

## 해송이 버섯 열수 추출물의 항산화 효과에 관한 연구

서효매 · 전준영 · 정인학<sup>†</sup>

강릉대학교 해양생명공학부 · 대학원 해양응용생명공학과

### A Study on the Antioxidant Activity of *Hae-Songi* Mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) Hot Water Extracts

Xiao-Mei Xu, Joon-Young Jun, and In-Hak Jeong<sup>†</sup>

Faculty of Bioscience and Technology and Department of Marine Applied Biotechnology,  
Kangnung National University, Gangwon 210-702, Korea

#### Abstract

“Hae-Songi” mushroom is a kind of *Hypsizigus marmoreus*, one of the edible mushrooms. Powder and hot water extracts of the mushroom fruit-body were investigated for their proximate composition, amino acid contents,  $\beta$ -glucan contents, total phenolic contents and antioxidant activity. The measured antioxidant activity included free radical scavenging activity against DPPH<sup>+</sup>, reducing power, Fe<sup>2+</sup> chelating ability and SOD activity. Mushroom extracts exhibited in vitro antioxidant activity. This mushroom contained high protein (29%, total amino acid contents 204.86 mg/g), free amino acids (46.53 mg/g), and  $\beta$ -glucan (0.11%). At a concentration of 1% extracts solutions (w/v) according to different extraction times, DPPH free radical-scavenging activities were found to exhibit 89%~92% inhibition. Positive correlations ( $R^2=0.9901 \sim 0.7424$ ) were found between total phenolic content in the mushroom hot water extracts and their antioxidant activity. In this study, it is demonstrated that “Hae-Songi” mushroom may possess potential for use as a health food, due to their antioxidant capacity.

**Key words:** *Hypsizigus marmoreus*, chemical compounds, antioxidant, phenolics, DPPH radical scavenging activity, hot water extracts

#### 서 론

산소는 생체 내 에너지를 만드는 과정에서 필수불가결한 분자이지만 호흡과정에서 들여 마신 산소 중 일부분(약 2~3%)은 활성산소라고 하는 유독 작용을 하는 물질로 전환된다(1). 이 활성산소는 생체에 산소독성을 일으키며, 세포막 분해, 단백질 분해, 지질 산화, DNA 변성 등을 초래하여 세포의 기능장애를 유발하고 암을 비롯한 뇌졸중, 파킨슨병 등의 뇌질환과 심장질환, 동맥경화, 염증, 노화, 자가 면역질환 등의 각종 질병을 유발한다(2,3).

생체 내에서는 superoxide dismutase(SOD), catalase, glutathione reductase 등의 항산화 효소와 tocopherol과 같은 천연항산화제가 존재하여 산소 상해에 대한 방어기능을 하고 있다(4). 하지만, 과도한 스트레스에 노출되어 있는 현대인에게는 더욱 효과적이고 무해한 천연항산화제의 필요가 절실히지고 있으며, 자연식품에서 항산화제의 소재를 찾는 연구가 활발하게 이루어지고 있다(5~9).

버섯은 분류학적으로 균류에 속하나 일반적인 균류와 다

르게 포자를 형성하기 위한 대형의 자실체를 만드는 것이 특징으로 대부분 담자균류와 자낭균류에 속하는 고등균류이다. 버섯은 풍미가 뛰어나고 탄수화물, 단백질, 지질, 무기질, 비타민 및 미네랄 등의 각종 영양소를 다양하게 함유하고 있을 뿐만 아니라 생리활성 물질들을 생산함으로써 예로부터 식용 및 약용으로 널리 이용되어 온 자연건강식품이다(10). 특히 식용 및 약용 버섯류로부터 생산되는 생리활성 물질은 부작용이 적고 생체기능조절(11) 및 항암작용(12), 항산화효과(13) 등 여러 가지 생리활성을 나타낸다.

느티만가닥버섯은 저지방 고단백질 식품으로 특히 단백질의 구성 아미노산 중에서 지미 성분을 갖는 글루탐산을 많이 함유하고 있는 것이 특징이다(14). 또한, 느티만가닥버섯에서 분리된 Hypsin의 항진균 활성과 항종양효과(15), HM23(collagen-binding protein)(16), hypsiziprenol A<sub>9</sub>(17)과 느타만가닥버섯 다당류(18)의 항암효과, 자실체의 수용성 추출물이 peroxyl 및 alkoxyl radical에 대한 봉쇄효과와 지질과산화 반응에 대한 항산화 활성(19) 등 생리활성에 관한 여러 보고가 있다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: ihjeong@kangnung.ac.kr  
Phone: 82-33-640-2341, Fax: 82-33-647-4350

한편, 해송이 버섯은 느티만가닥버섯(*Hypsizigus marmoreus*)의 일종으로 인공재배가 가능하고 맛이 좋아 최근 미국, 중국, 일본, 한국에서 소비량이 증가하고 있으나 아직 대부분이 생식품으로 시판되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 강릉지역에서 재배되고 있는 느티만가닥버섯의 일종인 해송이 버섯에 대한 생리활성을 탐색하여 해송이 버섯의 효용 가치를 높일 수 있는 기초 자료를 얻고자, 해송이 버섯의 일반적인 성분을 조사하고 해송이 버섯의 열수 추출물을 제조하여 항산화 능력을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 추출물의 제조

본 실험에 사용한 해송이 버섯은 2005년 8월, 10월, 11월에 강원도 강릉지역 (주)해송산업에서 채취하여 실험실로 옮긴 후 진공 동결 건조하였다. 추출물의 제조는 동결건조한 시료 0.1 g, 0.5 g, 1 g에 각각 100 mL 중류수를 가하고 95°C 항온 수조(KMC-1205SW1, VISION, Korea)에서 90 rpm으로 30 분, 1시간, 2시간, 3시간, 4시간 동안 각각 추출하였다. 이후 여과하여 가용성 분획만을 얻어 항산화 활성을 측정하기 위한 시료로 사용하였다.

### 일반성분과 $\beta$ -glucan

진공 동결 건조한 시료의 일반성분은 AOAC법(20)에 따라 수분함량은 상압가열건조법, 조회분은 전식 회화법, 조단 백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet추출법으로 분석하였으며, 해송이 버섯의  $\beta$ -glucan 함량은 Mixed-linkage-Beta-Glucan Test kit(Megazyme International Ireland Ltd, Ireland)를 사용하여 EBC 3.11.1법(21)에 따라 측정하였다.

### 유리 및 구성아미노산

유리아미노산의 함량 측정을 위한 전처리는 상온에서 시료에 75% 에탄올을 가하고 3회 반복 추출한 후 원심분리(VS-21SMTi, VISIO, Korea)하여 얻은 상층액을 감압 농축하여 중류수로 정용하였다. 구성아미노산의 함량 측정을 위한 전처리는 시료를 6 N HCl과 혼합하여 105°C에서 24시간 동안 가수분해시킨 후 여과, 농축하여 중류수로 정용하였다. 이후 각 시료를 0.2  $\mu$ m-membrane filter로 여과하여 아미노산 자동분석기(L-8800, Hitachi, Japan)로 분석하였다.

### 총 페놀

해송이 버섯 추출물에 대한 총페놀 함량은 Dewanto 등의 방법(22)에 준하여, 추출된 시료 2 mL에 50% Folin-Ciocalteau시약 0.5 mL를 첨가하여 30분간 방치하고, 5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 용액 2 mL를 가한 후 실온에서 30분간 방치하고 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료추출에 사용한 중류수를 동일하게 처리하여 사용하였으며, gallic acid를 표준곡선으로 하여 흡광도를 측정한 후 계산하였다.

### 환원력

환원력 측정은 Oyaizu방법(23)에 따라 실시하였다. 추출된 시료 2.5 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide 2.5 mL를 첨가한 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하고, 10분간 3000 rpm으로 원심분리(MF-550, Hanil Science Industrial, Korea)하였다. 얻어진 상층액 2.5 mL에 중류수 2.5 mL와 0.1% ferric chloride 0.5 mL를 가해 10분간 발색시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능은 Blois방법(24)에 따라 0.4 mM DPPH용액(99.8% methanol)을 제조한 후, 이 용액이 517 nm에서 대조군의 흡광도가 0.94~0.97이 되도록 농도를 조정하였다. 농도를 조정한 DPPH용액 3 mL에 추출된 시료 1 mL를 첨가한 후 30분간 실온에서 방치하였다가 517 nm에서 흡광도를 측정하여 DPPH radical 소거활성을 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 시료첨가시의 흡광도

B: 시료무첨가시의 흡광도

### $\text{Fe}^{2+}$ chelating 활성

$\text{Fe}^{2+}$  chelating 활성은 Decker와 Welch방법(25)을 이용하였다. 추출된 시료 5 mL에 2 mM  $\text{FeCl}_2$  0.1 mL와 5 mM ferrozine solution 0.2 mL를 첨가한 후 10분간 실온에서 방치하였다가 562 nm에서 흡광도를 측정하여  $\text{Fe}^{2+}$  chelating 활성을 계산하였다.

$$\text{Fe}^{2+} \text{ chelating activity (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 시료첨가시의 흡광도

B: 시료무첨가시의 흡광도

### SOD activity

해송이 버섯의 SOD활성은 SOD assay kit-WST(Dojindo, Japan)(26)를 사용하였다. 96 well plate를 이용하여 각각의 시료 20  $\mu$ L은 WST-1용액 200  $\mu$ L, Enzyme용액 20  $\mu$ L와 반응시키고, blank는 시료 대신 중류수를 첨가하여 37°C에서 20분간 반응시키고 난 후, Plate reader(Power Wave  $\times$ 340, Bio-Tek Instruments, USA)로 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 통계처리

본 연구의 실험결과에서 평균과 표준편차는 SPSS program 2001을 이용하여 계산하였고, One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소 유의차 검정(LSD)에 의해 평균간의 유의 차를 95% 유의수준( $p < 0.05$ )에서 Duncan's multiple range test에 의해 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분

진공 동결 건조한 해송이 버섯의 일반성분(Table 1)은 수분 7.15%, 조회분 8.37%, 조단백질 28.69%, 조지방 2.74%, 탄수화물 53.04%로 나타났다. Crisan과 Sands(27)는 식용버섯의 건조물들은 탄수화물 44.0~74.3%, 조단백질 19~35%, 조지방 1.1~8.3%의 함량을 나타낸다 하였는데, 그들의 연구 결과에 비추어 볼 때 해송이 버섯은 탄수화물과 조단백질 함량이 비교적 높은 편이고 조지방 함량은 낮은 것으로 나타났으며, 특히 조단백질 함량이 28.69%에 달하는 것으로 보아 영양적 가치도 매우 우수한 것으로 사료된다.

**Table 1. Proximate components of *Hae-Songi* mushroom (%)**

| Moisture  | Crude ash | Crude protein | Crude lipid | Carbohydrate <sup>1)</sup> |
|-----------|-----------|---------------|-------------|----------------------------|
| 7.15±0.55 | 8.37±0.64 | 28.69±2.14    | 2.74±0.44   | 53.04±2.75                 |

All data were expressed as mean±SD with three replications.

<sup>1)</sup>This value was calculated as '100-(moisture+crude ash+crude protein+crude fat)'.

### β-Glucan

버섯류 유래 다당류는 C-6에 glucose가 branch된 (1-3), (1-4) and (1-6)-β-glucan의 특별한 구조를 가지고 있으며 면역체계를 활성화시키는 것으로 보고(28)되고 있다. Manzi와 Pizzoferrato(29)는 버섯의 건조물에 β-glucan 함량은 0.21~0.53%이라고 보고하였는데, 본 연구에서 진공 동결 건조한 해송이 버섯의 β-glucan 함량은 0.11±0.01%로 나타나 그들의 연구 결과와 비교시 높지 않은 것으로 나타났다.

### 유리 및 구성아미노산

진공 동결 건조한 해송이 버섯에 대한 유리 및 구성아미노산의 함량은 Table 2에 나타내었다. 유리 및 구성아미노산 모두 tryptophan을 제외한 모든 필수아미노산이 존재하는 것으로 나타났다. 유리아미노산의 총 함량은 46.53 mg/g으로 ornithine이 7.78 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고, arginine 6.81 mg/g, aspartic acid 5.38 mg/g, glutamic acid 4.37 mg/g 순으로 나타났다. 구성아미노산의 함량은 204.87 mg/g으로 glutamic acid가 24.08 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고, arginine 15.97 mg/g, aspartic acid 15.58 mg/g 순으로 나타났다. Mau 등(30)은 대표적인 약용버섯 중 영지

**Table 2. Contents of free amino acid and total amino acid of *Hae-Songi* mushroom**

| Free amino acid         | Contents (mg/g) | Composition (%) | Total amino acid       | Contents (mg/g) | Composition (%) |
|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| Phosphoserine           | 2.53            | 5.44            | Phosphoserine          | 0.80            | 0.39            |
| Aspartic acid           | 5.38            | 11.56           | Aspartic acid          | 15.58           | 7.61            |
| Threonine               | 0.72            | 1.55            | Threonine              | 8.57            | 4.18            |
| Serine                  | 1.45            | 3.12            | Serine                 | 9.79            | 4.78            |
| Glutamic acid           | 4.37            | 9.39            | Glutamic acid          | 24.08           | 11.75           |
| α-Amino adipic acid     | 0.19            | 0.41            | Glycine                | 9.19            | 4.49            |
| Glycine                 | 0.67            | 1.44            | Alanine                | 10.53           | 5.14            |
| Alanine                 | 1.96            | 4.21            | Citrulline             | 8.61            | 4.20            |
| Citrulline              | 0.18            | 0.39            | α-Amino-n-butyric acid | 11.42           | 5.57            |
| α-Amino-n-butyric acid  | 0.05            | 0.11            | Valine                 | 4.01            | 1.96            |
| Valine                  | 0.26            | 0.56            | Cysteine               | 1.42            | 0.69            |
| Cysteine                | 0.31            | 0.67            | Methionine             | 1.71            | 0.83            |
| Methionine              | 0.12            | 0.26            | Cystathione            | 1.36            | 0.66            |
| Cystathione             | 0.31            | 0.67            | Isoleucine             | 7.35            | 3.59            |
| Isoleucine              | 0.38            | 0.82            | Leucine                | 11.88           | 5.80            |
| Leucine                 | 0.46            | 0.99            | Tyrosine               | 6.22            | 3.04            |
| Tyrosine                | 0.46            | 0.99            | Phenylalanine          | 7.44            | 3.63            |
| Phenylalanine           | 0.77            | 1.65            | β-Alanine              | 0.41            | 0.20            |
| β-Alanine               | 0.16            | 0.34            | γ-Amino-n-butyric acid | 0.31            | 0.15            |
| β-Amino isobutyric acid | 0.18            | 0.39            | Ethanol amino          | 0.92            | 0.45            |
| γ-Amino-n-butyric acid  | 0.18            | 0.39            | Ammonia                | 4.85            | 2.37            |
| Ethanol amino           | 0.43            | 0.92            | Hydroxylysine          | 2.01            | 0.98            |
| Ammonia                 | 0.56            | 1.20            | Ornithine              | 10.36           | 5.06            |
| Hydroxylysine           | 0.10            | 0.21            | Lysine                 | 11.59           | 5.66            |
| Ornithine               | 7.78            | 16.72           | Histidine              | 3.86            | 1.88            |
| Lysine                  | 2.17            | 4.66            | Carnosine              | 7.80            | 3.81            |
| Histidine               | 0.55            | 1.18            | Arginine               | 15.97           | 7.80            |
| 3-Methylhistidine       | 0.06            | 0.13            | Proline                | 6.83            | 3.33            |
| Ans                     | 0.12            | 0.26            |                        |                 |                 |
| Carnosine               | 0.15            | 0.32            |                        |                 |                 |
| Arginine                | 6.81            | 14.64           |                        |                 |                 |
| Proline                 | 0.43            | 0.92            |                        |                 |                 |
| unidentified            | 6.28            | 13.50           |                        |                 |                 |
| Total                   | 46.53           | 100.00          |                        | 204.86          | 100.00          |

버섯과 운지버섯의 유리아미노산 함량은 12.70~14.04 mg/g (dry weight), Pyo와 Ro(31)는 대부분 식용버섯의 유리아미노산 함량은 0.24~35.82 mg/g, 구성아미노산 함량은 63.08~293.82 mg/g이라고 각각 보고하였다. 일반적으로 유리아미노산의 함량이 높은 버섯일수록 맛이 좋은 경향을 보인다고 하였는데, 그들의 결과와 비교시 해송이 버섯은 유리 및 구성아미노산 함량이 높으며 다른 아미노산의 맛을 변화시키거나 강화시켜 주는 glutamic acid가 다량 함유되어 있어 해송이 버섯의 특유한 좋은 맛을 내는 것으로 사료된다.

### 총 페놀

페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차대사 산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이 페놀 화합물은 수산기를 통한 수소 공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 항산화 활성을 나타낸다. 본 연구에서 해송이 버섯 추출물의 추출농도와 추출시간에 따른 총페놀 함량은 Fig. 1로 나타내었다. 추출물 모두 시료의 추출농도가 증가함에 따라 총페놀 함량도 비례적으로 증가하는 경향을 보였으며 ( $R^2 > 0.999$ ), 추출물들의 총페놀 함량은 각 농도별로 0.1 g/100 mL에서 1.35~1.68 mg GAEs/100 mL, 0.5 g/100 mL에서 6.92~8.44 mg GAEs/100 mL, 1 g/100 mL에서 13.54~16.51 mg GAEs/100 mL로 나타났다. 하지만, 채취시기와

추출시간에 따른 해송이 버섯 추출물의 함량 차이는 미량이거나 거의 없는 것으로 나타났다.

### 환원력

해송이 버섯 추출물의 추출농도와 추출시간에 따른 환원력은 Table 3으로 나타내었다. 추출물 모두 시료의 추출농도가 증가함에 따라 환원력이 증가하였으며, 1 g/100 mL에서 11월에 채집한 해송이 버섯의 3, 4시간째 추출물이 각각 0.90, 0.91로 가장 높은 활성을 나타내었다. 한편, 추출시간에 따라 환원력이 증가하는 경향을 보였는데, 이는 해송이 버섯에 함유되어 있는 아미노산과 탄수화물이 추출시간에 따라 분리되어 환원력을 증가시키는 결과로 사료된다.

### DPPH radical 소거능

생물학 체계에서 항산화제의 보호능력은 주로 항산화제의 free radical 소거능, 금속촉매 chelating 능력, 항산화 효소의 활성, 산화효소의 억제작용으로 판단한다. 그중에서도 DPPH radical 소거능에 이용되는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical은 화학적으로 유도되는 비교적 안정한 radical로서, 어떠한 반응계에서 전자를 공여받으면 고유의 자색이 엷어진다. 이 방법은 lipoxygenase에 의한 지방산화 반응계에서의 항산화 활성 측정 결과와도 잘 부합되며

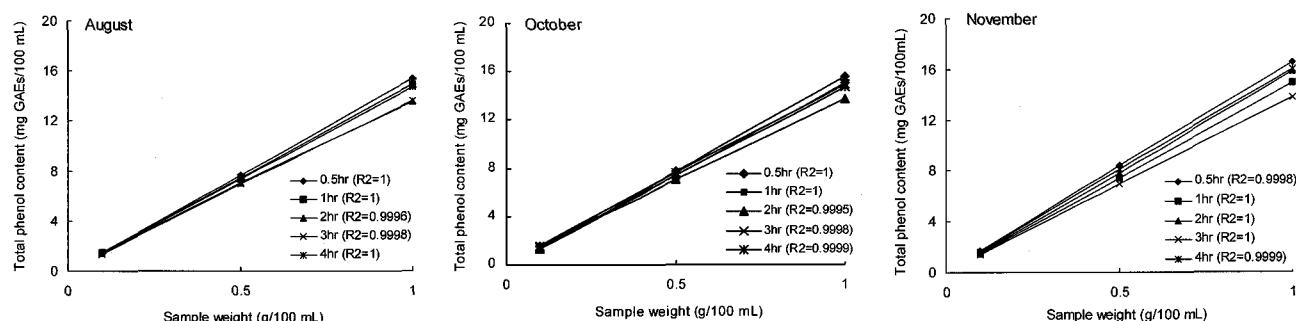


Fig. 1. Total phenol content (mg GAEs<sup>1)</sup>/100 mL of extract) of hot water extracts from *Hae-Songi* mushroom according to extraction time

<sup>1)</sup>GAEs, gallic acid equivalents.

Table 3. Reducing power<sup>1,2)</sup> of hot water extracts from *Hae-Songi* mushroom according to extraction time

| Harvesting time | Sample weight (g/100 mL) | Extraction time (hr)    |                         |                          |                         |                          |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                 |                          | 0.5                     | 1                       | 2                        | 3                       | 4                        |
| August          | 0.1                      | 0.10±0.002 <sup>a</sup> | 0.10±0.002 <sup>a</sup> | 0.10±0.002 <sup>a</sup>  | 0.14±0.000 <sup>b</sup> | 0.14±0.003 <sup>b</sup>  |
|                 | 0.5                      | 0.31±0.003 <sup>c</sup> | 0.30±0.010 <sup>c</sup> | 0.33±0.005 <sup>d</sup>  | 0.41±0.005 <sup>e</sup> | 0.44±0.012 <sup>f</sup>  |
|                 | 1                        | 0.52±0.001 <sup>g</sup> | 0.53±0.003 <sup>g</sup> | 0.61±0.015 <sup>h</sup>  | 0.68±0.006 <sup>i</sup> | 0.74±0.028 <sup>j</sup>  |
| October         | 0.1                      | 0.10±0.001 <sup>a</sup> | 0.10±0.003 <sup>a</sup> | 0.12±0.002 <sup>ab</sup> | 0.15±0.000 <sup>c</sup> | 0.14±0.004 <sup>bc</sup> |
|                 | 0.5                      | 0.30±0.005 <sup>d</sup> | 0.29±0.005 <sup>d</sup> | 0.34±0.008 <sup>e</sup>  | 0.43±0.006 <sup>f</sup> | 0.46±0.021 <sup>g</sup>  |
|                 | 1                        | 0.52±0.006 <sup>h</sup> | 0.53±0.004 <sup>h</sup> | 0.63±0.006 <sup>i</sup>  | 0.71±0.001 <sup>j</sup> | 0.77±0.041 <sup>k</sup>  |
| November        | 0.1                      | 0.13±0.003 <sup>a</sup> | 0.13±0.004 <sup>a</sup> | 0.14±0.003 <sup>a</sup>  | 0.17±0.002 <sup>b</sup> | 0.17±0.002 <sup>b</sup>  |
|                 | 0.5                      | 0.38±0.003 <sup>c</sup> | 0.39±0.004 <sup>c</sup> | 0.45±0.003 <sup>d</sup>  | 0.57±0.004 <sup>e</sup> | 0.57±0.002 <sup>e</sup>  |
|                 | 1                        | 0.69±0.003 <sup>f</sup> | 0.71±0.004 <sup>f</sup> | 0.83±0.004 <sup>g</sup>  | 0.90±0.001 <sup>h</sup> | 0.91±0.032 <sup>h</sup>  |

<sup>1)</sup>Values expressed are means±SD of triplicate measurements. Means in the same row with different letters were significantly different ( $p<0.05$ , ANOVA, Duncan multiple range test).

<sup>2)</sup>BHA: 1.01±0.03, ascorbic acid: 0.79±0.01 (concentration of antioxidants: 100 ppm).

간편하면서도 신뢰성이 높은 장점을 가지고 있다. 본 연구에서 해송이 버섯 추출물에 대한 DPPH radical 소거능 측정 결과는 Fig. 2로 나타났다. 결과에 따르면 해송이 버섯 추출물의 DPPH radical 소거능은 시료의 추출농도 0.1 g/100 mL에서 33.30~39.07%, 0.5 g/100 mL에서 64.30~87.46%, 1 g/100 mL에서 88.42~91.94%로 나타나, 시료의 첨가농도에 따라서 DPPH radical 소거능도 증가하였다. 특히, 시료의 추출농도 1 g/100 mL에서 DPPH radical 소거능은 91.94%로 200 ppm의 항산화제 BHA 96.35%, BHT 95.64%, ascorbic acid 96.97%과 비슷한 수준의 항산화 활성을 보였다. Kim 등(32)은 향버섯, 번데기동충하초, 만가닥버섯, 아가리쿠스, 영지버섯, 표고버섯 methanol 추출물의 동결 전조한 시료 1 mg/mL농도에에서 30~60% DPPH radical 소거능, 목이버섯, 그물버섯, 새송이버섯에서 10~30%의 DPPH radical 소거능을 나타냈다고 보고하였다. Kim 등(32)의 연구 결과와 본 연구를 직접 비교하기는 어렵지만 Kim 등(32)은 methanol 추출물 1 mg/mL의 농도인 것에 비하여 본 연구에서는 전조버섯을 1 g/100 mL 농도로 물로 용출한 것을 고려하면 10 mg/mL에 해당하므로 본 연구 대상인 해송이 버섯의 항산화 효과는 매우 우수하다고 사료된다. 해송이 버섯 추출물의 총페놀 함량과 DPPH radical 소거능과의 상관관계가 8월, 10월 수확한 시료에서는  $R^2=0.9031\sim0.9901$ 로

나타나 매우 상관성이 높은 것으로 나타났으며 11월에 채집한 시료에서도  $R^2=0.7424\sim0.9709$ 의 값을 보였다. Cheung 등(33)은 버섯 추출물의 총페놀 함량과 항산화 능력간에는 서로 정의 상관관계가 있는 것을 보고한 바 있으며, 본 연구 결과에서도 해송이 버섯 추출물의 총페놀 함량이 DPPH radical 소거능과 깊은 상관관계( $R^2=0.9901\sim0.7424$ )가 있는 것으로 미루어볼 때 해송이 버섯 추출물의 DPPH radical 소거능은 총페놀 함량과 관련이 깊은 것으로 사료된다.

#### $\text{Fe}^{2+}$ chelating 활성

금속이온인자( $\text{Fe}^{2+}, \text{Cu}^{2+}$  등)는 지방산화 반응에 촉매작용 한다. 따라서 금속이온인자에 대한 chelating 활성이 높을수록 지방산화 반응에 촉매작용을 감소시킬 수 있다. 해송이 버섯 추출물의 추출농도와 추출시간에 따른  $\text{Fe}^{2+}$  chelating 활성은 Table 4로 나타났다. 추출물 모두 0.5 g/100 mL에서 가장 강한 활성을 보였으나, 높은 DPPH radical 소거능을 보인 1 g/100 mL의 경우에는 0.5 g/100 mL보다 낮은  $\text{Fe}^{2+}$  chelating 활성을 나타내었다. Kulkarni 등(34)은 석류 추출물에서 Kanatt 등(35)은 박하 추출물에서 총페놀 함량과 항산화 활성이 높지만 chelating 활성이 낮은 것으로 보고하고 있어, 본 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다. 해송이 버섯 추출물의 항산화 활성이  $\text{Fe}^{2+}$  chelating 작용만이 아닌 것을 나타내는 결과로 생각되었다.

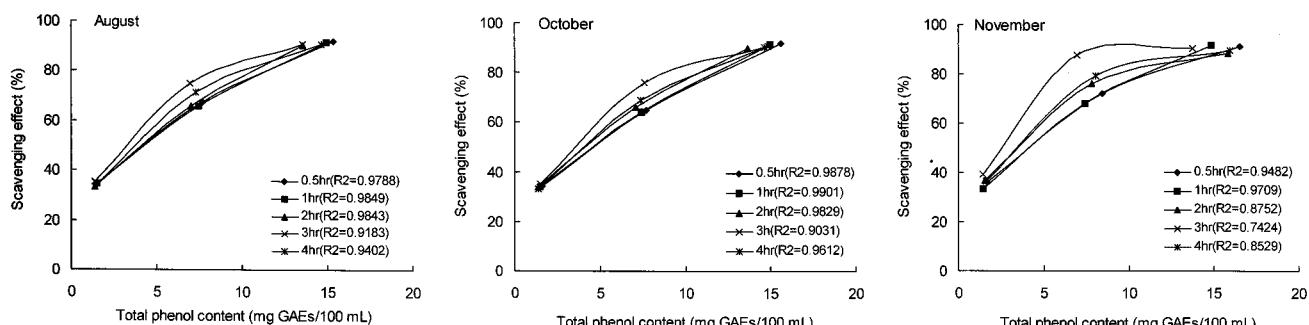


Fig. 2. DPPH radical scavenging effect (%) of hot water extracts from *Hae-Songi* mushroom according to total phenol content. BHA:  $96.35\pm0.06\%$ , BHT:  $95.64\pm0.06\%$ , ascorbic acid:  $96.97\pm0.06\%$  (concentration of antioxidants: 200 ppm).

Table 4. Ferrous ions chelating effect<sup>1,2)</sup> (%) of hot water extracts from *Hae-Songi* mushroom according to extraction time

| Harvesting time | Sample weight (g/100 mL) | Extraction time (hr)  |                     |                     |                      |                      |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|                 |                          | 0.5                   | 1                   | 2                   | 3                    | 4                    |
| August          | 0.1                      | $35.92\pm1.79^a$      | $38.42\pm0.14^a$    | $41.39\pm1.44^b$    | $46.95\pm0.87^{cd}$  | $51.79\pm1.41^e$     |
|                 | 0.5                      | $75.61\pm2.72^i$      | $65.08\pm1.60^g$    | $69.54\pm0.52^h$    | $64.45\pm0.46^g$     | $55.80\pm0.63^f$     |
|                 | 1                        | $48.79\pm3.11^d$      | $65.58\pm1.3^g$     | $57.88\pm1.51^f$    | $45.42\pm2.78^c$     | $48.28\pm2.59^{cd}$  |
| October         | 0.1                      | $47.87\pm1.13^{bcde}$ | $41.36\pm0.41^a$    | $51.41\pm1.20^{de}$ | $47.56\pm1.84^{bcd}$ | $45.84\pm1.66^b$     |
|                 | 0.5                      | $73.14\pm0.54^i$      | $71.35\pm2.96^{hi}$ | $67.91\pm0.48^{gh}$ | $65.75\pm0.83^g$     | $58.24\pm1.21^f$     |
|                 | 1                        | $46.04\pm2.14^{bc}$   | $74.41\pm4.01^i$    | $52.36\pm0.61^e$    | $52.36\pm6.33^e$     | $50.53\pm3.51^{cde}$ |
| November        | 0.1                      | $43.74\pm1.49^b$      | $53.48\pm0.38^c$    | $60.64\pm1.03^{de}$ | $56.10\pm1.37^{cd}$  | $37.26\pm6.83^a$     |
|                 | 0.5                      | $72.88\pm4.30^f$      | $61.57\pm0.60^e$    | $69.09\pm0.61^f$    | $60.18\pm1.72^{de}$  | $42.67\pm0.96^b$     |
|                 | 1                        | $36.89\pm5.14^a$      | $54.95\pm0.78^c$    | $35.81\pm1.83^a$    | $33.91\pm2.30^a$     | $37.30\pm5.17^a$     |

<sup>1)</sup>Values expressed are means $\pm$ SD of triplicate measurements. Means in the same row with different letters were significantly different ( $p<0.05$ , ANOVA, Duncan multiple range test).

<sup>2)</sup>100 ppm EDTA:  $94.00\pm1.27\%$ .

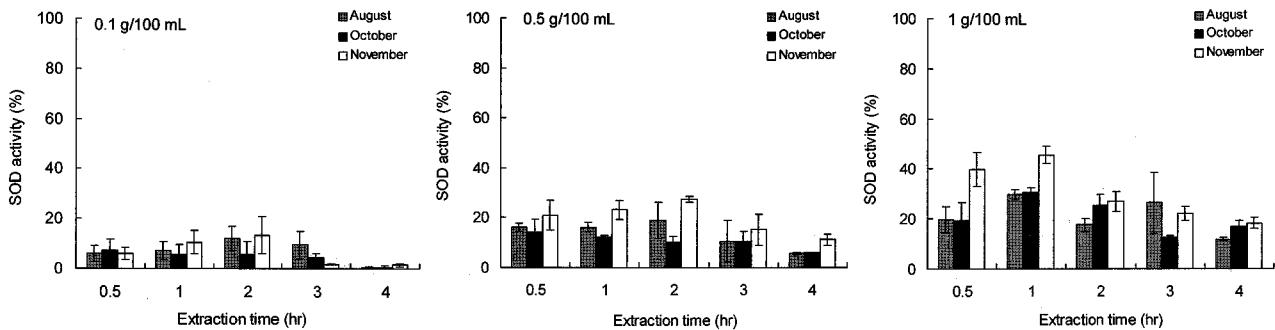


Fig. 3. SOD activity (%) of hot water extracts from *Hae-Songi* mushroom according to extraction time.

### SOD 활성

SOD는 항산화 효소로서 세포에 해로운 환원 산소를 과산화수소로 전환시키는 반응( $O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ )을 촉매하는 효소이며, SOD에 생성된  $H_2O_2$ 는 peroxidase나 catalase에 의하여 무해한 물분자와 산소분자로 전환되어 산소상해로부터 생체를 보호하는 역할을 하는 효소이다(36). 해송이 버섯 추출물에 대한 SOD 활성 측정 결과는 Fig. 3으로 나타내었다. 해송이 버섯 추출물 모두 시료의 농도가 증가함에 따라 SOD 활성도 증가하는 경향을 보였으며, 각 추출물 모두 추출시간 1시간째 1 g/100 mL에서  $29.77 \pm 1.90\%$ (8월),  $30.45 \pm 2.03\%$ (10월),  $45.55 \pm 3.49\%$ (11월)로 나타나 가장 높은 SOD 활성을 보였다. 0.1 g/100 mL 농도와 0.5 g/100 mL 농도에서는 2시간 가열이, 1 g/100 mL 농도에서는 1시간 가열하는 것이 가장 높은 SOD활성을 보였다. 이것은 고농도에서는 추출물의 SOD활성이 가열시간이 길어짐에 따라 감소하는 것을 의미한다. Kariya 등(37)은 *C. versicolor* 자실체 중의 단백다당류가 이온라디칼 scavenger로서 SOD활성을 나타냄을 보고하였으며, Song 등(38)은 젤레 영지버섯 추출물의 폴리페놀 성분과 단백다당체 등에 의해 SOD 유사활성이 나타난 것으로 보고하였다. 본 연구에서의 SOD 활성은 폴리페놀 성분 이외에 단백다당류나 다른 열에 불안정 물질과 관련이 있을 것으로 사료된다.

### 요약

본 연구에서는 현재 생식품으로 판매되고 있는 해송이 버섯의 생리활성을 탐색하여 효용가치를 높일 수 있는 기초자료를 얻고자, 해송이 버섯의 일반적인 성분을 조사하고 열수 추출물을 제조하여 항산화 능력을 검토하였다. 그 결과 해송이 버섯은 탄수화물과 조단백질 함량이 높고 조지방 함량이 낮은 것으로 나타났다. 유리아미노산과 구성아미노산은 각각  $46.53 \text{ mg/g}$ ,  $204.86 \text{ mg/g}$ 으로 나타났고,  $\beta$ -glucan 함량은  $0.11 \pm 0.01\%$ 로 나타났다. 해송이 버섯 열수 추출물의 총페놀함량, DPPH radical 소거능, 환원력 및 SOD 활성은 시료의 추출농도가 증가함에 따라 증가하였으나 추출시

간에는 의존하지 않았다. 또한, DPPH radical 소거능은 총페놀 함량과 비슷한 경향( $R^2=0.9901 \sim 0.7424$ )을 보였는데 이것은 해송이 버섯의 항산화 활성이 폐놀 화합물과 관련이 깊은 것으로 사료된다. 추출물농도 1 g/100 mL에서 DPPH radical 소거능  $88.42 \sim 91.94\%$ 로 합성항산화제(BHA 96.35%, BHT 95.64%, ascorbic acid 96.97%)와 비슷한 수준의 항산화 활성을 보여 항산화제 소재로서의 가치가 있는 것으로 나타났다.

### 문 헌

- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J* 219: 1-14.
- Fridovich I. 1986. Biological effects of the superoxide radical. *Arch Biophys* 247: 1-11.
- Ames BN. 1983. Dietary carcinogens and anticarcinogens. Oxygen radical and degenerative diseases. *Science* 221: 1256-1264.
- Kim YK. 2004. *Antioxidants*. Ryo Moon Gak. P. Co. Seoul, Korea. p 5-95.
- Brannen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxy toluene. *J Am Oil Chem Soc* 52: 59-63.
- Chu YH, Chang CL, Hsu HF. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J Sci Food Agric* 80: 561-566.
- Amin I, Tan SH. 2002. Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Mal J Nutr* 8: 167-177.
- Cheung LM, Cheung PCK. 2005. Mushroom extracts with antioxidant activity against lipid peroxidation. *Food Chem* 89: 403-409.
- Leelarungrayub N, Rattanapanone V, Chanarat N, Gebicki JM. 2006. Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. *Nutrition* 22: 266-274.
- Bano Z, Rajarathnam S. 1988. *Pleurotus* mushrooms. Part II. Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation, and role as human food. *Crit Rev Food Sci Nutr* 27: 87-158.
- Schepetkin IA, Quinn MT. 2006. Botanical polysaccharides: macrophage immunomodulation and therapeutic potential. *Int Immunopharmacol* 6: 317-333.
- Zhang M, Cui SW, Cheung PCK, Wang Q. 2007. Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their iso-

- lation process, structural characteristics and antitumor activity. *Food Sci Tech* 18: 4-19.
13. Yang JH, Lin HC, Mau JL. 2002. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *Food Chem* 77: 229-235.
  14. Kim HS, Ha HC, Kim TS. 2003. Research and prospects in new functional mushroom - *Tremella fuciformis*, *Grifola frondosa* and *Hypsizigus marmoreus*. *Korean J Food Sci Ind* 36: 42-46.
  15. Lam SK, Ng TB. 2001. Hypsin, a novel thermostable ribosome-inactivating protein with antifungal and anti-proliferative activities from fruiting bodies of the edible mushroom *Hypsizigus marmoreus*. *Biochem Biophys Res Comm* 285: 1071-1075.
  16. Tsuchida K, Aoyagi Y, Odani S, Mita T, Isemura M. 1995. Isolation of a novel collagen-binding protein from the mushroom, *Hypsizigus marmoreus*, which inhibits the Lewis lung carcinoma cell adhesion to type IV collagen. *J Biol Chem* 270: 1481-1484.
  17. Chang JS, Son JK, Gao L, Oh EJ. 2004. Inhibition of cell cycle progression on HepG2 cells by hypsiziprenol A<sub>9</sub>, isolated from *Hypsizigus marmoreus*. *Cancer Lett* 212: 7-14.
  18. Ikekawa T, Saitoh H, Feng W, Zhang H, Li L, Matsuzawa T. 1992. Antitumor activity of *Hypsizigus marmoreus*. I. Antitumor activity of extracts and polysaccharides. *Chem Pharm Bull* 40: 1954-1957.
  19. 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 anti-oxidants activities of tumor-bearing mice. *Yakugaku Zasshi* 118: 476-481.
  20. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington. Vol 17, p 868-931.
  21. Megazyme. 2007. Mixed-Linkage Beta-Glucan assay procedure. p 7-10.
  22. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
  23. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-318.
  24. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1204.
  25. Decker EA, Welch B. 1990. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *J Agric Food Chem* 38: 674-677.
  26. Dojindo Laboratories. 2004. SOD assay kit-WST technical manual, p 1-4.
  27. Crisan EV, Sands A. 1978. Nutritional value. In *The biology and cultivation of edible mushrooms*. Chang ST, Hayes WA, eds. Academic press, New York. p 137-165.
  28. 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* doi: 10.1016/j.mrrev.2007.07.002.
  29. Manzi P, Pizzoferrato L. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem* 68: 315-318.
  30. Mau JL, Lin HC, Chen CC. 2001. Non-volatile components of several medicinal mushrooms. *Food Res Intl* 34: 521-526.
  31. Pyo MY, Ro IH. 1975. A study on the amino acid contents of edible mushrooms. *Korean J Nutr* 8: 47-59.
  32. Kim HJ, Bae JT, Lee JW. 2005. Antioxidant activity and inhibitive effects on human leukemia cells of edibe mushroom extracts. *Korean J Food Preserv* 12: 80-85.
  33. Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem* 81: 249-255.
  34. Kulkarni AP, Aradhya SM, Divakar S. 2004. Isolation and identification of a radical scavenging antioxidant-punicalagin from pith and carpillary membrane of pomegranate fruit. *Food Chem* 87: 551-557.
  35. Kanatt SR, Chander R, Sharma A. 2007. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chem* 100: 451-458.
  36. McCord JM, Fridovich I. 1969. Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocuprein (hemocuprein). *J Biol Chem* 244: 6049-6055.
  37. Kariya K, Nakamura K, Nomoto K, Matama S, Saigenji K. 1992. Mimicking of superoxide dismutase activity by protein-bound polysaccharide of *Coriolus versicolor* QUEI, and oxidative stress relief for cancer patients. *Mol Biotechnol* 4: 40-46.
  38. Song JH, Lee HS, Hwang JK, Chung TY, Hong SR, Park KM. 2003. Physiological activities of *Phellinus ribis* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 35: 690-695.

(2007년 8월 10일 접수; 2007년 10월 17일 채택)