

## 해송이버섯(*Hypsizigus marmoreus*)의 영양성분과 추출용매에 따른 암세포 성장억제 효과

정은봉<sup>1</sup> · 조진호<sup>2\*</sup> · 조승목<sup>2</sup>

<sup>1</sup>바이오랜드 안산연구소  
<sup>2</sup>한국식품연구원

### Nutritional Component and Anticancer Properties of Various Extracts from Haesongi Mushroom (*Hypsizigus marmoreus*)

Eun Bong Jung<sup>1</sup>, Jin Ho Jo<sup>2\*</sup>, and Seung Mock Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bioland Ansan Factory R&D Center, Gyeonggi-do 425-839, Korea

<sup>2</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi-do 463-746, Korea

#### Abstract

This study was aimed to analyze the nutritional components and anticancer properties of Haesongi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*), which has been recently available in Korea, to estimate its nutritional and functional values. Fruit body of Haesongi mushroom was investigated for its proximate components and mineral contents. Its water and ethanol extracts were compared for nutritional components such as  $\beta$ -glucan, protein, and total sugar. Anticancer effects of both extracts were measured against human cancer cell lines *in vitro*. This mushroom contained high protein (22.63%), total dietary fiber (30.80%), and K (3383.3 mg/100 g). The water extract contained more nutritional components such as  $\beta$ -glucan (9.32 mg/g), protein (17.71%), and total sugar (39.93%), compared with the ethanol extract. Moreover the extraction yield of the water extract was higher than the ethanol extract. The growth inhibitory effects of the water extract (5 mg/mL) on AGS, HepG2, and SW480 human cancer cells were 90.61, 75.43, and 58.49%, respectively. However, the ethanol extract showed 81.79, 49.90, and 25.71% growth inhibition, respectively. In this study, it is demonstrated that water is a more efficient solvent than ethanol for extracting nutritional and functional components from Haesongi mushroom.

**Key words:** mushroom, anticancer, *Hypsizigus marmoreus*, extracts, nutrients

#### 서 론

건강에 대한 인간의 관심이 크게 증가됨에 따라 영양공급과 생리활성 기능을 지닌 건강기능식품에 대한 소비자들의 구매 욕구가 증가하고 있으며, 이러한 욕구를 충족시키는 건강기능식품 중 하나로 버섯제품이 최근 각광받고 있다(1,2).

여러 종류의 버섯들이 항암효과가 있음이 알려졌는데 버섯이 항암효능을 나타내는 주된 원인은 버섯 속에 함유되어 있는 단백질단백체 때문이라는 것이 밝혀지고 있다(3,4). 또한 버섯 중의  $\beta$ -glucan은 면역활성체의 기능, 항산화능, 생체조직 재생과 치유기능, 항생제, 항균, 항바이러스 및 대식세포를 자극하여 돌연변이 세포를 인식하고 공격하는 항종양 효과가 있다고 보고되고 있다(5-7).

해송이버섯은 만가닥느티버섯(*Hypsizigus marmoreus*)의 일종으로 담자균류의 송이과(*Tricholomataceae*)의 느티버섯속(*Hypsizyus*)에 속하며 일본에서는 무나시메지라고

불린다. 자실체는 기둥 모양을 하고 있으며, 완전히 퍼지지 않은 갓은 점 혹은 물결무늬를 띄고 갓의 색깔은 어두운 회색에서 회갈색으로 변하며 완전히 성숙하였을 때 연갈색을 나타낸다(8,9).

만가닥느티버섯은 느타리버섯이나 표고버섯에 비하여 조직이 연하고 잘 부스러지며 씹는 질감이 좋아 동양인의 기호에 적합할 뿐만 아니라 맛과 향이 좋아 식용버섯으로 병재배 시설에 의한 대량재배가 가능하다(10). 또한, 만가닥느티버섯은 저지방 고단백질 식품으로 특히 단백질의 구성 아미노산 중에서 지미 성분을 갖는 글루탐산을 많이 함유하고 있는 것이 특징이다(1).

이러한 만가닥느티버섯의 생리적 특징으로는 암세포성장억제효과와 항산화효과(11,12)와 만가닥느티버섯에서 분리한 Hypsin의 항진균효과, 항종양효과 등의 생리활성에 관한 여러 보고가 있다(13,14).

해송이버섯은 인공재배가 가능하고 맛이 좋아 최근 미국,

\*Corresponding author. E-mail: jhjo@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9091, Fax: 82-31-709-9876

중국, 일본, 한국에서 소비량이 증가하고 있으나 아직 대부분이 생식품 혹은 1차 가공식품으로 이용되고 있다(8,15).

따라서 본 연구에서는 해송이버섯의 식품소재화와 기능성식품으로서의 이용가치를 알아보고자 해송이버섯의 영양성분을 분석하였으며 물과 에탄올을 이용하여 해송이버섯을 추출한 추출물의 총당과 단백질 및  $\beta$ -glucan 함량을 알아보고 그 추출물에 대한 암세포생장억제 효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 추출물의 제조

본 실험에 사용한 해송이버섯은 강원도 강릉지역 (주)해송산업에서 제공 받았으며 버섯의 일반성분 분석에는 건조시키지 않은 시료를 이용하였으며, 무기질 분석과 추출물 제조에는 35°C에서 24시간 건조한 후 분쇄하여 분말로 만든 시료를 냉동고에 보관하며 이용하였다.

물추출물은 다음과 같이 제조하였다. 해송이버섯 분말 50 g을 1000 mL의 증류수에 넣고 100°C에서 4시간 추출을 한 뒤 여과하였으며 여과잔사를 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다. 추출액을 모아 50°C에서 감압 농축하였으며 동결 건조하여 냉동고에 보관하며 실험에 이용하였다. 에탄올추출물은 추출용매와 추출온도를 60°C에서 추출하고 물추출과 같은 방법으로 추출하였다.

### 일반성분과 총식이섬유

일반성분과 총식이섬유는 AOAC법(16)에 따라 수분함량은 상압가열건조법, 조회분은 건식 회화법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet추출법으로 분석하였으며, 식이섬유는 Ceramic fiber 방법을 사용하였다.

### $\beta$ -Glucan 분석

$\beta$ -Glucan의 함량은 Megazyme beta-glucan assay kit (Megazyme International Ireland Ltd., Ireland)를 사용하여 total glucan과 glucan 이외의 당함량을 구한 후,  $\alpha$ -glucan과 glucan 이외의 당 함량 차이를 이용하여 구하였다.

각각의 시료를 진한 염산을 첨가하여 100°C에서 2시간 동안 가수분해 시킨 후 2 N KOH를 이용하여 pH를 조정하였다. 가수분해액을 200 mM의 sodium acetate buffer(pH 5.0)를 이용하여 희석한 후 원심분리하여 상층액 100  $\mu$ L을 취하여 exo 1,3- $\beta$ -glucanase와  $\beta$ -glucosidase를 첨가한 후 glucose determination reagent(Megazyme International Ireland Ltd., Ireland)를 첨가하여 510 nm에서 흡광도를 측정하여 total glucan과 glucan 이외의 당 함량을 얻었다.

$\alpha$ -Glucan과 글루칸 이외의 당함량은 시료에 2 M KOH를 넣고 20분간 열음이 채워진 수욕에서 반응 후 1,2 M sodium acetate buffer(pH 3.8)를 첨가하고 amyloglucosidase와 invertase를 넣고 40°C에서 20분간 반응하였다. 그 후 510 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 얻었다.

### 무기질성분 분석

무기질성분 함량은 식품공전(17)에 준하여 각각의 시료를 정확히 칭량하여 105°C에서 건조한 다음 550°C 전기회화로에서 회화시킨 후 6 N HCl과 증류수로 녹여 25 mL로 정용한 다음 0.45  $\mu$ m membrane filter(Millipore Co., USA)로 여과한 후 시험용액으로 하였다. 분석기기는 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, Jovin Yvon 138 Ultrace, France)를 사용하였다.

### 총당 및 단백질 함량

총당 함량 분석은 Saha와 Brewer(18)의 방법에 따라 phenol-sulfuric acid 법으로 실시하였다. 즉, 5% phenol (w/v) 0.2 mL와 sulfuric acid 1 mL를 시료 0.2 mL와 반응시킨 후 glucose를 표준당으로 하여 UV-visible spectrophotometer(UV-1601, shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였다.

단백질 함량은 Lowry-Folin 방법(19)으로 분석하였다. 즉, 시료 0.5 mg에 Lowry-Folin 반응을 실시한 후 bovine serum albumin을 표준 단백질로 하여 740 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 항암활성능 평가를 위한 암세포 성장억제효과

해송이버섯 각 추출물의 암세포의 성장억제효과는 Green 등(20)의 방법에 따라 MTT assay를 이용하여 검토하였다.

실험에 사용된 위암 세포주 AGS(stomach adenocarcinoma), 간암세포주 HepG2(liver hepatoblastoma), 대장암 세포주 SW480(colon adenocarcinoma)은 10% fetal bovine serum(Gibco)과 streptomycin-penicillin(Gibco) 1%가 첨가된 RPMI-1640 medium(Gibco)에 배양하였으며, 고착성을 가지는 세포를 cell scraper로 회수, 부유시켜서 사용하였다.

MTT assay는 시료 20  $\mu$ L와 세포 배양에서 얻은 single cell suspension( $5 \times 10^4$  cells/mL) 180  $\mu$ L를 96-well에 함께 넣어 4일 동안 37°C를 유지하면서 CO<sub>2</sub> incubator에서 배양하였다. 4일 후 MTT(5 mg/mL) 시약을 넣고 다시 4시간 동안 반응시켰다. 이것을 1000 rpm에서 10분간 원심분리 후 상층액을 제거하고 DMSO 150  $\mu$ L를 첨가하여 생성된 formazan 결정을 용해시킨 후, 540 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였다. MTT assay에 의해 측정된 대조군과 실험군의 optical density(O.D.) 값을 다음과 같이 아래의 계산식에 의해 세포성장억제효과를 구하였다.

$$\text{Growth inhibition rate (\%)} = \frac{\{(\text{대조군 O.D.} - \text{실험군 O.D.}) / \text{대조군 O.D.}\} \times 100}$$

## 결과 및 고찰

### 일반성분

해송이버섯의 일반성분을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 89.13%, 조단백 2.46%, 조지방 0.41%,

**Table 1. Proximate components of *Hypsizigus marmoreus***

Constituents	Contents <sup>1)</sup> (%)	
	Wet basis	Dry basis
Moisture	89.13±0.20	
Crude protein	2.46±0.10	22.63
Crude lipid	0.41±0.01	3.77
Crude ash	0.87±0.02	8.00
Carbohydrate	7.13±0.30	65.50
Total dietary fiber	3.35±0.28	30.80
β-Glucan	0.83±0.12	7.64

<sup>1)</sup>Triplicate determination±SE.

조회분 0.87%, 탄수화물 7.13%, 총식이섬유 3.35%로 나타났다. 또한 다양한 생리활성기능을 나타내는 β-glucan의 함량이 0.83%로 나타났다. Hong 등(21)은 아위버섯, 느타리버섯, 새송이버섯의 수분함량이 각각 83.2%, 91.3%, 87.8%, 조단백질 함량은 2.5, 1.2, 1.5%, 조지방 함량은 0.4, 0.2, 0.1%, 조회분 0.3, 0.6, 0.7%, 탄수화물 함량은 10.6, 6.0, 9.0%이었다고 보고하였으며, 이는 해송이버섯의 수분함량에 있어서 아위버섯과 새송이보다는 높고 느타리버섯보다는 낮았으며, 해송이버섯의 조단백질, 조지방과 총 식이섬유 함량은 아위버섯과 비슷하였으며 느타리버섯과 새송이버섯보다는 높았다. 식품 중에 함유된 섬유소는 체내에서 소화, 흡수되지 않아서 영양성분으로 이용되지는 않지만 지방흡수 저해, 콜레스테롤 저하작용, 당뇨, 변비, 비만 등에 좋은 영향을 미치는 것으로 알려진 이후 많은 사람의 관심을 끌고 있다(22). 조회분 함량에 있어서는 아위버섯, 느타리버섯, 새송이버섯보다 높았다. 또한 탄수화물의 경우에는 느타리버섯보다 높았으나 아위버섯과 새송이버섯보다 낮았다.

**무기질**

해송이버섯의 무기질 함량은 Table 2와 같이 칼륨, 마그네슘의 함량이 다른 무기질의 함량에 비하여 높았으며 칼슘, 철분, 나트륨 등 각종 무기질 함량이 높은 것으로 나타났다.

이노작용을 촉진시키고(23) 고혈압에 좋은 효과를 나타낸다고 보고되어지는 칼륨(24)과 빈혈에 좋은 것으로 알려진 철분은 각각 3383.3 mg/100 g과 8.2 mg/100 g으로 나타났으며 이는 Hong 등(22)이 보고한 아위버섯(2377.4 mg/100 g, 3.0 mg/100 g), 느타리버섯(340.0 mg/100 g, 3.7 mg/100 g), 새송이버섯(289 mg/100 g, 0.4 mg/100 g)보다 월등히 높게 나타났다. 또한 체내의 저항력 강화, 골격유지 등과 관련 있

**Table 2. Mineral contents of *Hypsizigus marmoreus***

Minerals	Contents (dry basis, mg/100 g)
Ca	9.5
Cu	0.8
Fe	8.2
K	3383.3
Mg	105.7
Mn	2.0
Na	7.2
Zn	5.0

**Table 3. Nutrient components and yield of extracts from *H. marmoreus* by different solvents**

Contents <sup>1)</sup>	Extraction medium	
	Water	Ethanol
β-Glucan (mg/g)	9.32±0.13	1.43±0.18
Protein (%)	17.71±1.05	5.23±0.05
Total sugar (%)	39.93±0.55	36.80±0.38
Extraction yield (%)	53.34±4.34	18.79±3.29

<sup>1)</sup>Triplicate determination±SE.

는 마그네슘(25)의 함량이 105.7 mg/100 g으로 비교적 높게 나타났다. 또한 유해활성산소의 생성 저해와 관련이 있는 것으로 알려진 아연, 구리, 망간 등도 존재하는 것으로 분석되었다. 해송이버섯은 다양한 무기질을 다량 함유하고 있어 유용한 식품자원인 것으로 생각된다.

**추출물의 영양성분 및 추출수율**

추출물의 영양성분 및 추출수율을 Table 3에 나타내었다. 해송이버섯의 물추출물과 에탄올추출물의 총당함량은 각각 39.93%와 36.80%로 나타났으며 단백질함량은 각각 17.71%와 5.23%로 나타났다. 이는 에탄올을 이용하여 추출할 때 단백질성분이 효과적으로 추출되지 않았을 것으로 생각되어진다. 이러한 결과는 Bobek 등(26)의 느타리버섯의 물추출물이 에탄올추출물의 단백질함량보다 높다고 보고한 것과 유사한 경향을 보였다. β-Glucan은 버섯류의 세포벽을 구성하면서 단백질 혹은 기타 세포벽성분과 결합한 형태로 존재한다. 이는 면역활성체의 기능, 항산화능, 생체조직 재생과 치유기능, 항생제, 항균, 항바이러스 및 대식세포를 자극하여 돌연변이 세포를 인식하고 공격하는 항종양 효과가 있다고 보고되어지고 있다(5,7).

추출용매에 따른 β-glucan의 함량은 물추출물이 9.32%로 에탄올추출물의 1.43%보다 높았다. 버섯에서 모든 β-glucan을 추출하기는 매우 어려우며 추출, 정제된 β-glucan 내에 기타 성분들이 일부 혼입된다고 보고되고 있다(27). 또한 Hong 등(28)은 아가리쿠스버섯의 열수추출물의 β-glucan 함량은 24.32%라고 보고하였으며 가압추출 할 경우 β-glucan의 추출수율이 늘어난다고 보고하여 해송이버섯 추출물보다 높은 β-glucan 함량을 나타내었다.

또한 물추출물의 추출수율은 55.86%로 에탄올추출물의 추출수율보다 높았는데 이는 해송이버섯에 수용성 성분들이 많이 함유되어있기 때문으로 생각되어지며 이는 Lee 등(8)의 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

**암세포 성장억제효과**

암세포 성장억제효과를 MTT assay를 이용하여 해송이버섯의 물추출물과 에탄올추출물의 효과를 비교하였다. 해송이버섯 추출물과 분획물의 농도에 따른 사람 위암 세포주 AGS에 대한 성장억제효과는 Fig. 1과 같았다.

모든 농도에서 물추출물이 에탄올추출물보다 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었다. 이는 해송이버섯 중의 기능

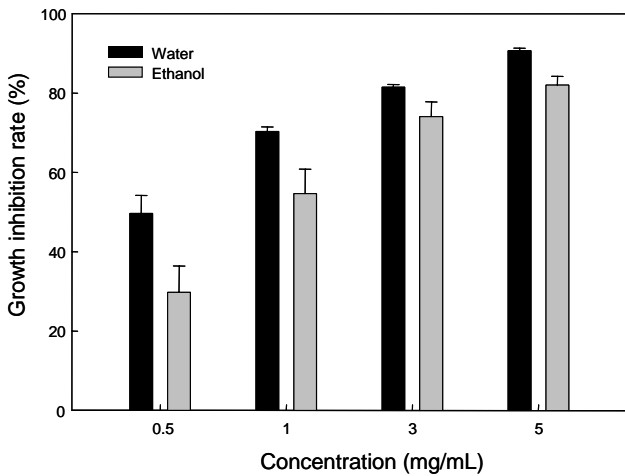


Fig. 1. Growth inhibition rate of *H. marmoreus* extracts against AGS cells.

성분들이 수용성물질들이 많을 것으로 사료되어진다. 또한 추출용매의 차이에 관계없이 추출물의 농도가 높아질수록 높은 암세포 성장억제효과를 나타내었다.

Song 등(29,30)은 능이버섯 추출물과 짚레영지버섯의 경우 위암세포주 AGS에 대한 성장억제효과는 1 mg/mL의 농도에서 68.5%와 50%미만으로 보고하였는데 이는 해송이버섯 물추출물 1 mg/mL의 농도에서 AGS에 대한 성장억제효과가 70.30%로 능이버섯추출물과 짚레영지버섯 추출물보다 높은 효과를 보이는 것으로 나타났다.

인체 간암세포인 HepG2에 대한 암세포저해효과도 물추출물이 에탄올추출물에 비하여 높은 것으로 나타났다(Fig. 2). 5 mg/mL의 농도에서 75.43%로 에탄올추출물보다 50% 이상의 높은 암세포저해효과를 나타내었다. 에탄올추출물의 경우 모든 처리농도에서 50%미만의 낮은 세포독성효과를 나타내었다. 이는 HepG2의 저해효과를 나타내는 성분이 에탄올추출과정에서 추출되지 않았을 것으로 생각되어진

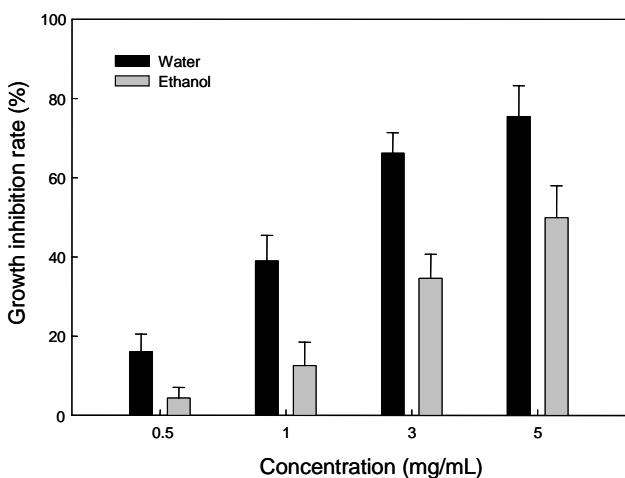


Fig. 2. Growth inhibition rate of *H. marmoreus* extract against HepG2 cells.

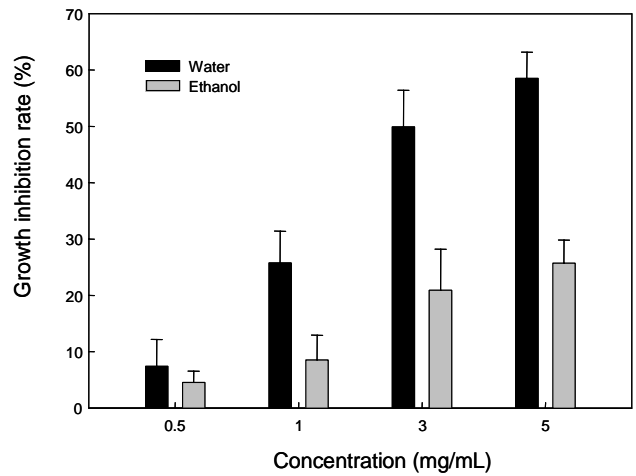


Fig. 3. Growth inhibition rate of *H. marmoreus* extract against SW480 cells.

다. 그리고 Xu 등(11)은 각기 다른 용매로 추출하여 HepG2에 대한 세포독성효과를 보았을 때 물분획에서 가장 낮은 세포독성효과를 나타내었는데 이는 메탄올로 추출한 후 분리하였기 때문에 본 실험결과와 차이를 나타낸 것으로 생각된다.

한편, 띠미로버섯(*Datronia dickinsii*)의 열수추출물에 대한 HepG2 암세포저해효과가 1 mg/mL의 농도에서 42%인 것으로 보고한 Yang 등(31)의 결과와 함께 까치버섯(*Polyozellus multiplex*)의 열수추출물은 57.1%, 메탄올추출물은 48.2%, 장수버섯(*Formitella fraxinea*)의 메탄올추출물은 66%의 암세포성장저해를 나타내었다는 결과와 비교할 때(32,33), 해송이버섯추출물이 낮은 암세포성장저해를 나타내는 것으로 분석되었다.

해송이버섯 물추출물과 에탄올추출물은 인체대장암세포인 SW480에 다른 암세포들에 비하여 낮은 세포독성효과를 나타내었다(Fig. 3). 5 mg/mL의 해송이버섯 물추출물만 SW480에 58.49%의 세포독성효과를 나타내었으며 나머지 처리군은 모두 50%미만의 세포독성효과를 나타내었다.

본 실험에 사용된 AGS, HepG2, SW480 등의 사람 암세포주에 대한 성장억제효과는 물추출물이 에탄올추출물에 비하여 높게 나타났다. Mizuno 등(7)은 아가리쿠스버섯 유래 단백질에 있어서 단백질은 활성화에 필수적이라고 보고하였는데 해송이버섯 물추출물의 경우 에탄올추출물에 비하여 높은 단백질을 포함하고 있어 높은 암세포 성장억제효과를 보였을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 세 가지 종류의 암세포주에 대한 성장억제효과를 측정하여 추출용매에 따른 해송이버섯의 항암효과에 접근하였으나 항암효과의 기전과 그 효과에 대한 보다 과학적인 접근이 이루어져야 할 것이다.

요 약

본 연구에서는 해송이버섯의 영양 가치와 활용도를 높이

기 위해 영양성분을 분석하였으며 효과적으로 영양성분을 추출하기 위한 추출용매를 설정하고 그 추출물을 이용하여 *in vitro* 상에서 항암활성을 검토하였다. 그 결과 해송이 버섯은 30.80%의 식이섬유를 포함하는 것으로 나타났다. 해송이 버섯의 무기질 중 칼륨의 함량이 3383.3 mg/100 g으로 다른 무기원소에 비해 월등히 높게 나타났다. 해송이 버섯을 물을 이용하여 추출하였을 경우 β-glucan 9.32 mg/g, 단백질 17.71% 및 총당 39.93%이었으며 에탄올을 이용하여 추출할 때보다 더 많은 영양성분들이 추출되는 것으로 나타났고 추출물의 수율 또한 53.34%로 높았다. 각각의 해송이 버섯 추출물에 의한 암세포 성장억제효과를 사람의 위암세포인 AGS와 간암세포 HepG2, 대장암세포 SW480으로 검토한 결과, 각 추출물의 농도에 따라 암세포 성장억제율이 증가함을 보여주었고, 물추출물이 에탄올추출물보다 상대적으로 높은 억제율을 보였다. AGS에 대해서는 물추출물과 에탄올추출물 모두 1 mg/mL의 농도에서 모두 50%이상의 성장억제효과를 나타내었다. 물추출물의 경우 HepG2에 대해서는 3 mg/mL 이상의 농도에서, SW480에 대해서는 5 mg/mL의 농도에서 50%이상의 억제효과를 나타내었다. 반면 에탄올추출물은 HepG2와 SW480에 대한 성장억제효과는 5 mg/mL의 농도에서도 50%미만의 억제효과를 나타내었다.

## 문 헌

- Kim HS, Ha HC, Kim TS. 2003. Research and prospects in new functional mushrooms—*Tremella fuciformis*, *Grifora frondosa* and *Hypsizigus marmoreus*. *Food Sci Ind* 36(4): 42-46.
- Yang HC, Song CH, Kweon MH. 1996. *Mycelial new material, food functional technology*. Hanlim, Seoul. p 187-189.
- Misuno T. 1990. Antitumor activity and some properties of water soluble polysaccharides from fruiting body of *Agaricus blazei* Murill. *Agric Biol Chem* 54: 2889-2896.
- Hirokazu K, Ryuichi I, Teturo K, Takashi M. 1989. Fractionation and antitumor activity of the water in soluble residue of *Agaricus blazei* fruiting bodies. *Carbohydr Res* 186: 267-273.
- Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on anti-body-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2: 1205-1211.
- Hui LC, Guei RC, Chin CC, Jeng LM. 2001. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food Chem* 74: 203-207.
- Mizuno M, Morimoto M, Minato K, Tsuchida H. 1998. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 434-437.
- Lee YL, Yen MT, Mau JL. 2007. Antioxidant properties of various extracts from *Hypsizigus marmoreus*. *Food Chem* 104: 1-9.
- Stamets P. 1993. *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Ten Speed Press, Berkeley, CA.
- Kim HK, Choi YJ, Jeong SW, Kin KH. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Lyophyllum ulmarium*. *Korean J Food Presev* 9: 385-390.
- Xu ML, Choi JY, Jeong BS, Li G, Lee KR, Lee CS, Woo MH, Lee ES, Jahng Y, Chang HW, Lee SH, Son JK. 2007. Cytotoxic constituents isolated from the fruit bodies of *Hypsizigus marmoreus*. *Arch Pharm Res* 30: 28-33.
- 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: 467-481.
- 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.
- 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.
- Xu XM, Jun JY, Jeong IH. 2007. A study on the antioxidant activity of *Hae-songi* mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1357.
- AOAC. 1995. *Official Method of Analysis of AOAC Intl*. 16th ed. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA.
- Korea Food and Drug Administration. 2005. *Food Standards Codex*. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea.
- Saha SK, Brewer CF. 1994. Determination of the concentrations of oligosaccharides, complex type carbohydrates, and glycoproteins using the phenol-sulfuric acid method. *Carbohydr Res* 254: 157-167.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AI, Randall RJ. 1954. Protein measurement with the Folin phenol reagents. *J Biol Chem* 193: 265-275.
- Green LM, Reade JL, Ware CF. 1984. Rapid colorimetric assay for cell viability: application to the quantitation of cytotoxic and growth inhibitory lymphokines. *J Immunol Methods* 70: 257-268.
- Hong KH, Kim BY, Kim HK. 2004. Analysis of nutritional components in *Pleurotus ferulea*. *Korea J Food Sci Technol* 36: 563-567.
- Kang TS, Kang MS, Sung JM, Kang AS, Shon HR, Lee SY. 2001. Effect of *Pleurotus eryngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korea J Mycol* 29: 86-90.
- Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1997. Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 29: 671-679.
- Krishna GG, Miller E, Kapoor S. 1989. Increased blood pressure during potassium depletion in normotensive men. *New Eng J Med* 320: 1177-1182.
- Lee YS, Kim JB, Shin SR, Kim NW. 2006. Analysis of nutritional components of *Lepista nuda*. *Korean J Food Preserv* 13: 375-381.
- Bobek P, Ozdin L, Kuniak L. 1993. Influence of water and ethanol of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on serum and liver lipids of the Syrian hamsters. *Die Nahrung* 37: 571-575.
- Ballance GM, Manners DJ. 1978. Structural analysis and enzymic solubilization of barley endosperm cell walls. *Carbohydr Res* 61: 107-113.
- Hong JH, Youn KS, Choi YH. 2004. Characteristics of crude protein-bound polysaccharide from *Agaricus blazei* Murill by extraction and precipitation conditions and its antitumor effect. *Korean J Food Sci Technol* 36: 586-593.
- Song JH, Lee HS, Hwang JK, Han JW, Han JG, Keum DH,

- Park KM. 2003. Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 172-179.
30. 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.
31. Yang KH, Yang JH, Ryu BH. 1997. Antitumor effects of extracts obtained from *Daedalea dickinsii*. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 25: 178-182.
32. Yoon SH, Lim JH, Kim YS, Kim CH, Jo JH, Hwang YS. 1998. Pharmacological effects of proteoglycans extracted from fruiting bodies of *Formitella fraxinea*. *Korea J Mycol* 26: 511-518.
33. Kim HJ, Han J, Yang EJ, Lee KR, Lee IS. 2000. Chemoprevention effect of *Polyozellus multiplex*, a wild and edible mushroom. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 161-167.

(2008년 8월 26일 접수; 2008년 10월 23일 채택)