

## 추출조건에 따른 노랑느타리버섯 추출물의 항산화 활성

이혜진 · 도정룡 · 정민유 · 김현구<sup>†</sup>

한국식품연구원

### Antioxidant Activities of *Pleurotus cornucopiae* Extracts by Extraction Conditions

Hye-Jin Lee, Jeong-Ryong Do, Min-Yu Chung, and Hyun-Ku Kim<sup>†</sup>

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

**ABSTRACT** Physiological activities of extracts from *Pleurotus cornucopiae* were examined. DPPH radical scavenging activity of water extract was 70.22 percent at 4 mg/mL, which was the highest among all extracts. Total polyphenol content of water extract was 26.34 mg/g, which was the highest value for all extraction conditions. Superoxide anion radical scavenging activities ranged from 50.17 to 80.56 percent at 1, 2, and 4 mg/mL, which were higher than the ascorbic acid activity (56.19% at 10 mg/mL) ( $P<0.05$ ). ACE inhibitory activities were higher in ethanolic extracts than in water extracts. Nitrite-scavenging abilities under acidic conditions (pH 1.2 and pH 3.0) were the most effective among all the extracts. These results will be useful for understanding the physiological activities of *Pleurotus cornucopiae*.

**Key words:** *Pleurotus cornucopiae*, antioxidant activity, extraction condition

## 서 론

버섯은 대형 자실체를 이루고 있고 대부분이 담자균류와 자낭균류에 속하는 고등균류이다(1). 우리나라에서 식용으로 이용되고 있는 버섯은 느타리, 표고, 양송이 및 송이버섯 등이 주를 이루고 있으며 1965년경부터 인공재배법이 널리 보급되면서 계절에 구애받지 않고 식용으로 이용할 수 있게 되었고 영양학적으로 우수한 식품으로 인정받고 있다. 그중 느타리버섯은 거의 40종이 온대 및 열대지역에서 널리 분포되어 있으며, 현재 재배면적과 생산량이 가장 많은 버섯 중에 하나이다(2,3). 버섯의 이용이 증가하고 관심이 높아짐에 따라 버섯에 대한 유효성분 및 효능에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 느타리버섯의 성분으로 lactic acid, oxalic acid, fumaric acid, succinic acid, malic acid, citric acid, pyroglutamic acid 등의 유기산과 지방산(4), trehalose, glucose, fructose, mannitol, arabinol, glycerol 등의 유리당 및 당알코올류(5)의 다양한 성분 연구 및 폴리페놀 화합물의 항산화능(6)에 대해 보고된 바 있다. 그밖에 느타리버섯, 양송이버섯, 팽이버섯의 물질 함량 분석(7), 새송이버섯의 항염증 활성(8), 식용 및 약용버섯의 항산화 및 항암 효과(9) 등의 연구가 보고되었다.

노랑느타리(*Pleurotus cornucopiae* Rolland var. *citrinopileatus*)는 담자균류 느타리과 버섯으로 여름부터 가을에 걸쳐 활엽수의 느릅나무고목, 쓰러진 나무 또는 그루터기 등에 군생하는 목재 백색 부후성 버섯이다. 한국, 일본, 중국 동북부, 소련의 극동, 유럽 및 북아메리카에 분포하며 주로 한국, 일본, 러시아에서 상업적으로 재배되고 있다. 노랑느타리의 일반성분으로는 유리 아미노산 30종, 무기질 12종, vitamin D, arabinol, mannitol, glycerol 등이 있으며, 당류는 glucose, trehalose, cellulose, hemicellulose, pectin, lignin, lectin이, 효소로는 carboxymethylcellulase, 산성 protease 등이 있다(3). 노랑느타리버섯은 부드러운 것도 섬유질이 많아 질긴 편이고 밀가루 냄새가 나는 것이 특징으로 노란색의 플라보노이드는 감기치료, 변비완화 및 진정효과가 있으며, 항종양, 콜레스테롤 수치 강하, 면역증진 등에도 효과적이다(10). 본 연구에서는 다양한 효능이 알려진 노랑느타리버섯의 항산화 활성을 측정하고 산업적 이용가치 증대 및 고부가가치 상품개발의 일환으로 최적 추출조건 확립을 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 필요한 노랑느타리버섯은 연천에서 건조상태로 구입하여 믹서기(Hanil Electric Inc., Seoul, Korea)로 분쇄하여 분말화 하였다. 시료보관은 500  $\mu$ m mesh에 내려

Received 3 February 2014; Accepted 3 March 2014

<sup>†</sup>Corresponding author.

E-mail: hyunku@kfri.re.kr, Phone: +82-31-780-9134

분말입자를 균일화한 후 0.2 mm PE film에 밀봉 포장하여 -20°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

### 마이크로웨이브 추출

마이크로웨이브 추출장치(MAP, Soxwave-100, ProLabo, Paris, France)를 이용하여 건물 중량과 용매의 비율을 1:50으로 하고 추출용매의 농도를 물, 30%, 60% 그리고 90% 에탄올로 각각 달리하여 추출하였다. 이때 마이크로웨이브 추출조건은 에너지 용량 90 watt, 추출시간 5 min의 동일조건으로 추출하였다.

### DPPH 라디칼 소거능

추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(11)의 방법에 준하여 전자공여효과로 나타나는 각 추출물에 대한 환원력을 측정하였다. 즉 노랑느타리버섯 추출 분말 1 mg/mL, 2 mg/mL 및 4 mg/mL 농도의 시료 0.2 mL에  $4 \times 10^{-4}$  M DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 0.8 mL와 99.9% 에탄올 2 mL를 가하여 총액의 부피가 3 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 10분간 방치한다. 반응액은 분광광도계(Spectramax M2, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA) 525 nm에서 흡광도를 측정하였고, 추출물의 첨가구와 첨가하지 않은 무첨가구의 흡광도를 통해 백분율로 나타내었다.

### 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis(12) 방법에 의해 측정하였다. 노랑느타리버섯 추출 분말 1 mg/mL, 2 mg/mL 및 4 mg/mL 농도의 시료 0.5 mL에 1 N Folin-Ciocalteu reagent 0.5 mL를 가하여 혼합, 3분간 정치 후 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 10 mL를 첨가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 반응 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Hachioji, Japan)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준물질 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

### Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성은 superoxide에 의해 산화되는 pyrogallol의 산화속도를 억제시키는 원리로 Marklund와 Marklund(13)의 방법에 준하여 실시하였다. 노랑느타리버섯 추출 분말 1 mg/mL, 2 mg/mL 및 4 mg/mL 농도의 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 Tris-HCl buffer(50 mM tris[hydroxymethyl]aminomethane+ 10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 실온에 10분간 방치 후 1 N HCl 0.2 mL로 반응을 정지시킨다. 이 반응액을 분광광도계(Spectramax M2, Molecular Devices) 420 nm에서 흡광도를 측정하여 시료첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타냈다.

### ACE 저해 활성

ACE 저해 활성은 Cushman과 Chung의 방법(14)을 변형하여 측정하였다. ACE 저해 활성은 300 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3)에 rabbit lung acetone powder(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 0.2 g/10 mL(w/v)의 농도로 4°C에서 24시간 동안 추출한 후, 원심분리(4°C, 8,000 rpm, 70분) 하여 ACE 조효소액을 얻었다. 노랑느타리버섯 추출 분말 1 mg/mL, 2 mg/mL 및 4 mg/mL 농도의 시료 50 µL에 450 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 100 µL를 가하고 5 mM hippuryl-histidyl-leucine(300 mM NaCl-100 mM sodium borate buffer(pH 8.3)에 용해) 50 µL를 가한 후 37°C에서 10분간 전배양 하였다. 이 반응액에 ACE 조효소액 50 µL를 가한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1.75 N HCl 100 µL를 가하여 반응을 정지시켰다. 여기에 ethyl acetone 1.5 mL를 가하여 섞어준 후 상등액 1 mL를 취하였다. 분리시킨 상등액을 100°C에서 1시간 동안 건조시켜 증류수 1 mL를 가하여 용해시킨 다음 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco)를 이용하여 228 nm에서 흡광도를 측정하여 시료첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율로 나타냈다.

### 아질산염 소거작용

아질산염 소거작용(nitrite scavenging effect)은 Gray와 Dugan(15)의 방법으로 측정하였다. 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 0.1 mL에 노랑느타리버섯 추출 분말 1 mg/mL, 2 mg/mL 및 4 mg/mL 농도의 시료 0.2 mL를 가하고 여기에 0.2 N 구연산 완충액을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.2(0.1 N HCl), 3.0, 4.2 및 6.0으로 보정한 다음 반응용액의 부피를 1 mL로 하였다. 이를 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 2% acetic acid 용액 5 mL, Griess 시약(30% acetic acid에 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켰다. 이를 15분간 실온에 방치시킨 후 분광광도계(Spectramax M2, Molecular Devices)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 추출액 첨가 전후의 잔존하는 아질산염량을 백분율(%)로 표기하였다.

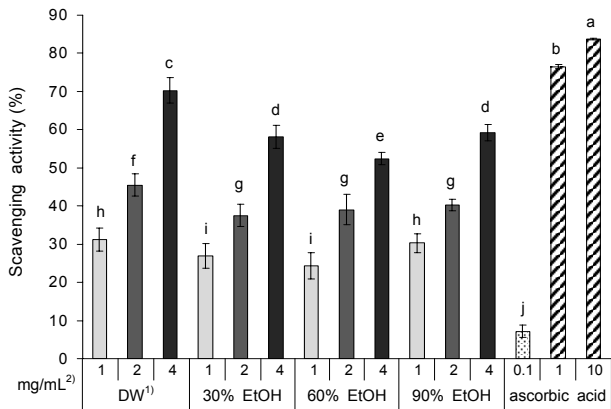
### 통계처리

본 실험은 3반복 측정하여 얻어진 결과에 대해 Statistical Analysis System(SAS version 8.0, 2004, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 평균과 표준편차의 값을 산출하였고 Duncan's multiple range test를 통해 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 추출 수율

노랑느타리버섯 시료와 용매의 비율 1:50의 조건으로 이



**Fig. 1.** DPPH radical scavenging activity of *Pleurotus cornucopiae* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter on bars are not significantly different ( $P<0.05$ ). <sup>1</sup>DW: distilled water. <sup>2</sup>mg/mL: *Pleurotus cornucopiae* extracts powder dissolved in distilled water.

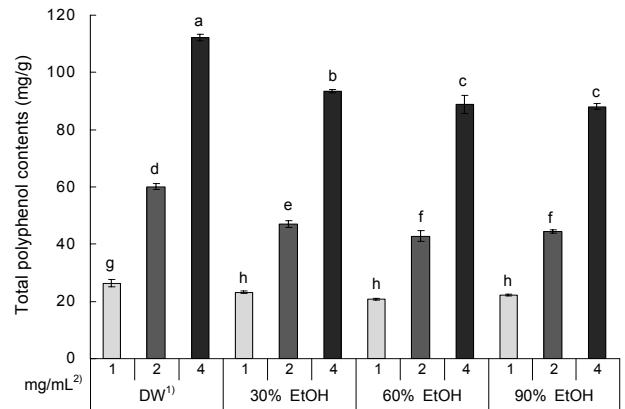
때 추출용매는 물, 30%, 60% 및 90% 에탄올로 하였다. 추출방법으로는 마이크로웨이브 90 watt, 5분으로 하고 노랑느타리버섯으로부터 추출한 추출물을 감압 농축 후 동결건조 하였다. 각 추출물의 수율 측정 결과 물, 30%, 60% 및 90% 에탄올 추출물이 각각 45.55%, 35.65%, 32.75% 및 22.45%로 나타났다.

### DPPH 라디칼 소거능

DPPH radical은 짙은 보라색을 띠는 자유 라디칼로 항산화 물질과 반응하면 지질과산화 연쇄반응에 관여하는 산화성 자유 라디칼이 억제되어 안정한 형태로 돌아가면서 짙은 보라색이 없어짐에 따라 흡광도를 통해 간접적으로 측정할 수 있다(16,17). 추출용매를 달리한 노랑느타리 추출물의 분말을 농도별 1 mg/mL, 2 mg/mL, 4 mg/mL로 녹인 후 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다. 측정 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 추출물의 농도에 따라 유의적으로 소거능이 우수하였고, 추출용매에 따라 물 추출물이 농도별 31.15~70.22%로 에탄올 추출물에 비해 라디칼 소거활성이 우수한 것으로 나타났다. 표준물질인 ascorbic acid와 비교하였을 때 1 mg/mL ascorbic acid보다는 활성이 떨어졌으나, 0.1 mg/mL ascorbic acid보다 5~10배의 소거활성을 보였다. Kang(18)의 연구에서 팽이버섯의 경우 열수 추출물 2 mg/mL의 소거능이 95.24%로 노랑느타리버섯에 비해 라디칼 소거능력이 우수하였으나, Kim 등(19)의 12종 버섯류보다 노랑느타리버섯의 활성이 높게 나타나는 경향 알 수 있었다.

### 총 폴리페놀 함량

노랑느타리버섯 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 추출용매별 총 폴리페놀 함량이 20.82~26.34 mg/g을 함유하고 있는 것으로 나타났고 총 페놀 함량이 농도의존적으로 증가함을 알 수 있었다. 또한 추출용매에 따라 에



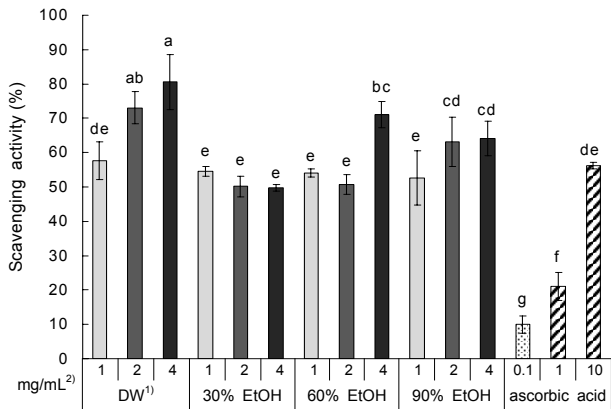
**Fig. 2.** Total polyphenol contents (mg/g) of *Pleurotus cornucopiae* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter on bars are not significantly different ( $P<0.05$ ). <sup>1</sup>DW: distilled water. <sup>2</sup>mg/mL: *Pleurotus cornucopiae* extracts powder dissolved in distilled water.

탄을 추출물에 비해 물 추출물에서 총 폴리페놀 함량을 많이 포함하고 있음을 알 수 있었다( $P<0.05$ ). Lee 등(20)의 연구 결과 민자주방망이버섯의 경우 총 페놀 함량이 추출용매에 따라 물보다 에탄올 추출물에서 페놀 함량이 더 높은 것으로 나타나 노랑느타리와는 다른 경향을 보였으며, 총 폴리페놀 함량이 약 10 mg/g으로 노랑느타리버섯의 페놀 함량이 약 2배 이상 더 많은 것을 알 수 있었다.

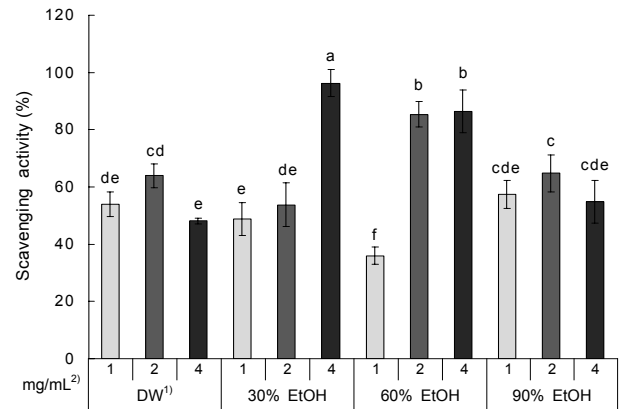
폴리페놀과 플라보노이드는 세포를 공격하는 유리라디칼(ROS, OH·, NO)의 산화작용을 억제, 소거하는 기능기를 포함하고 있다(21). 또한 Wang 등(22)에 의하면 DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀성 화합물의 함량은 밀접한 상관관계가 있음이 보고된 바 있다. 이에 근거하여 노랑느타리버섯의 전자공여능 활성에 따라 총 폴리페놀 함량을 많이 포함하고 있어 상관관계 성립을 예측할 수 있었다.

### SOD 유사활성

SOD는 세포내 활성산소를 과산화산소로 전환시키는 반응을 촉매는 효소이다. 이때 SOD에 의해 생성된 과산화수소는 catalase 또는 peroxidase에 의해 물과 산소 분자로 전환되는 효소 중 하나이다(23). Fig. 3은 노랑느타리버섯의 SOD 유사활성능을 측정된 결과이다. 실험 결과 노랑느타리버섯 추출물의 농도 의존적으로 SOD 유사활성능이 높은 경향을 보였고, 모든 추출용매별 유의적 차이 없이 약 50% 이상의 활성을 나타냄을 알 수 있었다. 표준물질인 1 mg/mL ascorbic acid와 비교한 결과 21.11%의 활성으로 노랑느타리 1 mg/mL의 SOD 유사활성능이 2배 이상 우수한 것으로 나타났다. 노루궁뎅이버섯의 경우(24) 본 실험과 같은 조건의 추출물의 SOD 유사활성이 77.01%로 노랑느타리버섯의 superoxide anion radical 소거능이 다소 떨어졌으나, standard인 ascorbic acid보다 우수하다는 같은 결과를 보였다.



**Fig. 3.** Superoxide anion radical scavenging activity of *Pleurotus cornucopiae* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter on bars are not significantly different ( $P<0.05$ ). <sup>1</sup>DW: distilled water. <sup>2</sup>mg/mL: *Pleurotus cornucopiae* extracts powder dissolved in distilled water.



**Fig. 4.** ACE inhibitory activity of *Pleurotus cornucopiae* extracts with extraction solvents. Data are expressed as mean±SD (n=3). Means with the same letter on bars are not significantly different ( $P<0.05$ ). <sup>1</sup>DW: distilled water. <sup>2</sup>mg/mL: *Pleurotus cornucopiae* extracts powder dissolved in distilled water.

**ACE 저해 활성**

ACE는 renin에 의해 생성된 decapeptide인 angiotensin I로부터 C-말단의 dipeptide를 가수분해 시켜 혈관수축 작용을 하는 octapeptide인 angiotensin II를 합성하는 단계에 관여하는 효소이다. 즉 ACE 작용억제는 혈관수축을 막고 체내 수분저류를 막아 혈압강하효과를 나타낸다(25). 노랑느타리버섯의 ACE 저해 활성 측정 결과는 Fig. 4와 같다. 모든 추출조건에서 ACE 저해 활성이 농도 의존적인 경향을 보이지 않았고, 1 mg/mL 노랑느타리 추출물의 경우 35.99~57.42%로 비교적 낮은 활성을 나타냈다. Song 등(26)의 능이버섯의 경우 52.89~57.63%의 활성으로 노랑느타리와 비슷하거나 다소 높은 ACE 저해 활성을 보였다.

나, 찔레영지버섯 추출물(27)은 12%대의 낮은 활성으로 노랑느타리버섯이 혈압강하작용에 효과가 우수할 것으로 판단된다.

**아질산염 소거작용**

아질산염은 식품이나 의약품 및 잔류 농약 등에 존재하는 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성한다. 이러한 amine류를 함유하고 있는 식품을 섭취하였을 때, 니트로화 반응으로 발암물질인 nitrosamine이 생성될 가능성이 매우 높고 특히 산성조건에서 쉽게 발생하는 것으로 알려져 있다(28,29). Table 1은 노랑느타리버섯의 아질산염 소거능을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 추출용매에 따라 60%

**Table 1.** Nitrite scavenging ability of *Pleurotus cornucopiae* extracts with extraction solvents

Solvent extraction condition	mg/mL <sup>2)</sup>	Nitrite scavenging ability (%)				
		pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.0	
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	DW <sup>1)</sup>	1	31.86±1.38 <sup>a</sup>	29.75±3.87 <sup>a</sup>	29.24±0.76 <sup>a</sup>	25.23±5.25 <sup>a</sup>
		2	31.52±2.93 <sup>b</sup>	38.04±2.92 <sup>a</sup>	31.45±1.06 <sup>b</sup>	25.23±2.72 <sup>c</sup>
		4	47.11±1.24 <sup>a</sup>	45.76±1.31 <sup>a</sup>	37.32±0.90 <sup>b</sup>	25.11±0.51 <sup>c</sup>
	30% EtOH	1	24.98±3.62 <sup>c</sup>	35.39±2.17 <sup>a</sup>	29.49±0.93 <sup>b</sup>	24.48±0.96 <sup>c</sup>
		2	30.66±3.99 <sup>ab</sup>	35.19±3.25 <sup>a</sup>	30.71±1.89 <sup>ab</sup>	26.88±2.17 <sup>b</sup>
		4	43.07±1.95 <sup>ab</sup>	49.22±3.23 <sup>a</sup>	38.71±3.02 <sup>b</sup>	27.63±4.68 <sup>c</sup>
	60% EtOH	1	24.18±0.69 <sup>b</sup>	36.56±2.29 <sup>a</sup>	28.56±1.14 <sup>b</sup>	25.02±4.00 <sup>b</sup>
		2	31.86±2.53 <sup>b</sup>	43.98±4.43 <sup>a</sup>	32.96±4.02 <sup>b</sup>	24.78±1.89 <sup>c</sup>
		4	45.62±2.78 <sup>ab</sup>	54.35±2.97 <sup>a</sup>	39.63±8.95 <sup>b</sup>	24.31±8.52 <sup>c</sup>
	90% EtOH	1	22.26±0.77 <sup>b</sup>	35.55±0.8 <sup>a</sup>	27.55±5.36 <sup>b</sup>	20.16±4.17 <sup>b</sup>
		2	28.61±1.28 <sup>b</sup>	40.88±1.06 <sup>a</sup>	28.2±1.58 <sup>b</sup>	24.33±1.47 <sup>c</sup>
		4	41.18±3.45 <sup>b</sup>	52.54±2.81 <sup>a</sup>	33.81±1.11 <sup>c</sup>	20.75±5.10 <sup>d</sup>
Ascorbic acid	0.1	6.25±1.49 <sup>a</sup>	6.33±1.00 <sup>a</sup>	5.27±2.11 <sup>a</sup>	0.19±0.54 <sup>b</sup>	
	1	24.81±5.19 <sup>a</sup>	21.53±12.11 <sup>ab</sup>	10.28±2.08 <sup>bc</sup>	2.24±1.40 <sup>c</sup>	
	10	61.33±0.21 <sup>a</sup>	63.97±0.51 <sup>a</sup>	57.11±1.72 <sup>b</sup>	36.58±3.19 <sup>c</sup>	

Data are expressed as means±SD (n=3).

Means with the same superscript in a row are not significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>1</sup>DW: distilled water.

<sup>2</sup>mg/mL: *Pleurotus cornucopiae* extracts powder dissolved in distilled water.

에탄올로 추출하였을 때 아질산염 생성 억제 능력에 가장 우수하였고, 이때 소거능은 1 mg/mL 농도일 때 36.56%로 나타났다. pH에 따라 산성에 가까울수록 아질산염 소거능이 높게 나타났으며 노랑느타리버섯의 경우 pH 3.0일 때 가장 우수한 경향을 보였다. 표준물질과 비교하였을 때 1 mg/mL의 ascorbic acid가 24.81%의 소거력을 보임에 따라 노랑느타리버섯의 아질산염 소거력이 우수함을 예측할 수 있었다. Kwon(30)의 노루궁뎅이버섯 경우 pH 1.2에서 82%의 높은 소거능을 보여주었으나, 버섯과 추출용매의 비율이 1:20이므로 본 연구에서 1:50 비율로 추출하였으므로 용매의 비율을 낮춘다면 노랑느타리도 노루궁뎅이버섯과 같이 높은 소거력을 보일 것으로 판단된다. 노랑느타리버섯은 낮은 산성조건에서 활성이 높게 나타났으므로 발암물질 생성 억제에 효과가 있는 것으로 사료된다.

## 요 약

노랑느타리버섯을 물, 30%, 60% 및 90% 에탄올로 추출용매를 달리하여 추출한 추출물을 각각 농도를 달리하여 항산화 및 생리활성을 측정하였다. 그 결과 DPPH radical 소거능은 각 추출물 농도가 1 mg/mL일 때 모든 추출조건에서 24.34~31.15%의 다소 낮은 활성을 보였다. 총 폴리페놀 함량은 에탄올 추출물에 비해 물 추출물이 더 많은 페놀을 함유하고 있었고 이때 물 추출물이 26.34 mg/g으로 가장 많았다( $P < 0.05$ ). SOD 유사활성 측정 결과 추출조건에 따른 경향은 보이지 않았으나, 표준물질인 ascorbic acid와 비교하였을 때 노랑느타리버섯의 활성이 2배 이상 높은 것으로 나타났다. ACE 저해 활성의 경우 에탄올 추출물의 활성이 높은 경향을 보였으나 모든 추출물이 35.99~57.42%로 비교적 낮은 활성을 보였다. 노랑느타리버섯의 아질산염 소거능 측정에서는 pH 3.0에서 높게 나타났고, 추출조건에 따라 60% 에탄올 추출물의 소거능이 가장 우수하였다. 이와 같이 노랑느타리의 다양한 항산화 및 생리활성을 기초자료로 한 천연물 유래의 기능성 소재 발굴 및 연구 활용이 가능할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Kim HS, Ha HC, Kim TS. 2003. Research and prospects in new functional mushroom—*Tremella fuciformis*, *Grofora frondosa*, and *Hypsizigus marmoreus*— . *Food Sci Ind* 36(4): 42-46.
- Yang HC, Song CH, Kweon MH. 1996. *Mycelial new material, food functional technology*. Hanlimwon, Seoul, Korea. p 187-189.
- Jo EK. 2012. Physiological and antioxidant activities of subcritical water extracts from gold oyster mushroom (*Pleurotus cornucopiae* Rolland var. *citrinopileatus*). *MS Thesis*. Kyungnam University, Changwon, Korea. p 38-39.
- Hossain S, Hashimoto M, Choudhury EK, Alam N, Hussain S, Hasan M, Choudhury SK, Mahmud I. 2003. Dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*) ameliorates atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 30: 470-475.
- Barrosa L, Baptistaa P, Correia DM, Casalb S, Oliveirab B, Ferreira ICFR. 2007. Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chem* 105: 140-145.
- Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. 1996. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 28: 464-469.
- Kim MS, Kim GH. 2010. Contents of nucleic acids (nucleosides and mono-nucleotides) in extracts of *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* and *Flammulina velutipes*. *Korean J Food & Nutr* 23: 376-380.
- Kim HJ, Bae JT, Lee JW, HwangBo MH, Im HK, Lee IS. 2005. Antioxidant activity and inhibitive effects on human leukemia cells of edible mushrooms extracts. *Korean J Food Preserv* 12: 80-85.
- Qi Y, Zhao X, Lim YI, Park KY. 2013. Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 655-662.
- Yoo BH. 2011. Production of  $\beta$ -glucan using mixed culture of mushroom mycelium and *Trichoderma koningii*. *MS Thesis*. Inje University, Gimhae, Korea. p 4-5.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1120.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *European J Biochem* 47: 468-474.
- Cushman DW, Chung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
- Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J Food Sci* 40: 981-984.
- Cho ML, Lee DJ, You SG. 2012. Radical scavenging activity of ethanol extracts and solvent partitioned fractions from various red seaweeds. *Ocean and Polar Research* 34: 445-451.
- Torel J, Cillard J, Cillard P. 1986. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochemistry* 25: 383-385.
- Kang HW. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory effect of extracts from *Flammulina velutipes* (Curis) singer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1072-1078.
- Kim HJ, Bae JT, Lee JW, Hwangbo 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.
- Lee YS, Joo EY, Kim NW. 2006. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Lepista nuda*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1309-1314.
- Qi Y, Zhao X, Lim YL, Park KY. 2013. Antioxidant and anticancer effects of edible and medicinal mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 655-662.
- Wang SY, Chang HN, Lin KT, Lo CP, Yang NS, Shyur LF. 2003. Antioxidant properties and phytochemical characteristics of extracts from *Lactuca indica*. *J Agric Food Chem* 26: 1506-1512.
- Ha JH, Jeong MH, Seo YC, Yong CW, Kim JS, Kim HH, Ahn JH, Lee HY. 2010. Enhancement of antioxidant activ-

- ities of bark of *Berberis koreana* Palibin by lactic acid fermentation. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18: 421-428.
24. Kim DH, Park SR, Debnath T, Hasnat MA, Mehnaz P, Lim BO. 2013. Evaluation of the antioxidant activity and anti-inflammatory effect of *Hericium erinaceus* water extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 21: 112-117.
  25. Cushman DW, Ondetti MA. 1980. Inhibitors of angiotensin-converting enzyme for treatment of hypertension. *Biochem Pharmacol* 29: 1871-1877.
  26. Song JH, Lee HS, Hwang JK, Han JW, Ro JG, Keum DH, Park KM. 2003. Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 172-179.
  27. 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.
  28. Park WM, Kim GH, Hyeon JW. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Korean J Mycol* 23: 275-283.
  29. Leaf CD, Vecchio AJ, Roe DA, Hotchkiss JH. 1987. Influence of ascorbic acid dose on N-nitrosoproline formation in humans. *Carcinogenesis* 8: 791-795.
  30. Kwon SC. 2011. Biological activities of ethanol extracts from *Hericium erinaceus* mycelium on *Angelica keiskei* and *Angelica keiskei* pomace. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1648-1653.