *Phytochemistry* **33**: 557-561.
- Okawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. 1979. Assay for lipid peroxides animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* **95**: 351-358.
- Okezie, I. A., Kaur, H. and Halliwell, B. 1981. Oxygen free radicals and human disease. *J. Roy. Soc. Health.* **111**: 172-177.
- Paick, J. S., Kim, S. W., Kim, H. W., Chung, M. H. and Kim, M. S. 1985. Effects of nitrofurantoin on lipid peroxidation and reactive oxygen radical generation in porcine lung microsome. *Korean J. Pharmacol.* **21**: 34-48.
- Rajagopalan, K. V., Fridovich, I. and Handler, P. 1962. Hepatic aldehyde oxidase. I. Purification and properties. *J. Biol. Chem.* **237**: 922-928.
- Trush, M. A., Mimnaugh, E. G., Ginburg, E. and Gram, T. E. 1981. In vitro stimulation by paraquat of reactive oxygen-mediated lipid peroxidation in rat lung microsome. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **60**: 279-286.
- Tsuda, T., Watanabe, M., Ohshima, K., Norinobu, S., Choi, S. W., Kawakishi, S. and Osawa, T. 1994. Antioxidative activity of the Anthocyanin pigments cyanidin 3-O- $\beta$ -D-Glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food. Chem.* **42**: 2407-2410.
- Yen, G. C. and Chen, H. Y. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.* **43**: 27-32.