

## 목이버섯(*Auricularia auricula-judae*) 추출물의 항산화 활성 및 항균 효과

유상철 · 오태진

선문대학교 BT융합제약공학과

### Antioxidant Activities and Antimicrobial Effects of Extracts from *Auricularia auricula-judae*

Sang-Cheol Yu and Tae-Jin Oh

Department of BT-Convergent Pharmaceutical Engineering, Sun Moon University

**ABSTRACT** This study investigated the antioxidant and antimicrobial activities of various solvents (acetone, ethyl acetate, and ethanol) for extraction of *Auricularia auricula-judae*. Antioxidant activity was evaluated by determining total polyphenol and flavonoid contents, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) cation radical scavenging activity. Total polyphenol and flavonoid contents were not significantly different among the extracts, whereas DPPH radical scavenging activity and ABTS cation radical scavenging activity were significantly higher in ethanol and acetone extracts. DPPH radical scavenging activities of ethanol and acetone extracts showed high values (58.7% and 46.7%, respectively). The antimicrobial properties of these extracts were determined against six bacterial pathogens (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterobacter cloacae*) by the disc diffusion method. The acetone extracts showed antimicrobial activities against all tested bacteria, and all extracts showed the highest antimicrobial activity against *B. subtilis*.

**Key words:** *Auricularia auricula-judae*, polyphenol, flavonoid, antioxidant, antimicrobial

## 서 론

버섯은 예로부터 식용 및 약용으로 이용됐으며, 필수 아미노산을 포함한 단백질, 탄수화물, 지질, 비타민 등 다양한 영양성분이 풍부하고 지방 함량이 낮은 저칼로리 식품으로 최근 우리나라를 비롯하여 세계적으로 버섯의 소비가 증가하고 있다. 버섯은 다당체인  $\beta$ -glucan이 다량 함유되어 면역증강을 통한 항암작용, 콜레스테롤 저하 등의 약리 효과가 알려졌다기 때문에 이러한 다양한 생리활성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 버섯 유래  $\beta$ -glucan은 항산화능, 항종양 효과 및 면역증강 효과 등이 보고되었고(1,2), 능이버섯과 노랑느타리버섯 등의 항고혈압성 활성(3,4), 영지버섯의 콜레스테롤 저하 효과(5), 노루궁뎅이 버섯의 항치매 활성(6), 구름버섯과 표고버섯의 항암 면역증강 효과(7,8) 등이 보고되었다.

목이버섯은 담자균류 목이목(*Auriculariales*)에 속하는 목이(*Auricularia auricula*)와 털목이(*Auricularia polytricha*) 및 흰목이목(*Tremellales*)에 속하는 흰목이(*Tremel-*

*la fuciformis*) 등이 있다. 이들은 활엽수의 고목에 발생하는 버섯으로 세계적으로 널리 분포되어 있으며, 특히 한국과 중국 및 일본 등지에서 야생으로 발견되고 있다. 목이버섯은 단백질, 칼륨, 인, 철 및 칼슘의 함량이 높고 식이섬유가 풍부하여 변비 예방 및 치료를 위한 기능성 식품으로 이용되고 있으며, 특히 건조된 목이버섯은 비타민 D의 함량이 매우 높으므로 골다공증 예방 효과가 있는 것으로 알려졌다(9). 또한 목이버섯 추출물의 항암 효과 및 심혈관질환 예방(10-12), 다이어트 및 콜레스테롤 저하 효과(13,14) 등이 알려졌으며, 특히 흰목이버섯 추출물의 항스트레스 효과(15), 목이버섯 메탄올 추출물의 돌연변이 억제작용(16), 목이버섯의 항산화 활성 및 흑목이버섯 유래 polysaccharide에 대한 생리활성 효과(17,18) 등이 연구되었다. 그러나 목이버섯의 다양한 유기 용매 추출물에 대한 항산화 활성과 다제내성균에 대한 심도 있는 항균 활성 보고는 아직 수행되지 못한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 acetone, ethanol 및 ethyl acetate 등을 용매로 이용하여 목이버섯으로부터 추출물을 확보하고 그들의 총폴리페놀과 총폴라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능 등의 항산화 활성뿐만 아니라, 다제내성균 6종에 대한 항균 활성 등을 측정함으로써 용매별 추출물에 대한 목이버섯의 항산화 및 항균 활성을 비교 분석하고자 한다.

Received 10 November 2015; Accepted 17 February 2016

Corresponding author: Tae-Jin Oh, Department of BT-Convergent Pharmaceutical Engineering, Sun Moon University, Asan, Chungnam 31460, Korea

E-mail: tjoh3782@sunmoon.ac.kr, Phone: +82-41-530-2677

## 재료 및 방법

### 실험재료

실험에 사용된 목이버섯은 참솔원 영농조합(Gyeongbuk, Korea)에서 건조된 버섯을 구입한 후 분쇄하여 시료로 사용하였다. 실험에 사용한 Folin-Ciocalteu's reagent, aluminium(III) chloride hexahydrate, 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) diammonium salt, gallic acid, quercetin 및 ascorbic acid 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 그 밖의 시약은 특급 시약을 사용하였다. 목이버섯 추출물의 항균 활성 측정에 사용한 6종의 균주는 그람 양성인 *Bacillus subtilis*(KCTC 1918), *Staphylococcus aureus*(KCTC1928), *Micrococcus luteus*(KCTC1915) 등과 그람 음성균인 *Escherichia coli*(KCTC2441), *Pseudomonas aeruginosa*(KCTC1637) 및 *Enterobacter cloacae*(KCTC1685) 등이며, 미생물자원센터(Korean Collection for Type Cultures, KCTC, Daejeon, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

### 목이버섯 추출물 제조

목이버섯 가루 50 g에 acetone 400 mL를 가하여 48시간 동안 추출하고 여과(Advantec No. 2, Advantec MFS, Inc., Tokyo, Japan)한 후, rotary evaporator(EYELA A-1000S, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 농축하여 acetone을 제거하였다. 위와 같은 방법으로 ethanol과 ethyl acetate 용매를 이용하여 각각의 추출물을 제조하였다. 마지막으로 농축된 추출물을 DMSO에 용해해 100 mg/mL의 농도에 맞추고 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 총폴리페놀 함량

총폴리페놀 함량은 시료의 페놀성 화합물과 Folin-Ciocalteu reagent와의 청색으로 발색되는 반응을 이용하여 측정하였다(19). 목이버섯 용매추출물 45  $\mu$ L와 1 N Folin-Ciocalteu 45  $\mu$ L를 혼합하여 실온에서 3분간 반응시킨 후, 2%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  900  $\mu$ L를 첨가하여 실온에서 30분간 방치한 다음 760 nm에서 흡광도(MECASYS, Daejeon, Korea)를 측정하였다. 총폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였으며, mg gallic acid equivalent(GAE)/g extract로 표시하였다. 각 3회 별도의 반복실험을 하여 평균값을 도출하였다.

### 총플라보노이드 함량

총플라보노이드 함량은 Smith 등(20)의 방법을 이용하여 측정하였다. 버섯 추출물과 2%  $\text{AlCl}_3$ 를 각각 1:1로 혼합하여 실온에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 구하였으며, mg

quercetin equivalent(QE)/g extract로 나타내었다. 각 3회 별도의 반복실험을 하여 평균값을 도출하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

목이버섯 추출물의 항산화 활성은 추출물의 DPPH 환원력을 측정하는 방법으로 Blois(21)의 방법을 활용하여 측정하였다. 목이버섯 추출물 30  $\mu$ L와 0.1 mM DPPH 용액 970  $\mu$ L를 혼합하여 암소에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 각 실험을 3회 반복 시행하여 평균값을 구하였으며, 다음과 같이 계산하여 나타내었다. 대조구는 1 mM ascorbic acid를 사용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

### ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 Re 등(22)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합한 후 암소에서 24시간 정도 방치하여  $\text{ABTS}^+$  용액을 준비한다.  $\text{ABTS}^+$  용액을 PBS buffer로 희석하여 734 nm에서 흡광도가 0.7이 되도록 조정하였다. 버섯 추출물 30  $\mu$ L와  $\text{ABTS}^+$  용액 970  $\mu$ L를 혼합하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 각 3회 반복실험을 하고 평균값을 구하여 다음과 같은 식으로 계산하였다. 대조구는 1 mM ascorbic acid를 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

### 항균 활성 측정

목이버섯 추출물의 항균 활성은 디스크 확산법(23)으로 측정하였다. 균의 생육배지는 LB 액체배지를 사용하였으며, 배양온도는 37°C로 24시간 동안 계대배양 하여 활성화한 후, 균 배양액을 600 nm에서 흡광도가 0.1이 되도록 희석하여 사용하였다. 각 배양된 균주를 평판배지에 면봉으로도말한 후 목이버섯 추출물을 2 mg/disc로 하여 20  $\mu$ L를 paper disc(6 mm diameter, Whatman AA discs, Whatman International, St. Louis, MO, USA)에 분주하여 건조한 다음, 균액은 도말된 배지 위에 밀착시키고 37°C incubator에서 24시간 배양하였다. 항균 활성은 disc의 주위에 생성된 clear zone의 직경을 측정하여 비교하였다.

### 통계처리

각 모든 실험은 3회 반복 시행하였으며, 평균±표준편차로 그 값을 표시하였다. 자료의 통계분석은 PASW Statistics 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, one-way ANOVA로 분산분석 후 Tukey's test로 검증하

었다. 모든 통계적인 유의성은  $P < 0.05$  수준에서 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물계에서 가장 풍부한 2차대사 생리 활성물질로서 phenolic acid 및 anthocyanin과 같은 간단한 구조부터 tannin 등의 분자량이 큰 물질까지 포함하며, 분자 내 많은 하이드록실기(-OH)를 가지고 있으므로 활성 산소를 제거하여 산화를 억제하는 기능이 있는 것으로 알려졌다(24,25). 본 실험에서 폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 19.7~630.6 mg/mL 농도에서 작성한 표준곡선으로부터 도출하였다. 목이버섯 용매 추출물의 총폴리페놀 함량 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 목이버섯 추출물의 폴리페놀 함량은 acetone 추출물에서  $5.85 \pm 0.45$  mg GAE/g extract로 가장 높았으며, ethanol 추출물과 ethyl acetate 추출물에서 각각  $5.23 \pm 0.18$  mg GAE/g extract,  $4.96 \pm 0.55$  mg GAE/g extract의 결과 등을 각각 얻었으나, 용매에 따라 유의적 차이는 보이지 않았다. Kim 등(26)은 목이버섯 메탄올 추출물 10 mg/mL에서 폴리페놀 함량을 0.28 mg/mL로 보고하였는데, 이는 본 연구 결과보다 다소 낮은 함량을 나타낸 것으로 비교되었다. 이러한 차이는 버섯의 재배방법, 수확시기, 건조방법, 추출물 농도 및 추출용매 등의 차이에 의한 결과로 볼 수 있을 것이다. 추출용매로 methanol은 낮은 분자량의 폴리페놀에, acetone은 분자량이 큰 폴리페놀 추출에 좀 더 효과적이라고 보고되어 있기 때문에(27-29), 본 실험 결과에서 볼 수 있듯이 추출용매에 따라 폴리페놀 함량이 유의한 차이를 보이지 않은 것은 목이버섯의 경우 저분자량의 페놀성 화합물과 고분자량의 페놀성 화합물이 다양하게 함유된 것으로 예상할 수 있다.

또한 플라보노이드는 페놀성 화합물의 대부분을 이루고 있으며, 강력한 라디칼 소거 활성, 항산화 활성 및 항암 증강 효과 등이 알려졌다(30-32). 추출용매에 따른 목이버섯의 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 2.0~62.5 mg/mL 농도에서 작성된 표준곡선으로부터 구하였으며, 측정 결과를 Table 1에 나타내었다. Ethyl acetate 추출물에

서  $0.70 \pm 0.08$  mg QE/g extract, acetone 추출물과 ethanol 추출물에서 각각  $0.63 \pm 0.03$  mg QE/g extract,  $0.60 \pm 0.01$  mg QE/g extract의 플라보노이드 함량을 확인할 수 있었으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. Han 등(33)의 보고에 의하면 표고버섯의 플라보노이드 함량은 ethyl acetate 추출물 > acetone 추출물 > ethanol 추출물 순으로 조사되었는데, 이는 본 연구의 목이버섯 결과와 같은 경향을 나타낸 것으로 분석되었다.

Ferreira 등(34)에 따르면 버섯의 주된 항산화제는 phenolic acid와 flavonoid 등의 페놀성 화합물이고, 그 밖에 tocopherol, ascorbic acid 및 carotenoid 등이 함유되어 있다고 보고하였다. Alves 등(35)은 버섯의 주요 페놀화합물이 페놀산(phenolic acid)으로 표고버섯에는 *p*-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, gallic acid 및 cinnamic acid 등이 주로 함유되어 있으며, 목이버섯에는 *p*-hydroxybenzoic acid, gallic acid, vanillic acid 및 syringic acid 등을 함유하고 있다고 보고하였다. 결과적으로 본 연구의 목이버섯 경우에는 플라보노이드가 폴리페놀 중 약 10% 정도 함유되어 있으며, 대부분 비플라보노이드 계열의 페놀성 화합물인 페놀산이 존재하는 것으로 생각된다.

#### DPPH 라디칼 소거능

안정한 라디칼인 DPPH가 항산화 물질로부터 전자 혹은 수소를 받아 환원되는 반응에서 흡광도가 감소하며, DPPH 라디칼 소거능을 통해 추출물의 항산화 능력을 측정하게 된다(36). 다른 방법과 비교하여 상대적으로 빠르게 항산화 활성을 평가할 수 있으므로 가장 널리 이용되는 방법이다. Acetone, ethyl acetate 및 ethanol 등의 유기용매를 이용하여 얻은 목이버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출용매에 따라 유의적인 차이를 보이며, ethanol 추출에서  $58.7 \pm 4.37\%$ , acetone 추출물에서  $46.7 \pm 2.61\%$  및 ethyl

**Table 1.** Total polyphenol and flavonoid contents of extracts from *Auricularia auricular-judae*

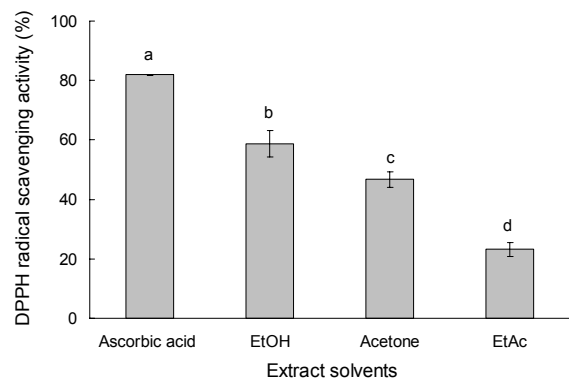
Solvent	Total polyphenol (mg GAE/g extract) <sup>1)</sup>	Total flavonoid (mg QE/g extract) <sup>2)</sup>
Acetone	$5.85 \pm 0.45^{NS3)}$	$0.63 \pm 0.03^{NS}$
Ethyl acetate	$4.96 \pm 0.55$	$0.70 \pm 0.08$
Ethanol	$5.23 \pm 0.18$	$0.60 \pm 0.01$

The results represent the mean±SD of values obtained from three independent experiments.

<sup>1)</sup>Values are expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE) per g of extract (mg GAE/g extract).

<sup>2)</sup>Values are expressed as mg of quercetin equivalent (QE) per g of extract (mg QE/g extract).

<sup>3)</sup>NS: not significant.



**Fig. 1.** DPPH radical scavenging activity of extracts from *Auricularia auricular-judae*. The results represent the mean±SD of values obtained from three independent experiments. 1 mM ascorbic acid was used as positive control. EtOH, ethanol; EtAc, ethyl acetate. Means with different letters (a-d) above the bars are significantly different at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

**Table 2.** Pearson's correlation coefficient (r) of total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), DPPH radical scavenging activity, and ABTS radical scavenging activity of leaves extract from *Auricularia auricular-judae*

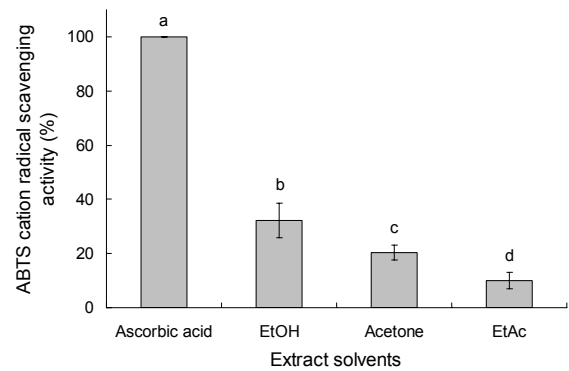
	TPC	TFC	DPPH	ABTS
TPC	1			
TFC	-0.503*	1		
DPPH	0.475*	-0.999*	1	
ABTS	0.264*	-0.966*	0.974*	1

\*Correlation is significant at  $P < 0.05$ .

acetate에서  $23.1 \pm 2.26\%$  등으로 확인되었다. Ethanol 추출물과 acetone 추출물에서의 DPPH 라디칼 소거능이 ethyl acetate 추출물의 소거능보다 2배 이상 높은 수치를 나타내었다. 이는 대조구로 사용된 ascorbic acid의  $82.0 \pm 0.16\%$ 보다는 낮은 소거 활성이지만, methanol 추출물의 라디칼 소거능이 10%라고 보고한 Kim 등(37)의 결과와 비교하였을 때에는 상당히 높은 값을 나타낸 것으로 생각된다. 또한 Kim 등(26)의 결과와 같이 본 실험에서도 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하는 것으로 상관관계가 0.475로 다소 높게 조사되었으며(Table 2), 이와 대조적으로 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능의 경우에는 음의 상관관계(-0.999)를 나타내었다. 이러한 유사한 결과는 Han 등(33)이 보고한 표고버섯추출물의 경우에서도 확인할 수 있었다. 총폴리페놀 함량은 페놀성 화합물뿐만 아니라 ascorbic acid와 sulphites 등의 화합물을 포함하며, DPPH 라디칼 소거능은 anthocyanin과 carotenoid 등에 의한 방해로 낮은 값을 나타낼 수도 있을 뿐만 아니라 용매에 따라 추출되는 페놀성 화합물 및 그 이외의 다른 생리활성 물질의 차이 등으로 인해 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능 등의 일관된 상관관계를 찾기 어려운 것으로 생각한다(38,39).

### ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 ABTS와 강산화제인 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 ABTS 양이온 라디칼이 항산화 물질에 의해 제거되는 정도를 측정하는 항산화 활성 측정법이다. 수용성 및 지용성 관련 모든 항산화 물질에 적용이 가능할 뿐만 아니라 실험방법이 비교적 간단하고 감도가 좋으며, 다양한 pH에서 측정할 수 있다는 특징이 있다(22,40). Fig. 2는 용매에 따른 목이버섯 추출물의 ABTS 양이온 라디칼 소거능 측정 결과로써 ethanol 추출물에서  $32.2 \pm 6.31\%$ , acetone 추출물에서  $20.3 \pm 2.76\%$  및 ethyl acetate 추출물에서  $10.0 \pm 2.99\%$ 의 ABTS 라디칼 소거 활성 등이 확인되었다. Ethanol 추출물과 acetone 추출물의 ABTS 라디칼 소거능이 ethyl acetate보다 2배 이상 높게 나타났으나 대조구로 사용된 ascorbic acid의  $99.9 \pm 0.05\%$ 보다는 비교적 낮은 라디칼 소거능을 확인할 수 있었다. DPPH와 ABTS 라디칼의 종류뿐만 아니라 항산화 물질이 두 종류의 라디칼에 결합하는 정도의 세기가 다르기 때문에



**Fig. 2.** ABTS cation radical scavenging activity of extracts from *Auricularia auricular-judae*. The results represent the mean  $\pm$  SD of values obtained from three independent experiments. 1 mM ascorbic acid was used as positive control. EtOH, ethanol; EtAc, ethyl acetate. Means with different letters (a-d) above the bars are significantly different at  $P < 0.05$  by Tukey's test.

라디칼 소거능에 차이가 발생하는 것으로 생각한다(41). 결과적으로 Table 2에서와 같이 목이버섯 추출물의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 0.974의 양의 상관관계를 나타내었으며, ethanol, acetone 및 ethyl acetate 추출용매 중 ethanol이 목이버섯의 항산화 물질 추출에 가장 적합한 용매로 생각한다. 목이버섯의 80% methanol 추출물이 영지, 느타리, 표고 및 새송이 버섯 등에 비해 낮은 ABTS 라디칼 소거능을 보인다는 Hong 등(42)의 보고와 같이 본 연구에서도 낮은 활성을 확인할 수 있었다.

### 목이버섯 추출물의 항균 활성

목이버섯 추출물의 항균 활성을 3종의 그람 양성균 *B. subtilis*, *S. aureus* 및 *M. luteus*와 3종의 그람 음성균 *E. coli*, *P. aeruginosa* 및 *Enterobacter cloacae* 등 6종의 세균에 대한 디스크 확산법(paper disc diffusion)을 이용하여 측정된 결과는 Table 3에서 확인할 수 있다.

Acetone, ethanol 및 ethyl acetate 추출물을 2 mg/disc로 항균 활성을 비교한 결과 목이버섯의 acetone 추출물은 6종의 모든 균에 대해서 clear zone을 형성하였으며, 특히 *B. subtilis*에 대한 가장 좋은 생육저해환을 나타내었다. 그리고 ethanol 추출물에서는 *S. aureus*를 제외한 나머지 균

**Table 3.** Antimicrobial activities of various solvent extracts from *Auricularia auricular-judae* against gram-positive bacteria and gram-negative bacteria

	Acetone	Ethanol	Ethyl acetate
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+	-
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+
<i>Enterobacter cloacae</i>	+	+	+
<i>Micrococcus luteus</i>	+	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	-	-
<i>Bacillus subtilis</i>	++	++	++

-, no inhibition ( $\leq 6$  mm); +, slight inhibition ( $\sim 8$  mm); ++, moderate inhibition ( $\sim 10$  mm).

에 대하여 활성을 보였으며, acetone 추출물과 같이 *B. subtilis*에 대해 가장 큰 생육저해환을 나타내었다. 마지막으로 ethyl acetate 추출물에서는 *P. aeruginosa*, *M. luteus*, *S. aureus*를 제외한 *E. coli*, *Enterobacter cloacae* 및 *B. subtilis* 등에서 일부 항균 활성을 보였으며, 특히 *B. subtilis* 균에 대한 항균 활성이 다소 높게 나타났다. 목이버섯 추출물의 항균 활성은 acetone, ethanol 및 ethyl acetate 추출물 모두 그람 양성균과 그람 음성균에 대해 유의적 차이가 없이 비슷한 항균 활성을 보였으나 균의 종류에 따라 다소 차이를 나타내었다. 특히 다른 균에 비해 *B. subtilis*에 대하여 상대적으로 높은 항균 활성을 보였으며, 추출용매에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 청미래덩굴 뿌리에서 얻어진 분획 추출물이 페놀성 화합물의 함량에 비례하여 미생물의 성장저해, 즉 항균 활성을 나타낸다는 보고(43)와 같이 본 연구에서는 목이버섯 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 등의 함량에서 추출용매에 따라 유의적인 차이가 발생하지 않았기 때문에 추출용매에 의한 항균 활성의 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다(44). 결과적으로 목이버섯 추출물이 식품 부패 및 변질에 관련된 *B. subtilis*에 대해 다소 높은 항균 활성을 보임으로써 천연 식품 보존제로서의 이용 가능성이 있는 것으로 생각한다.

## 요 약

본 연구는 목이버섯을 대상으로 acetone, ethanol 및 ethyl acetate 등의 용매를 이용하여 확보된 각각의 추출물에 대한 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능 등의 항산화 활성과 6종의 균주에 대한 디스크 확산법으로 항균 활성 등을 측정하였다. 목이버섯의 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 용매에 따라 유의적 차이는 없었으나 극성이 큰 acetone과 ethanol에서 ethyl acetate 추출물에 비해 다소 높게 조사되었으며, 플라보노이드 함량은 ethyl acetate > acetone > ethanol 추출물 순으로 측정되었다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 양이온 라디칼 소거능은 각각 58.7~23.1%, 32.2~10.0% 등으로 나타났으며, 특히 목이버섯 ethanol 추출물에서 높은 항산화 활성을 확인하였다. 그리고 목이버섯의 항균 활성 측정 결과 acetone 추출물이 *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* 및 *Enterobacter cloacae* 등 6개의 균주 모두에 대하여 활성을 확인할 수 있었으며, 특히 acetone, ethanol 및 ethyl acetate 추출물 모두에서 다른 균에 비해 *B. subtilis*에 대하여 생육저해환이 다소 크다는 것을 알 수 있었다. 이렇듯 본 연구를 통하여 목이버섯 추출물의 항산화 및 항균 활성을 확인함으로써 향후 목이버섯을 이용한 천연 첨가제 혹은 건강 기능성 식품의 원료소재 등으로 이용 가능할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 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.
- Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi T, Mazda O, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2: 1205-1211.
- Jang JH, Jeong SC, Kim JH, Lee YH, Ju YC, Lee JS. 2011. Characterization of a new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from *Pleurotus cornucopiae*. *Food Chem* 127: 412-418.
- Kang MG, Bolormaa Z, Lee JS, Seo GS, Lee JS. 2011. Antihypertensive activity and anti-gout activity of mushroom *Sarcodon aspratus*. *Kor J Mycol* 39: 53-56.
- Kabir Y, Kimura S, Tamura T. 1998. Dietary effect of *Ganoderma lucidum* mushroom on blood pressure and lipid levels in spontaneously hypertensive rats (SHR). *J Nutr Sci Vitaminol* 34: 433-438.
- Kawagishi H, Furukawa S, Zhuang C, Yunoki R. 2002. The inducer of the synthesis of nerve growth factor from lion's mane (*Hericium erinaceus*). *Explore* 11: 46-51.
- Chihara G, Hamuro J, Maeda Y, Arai Y, Fukuoka F. 1970. Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (an edible mushroom). *Cancer Res* 30: 2776-2781.
- Tsukagoshi S, Ophashi F. 1974. Protein-bound polysaccharide preparation, PS-K, effective against mouse sarcoma-180 and rat ascites hepatoma AH-13 by oral use. *Gann* 65: 557-558.
- Lee J, Ahn RM, Choi HS. 1997. Determinations of ergocalciferol and cholecalciferol in mushrooms. *Korean J Soc Food Sci* 13: 173-178.
- Lee SA, Chung KS, Shim MJ, Choi EC, Kim BK. 1981. Studies on the antitumor components of Korean *basidiomycetes* (II): Antitumor components of *Schizophyllum commune* and *Auricularia auricula-judae*. *Kor J Mycol* 9: 25-29.
- Misaki A, Kakuta M, Sasaki T, Tanaka M, Miyaji H. 1981. Studies on interrelation of structure and antitumor effects of polysaccharides: antitumor action of periodate-modified, branched (1 goes to 3)- $\beta$ -D-glucan of *Auricularia auricula-judae*, and other polysaccharides containing (1 goes to 3)-glycosidic linkages. *Carbohydr Res* 92: 115-129.
- Song G, Qizhen D. 2011. Structure characterization and antitumor activity of an  $\alpha$ ,  $\beta$ -glucan polysaccharide from *Auricularia polytricha*. *Food Res Int* 45: 381-387.
- Cheng HH, Hou WC, Lu ML. 2002. Interactions of lipid metabolism and intestinal physiology with *Tremella fuciformis* Berk edible mushroom in rats fed a high-cholesterol diet with or without Nebacitin. *J Agric Food Chem* 50: 7438-7443.
- Jo S, Kim T, Yu Y, Oh J, Jang M, Park K. 2012. A comparative study on the physiological activities of *Auricularia* spp. *Korean J Food Sci Technol* 44: 350-355.
- Ko MS, Lee SJ, Kang SM. 2009. Effect of *Tremella fuciformis* Berk on anti-stress activities during long-term and short-term in mice. *KSBB J* 24: 131-139.
- Ham SS, Kim DH, Lee DS. 1997. Antimutagenic effects of methyl alcohol extracts from *Auricularia auricula* and *Gyrophora esculenta*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 1281-1287.
- Kho YS, Vikineswary S, Abdullah N, Kuppusamy UR, Oh

- HI. 2009. Antioxidant capacity of fresh and processed fruit bodies and mycelium of *Auricularia auricula-judae* (Fr.) Quéf. *J Med Food* 12: 167-174.
18. Li S, Xu S, Zhang L. 2010. Advances in conformations and characterizations of fungi polysaccharides. *Acta Polym Sin* 12: 1359-1375.
  19. Singleton VL, Rossi JA Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
  20. Smith H, Doyle S, Murphy R. 2015. Filamentous fungi as a source of natural antioxidants. *Food Chem* 185: 389-397.
  21. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
  22. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radicals Biol Med* 26: 1231-1237.
  23. Piddock LJ. 1990. Techniques used for the determination of antimicrobial resistance and sensitivity in bacteria. *J Appl Bacteriol* 68: 307-318.
  24. Di Carlo G, Mascolo N, Izzo AA, Capasso F. 1999. Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci* 65: 337-353.
  25. Jankun J, Selman SH, Swiercz R, Skrzypczak-Jankun E. 1997. Why drinking green tea could prevent cancer. *Nature* 387: 561.
  26. Kim T, Jo S, Kim M, Yu Y, Jang M, Park K. 2012. Comparative study on nutritional contents of *Auricularia* spp. *J Mushroom Science and Production* 10: 29-36.
  27. Metivier RP, Francis FJ, Clydesdale FM. 1980. Solvent extraction of anthocyanins from wine pomace. *J Food Sci* 45: 1099-1100.
  28. Prior RL, Lazarus SA, Cao G, Muccitelli H, Hammerstone JF. 2001. Identification of procyanidins and anthocyanins in blueberries and cranberries (*Vaccinium* spp.) using high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 49: 1270-1276.
  29. Xu BJ, Chang SK. 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *J Food Sci* 72: S159-166.
  30. Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. 1988. Antioxidative properties of procyanidin B1 and B3 from azuki beans in aqueous systems. *Agric Biol Chem* 52: 2717-2722.
  31. Landrault N, Pouchet P, Ravel P, Gasc F, Cros G, Teissedre PL. 2001. Antioxidant capacities and phenolics levels of French wines from different varieties and vintages. *J Agric Food Chem* 49: 3341-3348.
  32. Zhao J, Wang J, Chen Y, Agarwal R. 1999. Anti-tumor-promoting activity of a polyphenolic fraction isolated from grape seeds in the mouse skin two-stage initiation-promotion protocol and identification of procyanidin B5-3'-gallate as the most effective antioxidant constituent. *Carcinogenesis* 20: 1737-1745.
  33. Han SR, Kim MJ, Oh TJ. 2015. Antioxidant activities and antimicrobial effects of solvent extracts from *Lentinus edodes*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1144-1149.
  34. Ferreira IC, Barros L, Abreu RM. 2009. Antioxidants in wild mushrooms. *Curr Med Chem* 16: 1543-1560.
  35. Alves MJ, Ferreira ICFR, Froufe HJC, Abreu RMV, Martins A, Pintado M. 2013. Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. *J Appl Microbiol* 115: 346-357.
  36. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT -Food Sci Technol* 28: 25-30.
  37. Kim HJ, Bae JT, Lee JW, Hwang Bo MH, Im HG, Lee IS. 2005. Antioxidant activity and inhibitive effects on human leukemia cells of edible mushrooms extracts. *Korean J Food Preserv* 12: 80-85.
  38. Han JH, Moon HK, Chung SK, Kang WW. 2013. Comparison of antioxidant activities of radish bud (*Raphanus sativus* L.) according to extraction solvents and sprouting period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1767-1775.
  39. Shon HK, Lee YS, Park YH, Kim MJ, Lee KA. 2008. Physico-chemical properties of Gugija (*Lycii fructus*) extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 905-911.
  40. Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agric Food Chem* 51: 6657-6662.
  41. Jin SY. 2011. Study on antioxidant activities of extracts from different parts of Korean and Iranian pomegranates. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1063-1072.
  42. Hong MH, Jin YJ, Pyo YH. 2012. Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1235-1241.
  43. Song JH, Kim HS, Kim YG, Son BG, Choi YW, Kang JS. 1999. Antimicrobial activity of extract from *Smilax china*. *J Agri Tech Dev Inst* 3: 163-168.
  44. Kim JY, Lee JA, Kim KN, Song GP, Park SY. 2007. Antioxidative and antimicrobial activities of *Euphorbia helioscopia* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1106-1112.