pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 31, No. 2, pp. 119~125 (2016)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2016.31.2.119

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

느타리버섯 추출물의 항산화 활성과 그 성분에 대한 연구

김민희 · 정은정 · 김용석*
전북대학교 식품공학과

Studies on the Antioxidative Activities and Active Components of the Extracts from *Pleurotus ostreatus*

Min-Hee Kim, Eun-Jeong Jeong, and Yong-Suk Kim*
Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 54896, Korea
(Received March 16, 2016/Revised March 19, 2016/Accepted March 21, 2016)

ABSTRACT - Antioxidative components and activities of the extracts from *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration were analyzed and their correlation were investigated. Ergothioneine, total phenolic compounds, and flavonoid contents of the extracts from *P. ostreatus* extracted with hot water (0% ethanol) were the highest (2.98 ± 0.05, 9.51 ± 0.45, and 2.83 ± 0.03 mg/g, respectively) and the contents were decreased according to increase of ethanol concentration for extraction. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the extracts from *P. ostreatus* extracted with hot water were the highest (80.41 ± 0.56 and 91.47 ± 0.11%, respectively). FRAP value also showed the highest reducing power by 8.86 ± 0.33 $FeSO_4$ eq. mM in hot water extracts. Positive correlations were found between ergothioneine contents and antioxidative active components and antioxidant activity of the extracts from *P. ostreatus.* Results indicate that hot water extraction was most efficient for the extracts with high antioxidative activities from *P. ostreatus.*

Key words : *Pleurotus ostreatus*, oyster mushroom, ergothioneine, phenolic compound, antioxidative

느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 담자균류 주름버섯목 느타리과의 버섯으로 갓 표면이 회백색에서 진한밤색, 검은색 등 계절과 환경, 조건에 따라 다양한 갓의 색을 띄고 있으며, 갓이 도톰한 것일수록 선도가 좋다[1]. 또한 필수아미노산, 비타민, 무기질 함량이 풍부하여 영양학적으로도 우수한 식품으로 인정받고 있으며, 고유의 특유한 맛과 향이 뛰어나고, 열량은 낮아 건강식품으로서 꾸준히 이용되고 있다[2]. 느타리버섯의 약리학적 효과에 관한 연구로는 항산화 효과, 항암 효과, 항고혈압, 항당뇨 효과 등의 결과가 밝혀져 있다[3,4].

최근 i*n vitro, in vivo* 상에서 느타리버섯의 항산화 효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[5]. 플라보노이드나 페놀산을 포함한 페놀성 화합물들은 항산화 활성을 지니고 있는 것으로 알려져 있는데, 느타리버섯의 항산화 활성도 이러한 페놀성 화합물에 기인하는 것으로 알려져 있다[6]. 이외에도 강력한 항산화 효과가 있는 성분인 ergothioneine이 버섯류에 풍부하게 함유되어 있음이 밝혀졌다. Ergothioneine은 담자균류 등의 균류에서만 주로 생합성되는 천연 아미노산으로 인체의 혈액, 간, 신장, 뇌, 중추 신경계, 골수 등에서도 발견되었다. 이 물질은 다른 식품 원료보다 버섯류에 많이 함유되어 있으며, 버섯류 중에서도 특히 느타리버섯에 많이 함유되어 있는데[7], ergothioneine은 인간이나 동물 및 고등식물 내에서는 생합성하지 못하며 버섯이나 육류로부터 흡수, 공급되어야 한다[8]. Ergothioneine의 항산화 기능에는 활성산소에 대한 직접적인 소거 작용[9]과 다양한 2가 양이온에 대한 착화합물 형성에 의한 항산화 작용[10], 인체에서 항산화 작용을 하는 효소의 활성 촉진 및 과산화물을 형성하는 효소의 활성 억제작용[11] 등이 있다. 또한 thiol과 thione의 이성질체 형태를 지니며 물에서는 주로 thione 형태로 존재해 thiol 형태로 존재하는 glutathione보다 산화에 안정한 형태를 지니고 있다[12].

따라서 본 연구에서는 에탄올의 농도에 따른 느타리버섯 추출물의 ergothioneine, total phenolic compounds, flavonoid 함량 등 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 조사하였으며, 이들 사이의 상관관계에 대하여 연구하였다.

*Correspondence to: Yong-Suk Kim, Department of Food Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 54896, Korea
Tel: 82-63-270-2567, Fax: 82-63-270-2572
E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr

Materials and Methods

원료

느타리버섯(품종: 장다리)은 2014년 4월에 (주)메트로비앤에프(임실, 전북)에서 공급받아 동결건조하여 분쇄한 후 500 μm 체를 이용하여 시료를 균질화하여 사용하였다.

추출물 조제

느타리버섯의 기능성 성분 추출을 위해 0, 25, 50, 75, 95% ethanol을 사용하여 추출하였다. 즉 느타리버섯 동결건조분말 5 g에 각 추출 용매 200 mL를 첨가하여 80°C에서 3시간 동안 환류냉각법으로 추출한 다음 여과지(Whatman No. 2, Springfield Mill, Maidstone, Kent, England)로 감압여과하여 200 mL volumetric flask에 정용한 후 분석을 위한 추출물로 사용하였다.

Ergothioneine 함량 분석

느타리버섯 추출물의 ergothioneine 함량 분석을 위하여 추출물을 sep-pack C18 cartridge (Waters, Milford, MA, USA)로 색소 및 단백질성분을 제거한 후 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 정량하였다. 컬럼은 Shodex Shim-pack GIS-ODS 5 μm (4.6 mm × 250 mm)를 사용하였고, 컬럼 온도는 35°C, 유속은 0.7 mL/min, 이동상은 3% acetonitrile이 포함된 50 mM dibasic sodium phosphate (0.1% triethylamine으로 pH 7.3 조절)을, 검출기는 UV detector (λ = 254 nm, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다.

Total phenolic compounds 함량 분석

Total phenolic compounds는 Kim 등[13]의 방법을 응용하여 분석하였다. 즉 추출물 0.25 mL에 Folin Ciocalteu's phenol reagent (Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan) 0.75 mL를 첨가하여 5분 동안 반응시킨 다음 7.5% Na_2CO_3 2 mL와 증류수 7 mL를 첨가하였다. 암소에서 1시간 동안 반응시켜 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하였다.

Flavonoids 함량 분석

Total flavonoid 함량은 Lee 등[14]의 방법에 준하여 분석하였다. 추출물 1 mL에 2% $AlCl_3$ 1 mL를 첨가한 후 실온에서 10분간 안정화시킨 다음 415 nm에서 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co.)를 사용하여 흡광도를 측정하여 구하였다. Quercetin (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하여 표준곡선을 작성하고 total flavonoid 함량을 구하였다.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능 측정

추출물 0.1 mL에 0.15 mM DPPH ethanol 용액 1.0 mL를 혼합한 후 암소에서 30분간 반응시킨 다음 517 nm에서 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 공시험은 각 추출 용매를 사용하여 동일한 방법으로 분석하였다[15].

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Absorbance of sample at 517 nm after 30 min}}{\text{Absorbance of control at 517 nm after 30 min}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능 측정

추출물 10 μL에 ABTS 라디칼 용액 990 μL를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 용액은 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt)에 2.45 mM potassium persulfate를 첨가하여 최종농도가 2.45 mM $ABTS^{+\cdot}$ 라디칼이 되도록 만들어 암소에서 12시간 이상 보관한 후 10 mM phosphate buffered saline (pH 7.4)을 이용하여 734 nm에서 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 흡광도가 0.70 ± 0.02가 되도록 희석해서 측정 시 사용하였다[16].

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Absorbance of sample at 734 nm after 30 min}}{\text{Absorbance of control at 734 nm after 30 min}}\right) \times 100$$

Ferric reducing antioxidant power 측정

Ferric reducing antioxidant power 측정은 Benzie & Strain 등[17]의 방법에 준하여 분석하였다. 환원력의 측정을 위하여 기질 용액은 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl-*S*-triazine)용액 및 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 미리 혼합한 다음 37°C 수욕상에서 가온한 것을 사용하였다. 추출물 25 μL를 차례로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 ELISA micro reader (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SAS (statistical analysis system)통계 package[18]를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, ANOVA 분석(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다. 모든 항목에 대한 상관관계를 알아보기 위해 SPSS 12.0 (Statistical package for social sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)로 유의성 검증을 하였다.

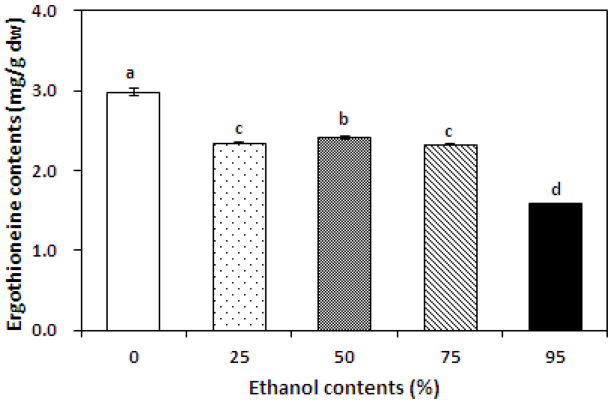

Fig. 1. Ergothioneine contents of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-d]indicate statistically significant differences in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

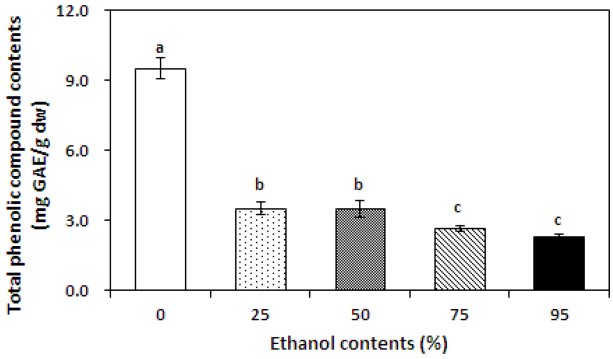

Fig. 2. Total phenolic compound contents of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-c]indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

Results and Discussion

Ergothioneine 함량

느타리버섯 에탄올 추출물의 ergothioneine 함량은 Fig. 1과 같다. 물 추출물의 ergothioneine 함량은 2.98 ± 0.05 mg/g으로 가장 높았고, 95% 에탄올 추출물에서는 1.58 ± 0.01 mg/g의 가장 낮은 함량을 보여 에탄올의 농도가 높아질수록 ergothioneine의 함량은 낮았다. 이러한 결과는 ergothioneine이 수용성 물질로서 물에 더 잘 용출되어 나오기 때문으로 생각된다. Chen 등[19]은 지역별 느타리버섯을 70% 에탄올로 추출하여 ergothioneine 함량을 측정한 결과 일본산 느타리버섯은 0.94 ± 0.04 mg/g의 함량을 보였고, 국내 느타리버섯은 1.83 ± 0.05 mg/g의 함량을 나타냈다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다. 또한 Ito 등[7]은 일본산 느타리버섯을 열수 추출하여 1.98 ± 0.04 mg/g의 함량이 나왔다고 보고하였는데, 이는 지역별 느타리버섯의 품종에 따른 함량 차이 때문인 것으로 생각되며, Chen 등[19]의 일본산 느타리버섯의 에탄올 추출 결과와 비교하였을 때 열수 추출한 ergothioneine 함량이 2배 정도 높은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 느타리버섯의 ergothioneine 추출은 열수추출이 적합한 것으로 판단된다.

Total phenolic compounds 함량

Phenolic compounds은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 항산화, 항균활성 등의 생리활성 기능을 나타내며 일반적으로 페놀성 화합물이 항산화 활성을 나타내는 물질로 작용하는 것으로 알려져 있다[20,21].

느타리버섯의 total phenolic compounds의 함량(Fig. 2)은 물 추출물에서 9.51 ± 0.45 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타냈고, 에탄올 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 느타리버섯의 total phenolic compounds 중 수용성 phenolic compounds 성분이 더 많은 함량을 차지하기 때문으로 생각된다. Govindan 등[22]의 연구에서 느타리버섯의 total phenolic compounds 함량은 물 추출물에서 8.77 ± 0.22 mg/g의 함량을 나타냈고, 메탄올 추출물은 7.17 ± 0.22 mg/g의 함량을 나타내 본 연구결과와 함량의 차이는 있었으나 유사한 경향을 보였다.

Flavonoids 함량

버섯류에는 catechin, quercetin, rutin, narginin 등의 flavonoid 성분이 함유되어 있는데, 버섯류의 flavonoid는 금속이온의 킬레이트, tyrosinase inhibition 등의 천연 항산화제로서의 역할을 한다[23,24]. Flavonoids 함량을 분석하기 위해 에탄올의 농도별로 추출하였다. 느타리버섯의 flavonoids 함량 분석 결과(Fig. 3) ergothioneine 및 total phenolic compounds 함량과 마찬가지로 물 추출물에서 2.83 ± 0.03 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 에탄올의 농도가 높아질수록 flavonoids 함량은 감소하였다. Hong 등[6]의 연구에서 느타리버섯을 상온에서 80% 메탄올로 추출하였을 때 flavonoid 함량은 0.56 ± 0.02 mg/g을 나타냈고, Woldegiorgis 등[25]의 연구에서도 상온에서 느타리버섯의 메탄올 추출 시 0.64 ± 0.04 mg/g의 함량을 나타냈다. Wong 등[26]의 연구에서 큰느타리버섯에 90% 에탄올로 40°C, 48시간 추출 시 0.48 ± 0.04 mg/g 함량을 나타내 각 용매별 온도별 차이에 의한 결과로 판단된다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 그 자체로 매우 안정한 유리 라디칼로 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 전자를 내어주면서 라디칼(DPPH)이 소멸되어 처음의 보라색에서 노란색으로 색깔이 변하게 되어 항산화 활성을 측정하는 방법이다[27].

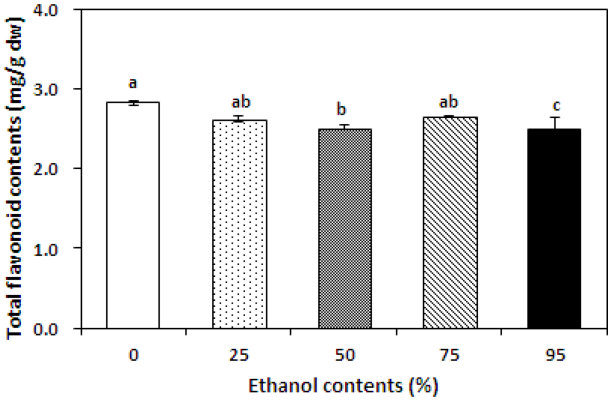

Fig. 3. Total flavonoid contents of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-c]indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

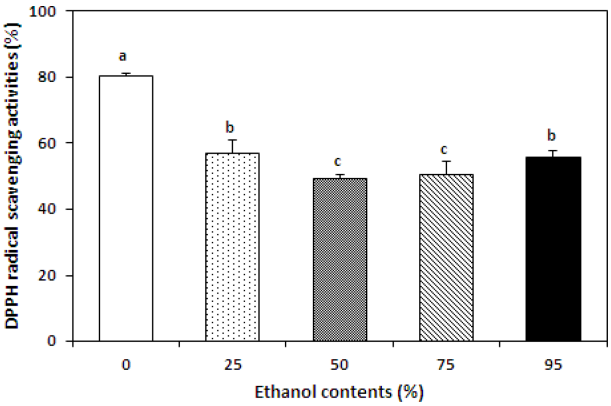

Fig. 4. DPPH radical scavenging activities of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-c]indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

느타리버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과(Fig. 4) 에탄올 함량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능은 감소하였으며 물 추출물이 80.41 ± 0.56%로 소거능이 가장 높았다. Cheung 등[28]은 표고버섯을 메탄올 추출하였을 때 6 mg/mL 농도에서 25.80 ± 0.32%의 소거능을 보였고, 동일한 농도의 물 추출물에서 55.40 ± 2.80%의 소거능을 보여 메탄올 추출물에 비하여 물 추출물이 우수한 소거능을 나타냄을 확인하였다. 느타리버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 앞에서 분석된 ergothioneine, total phenolic compounds 함량과 일관된 경향을 보여 ergothioneine과 total phenolic compounds의 함량과 항산화 활성이 밀접한 관계가 있는 것을 확인할 수 있었다.

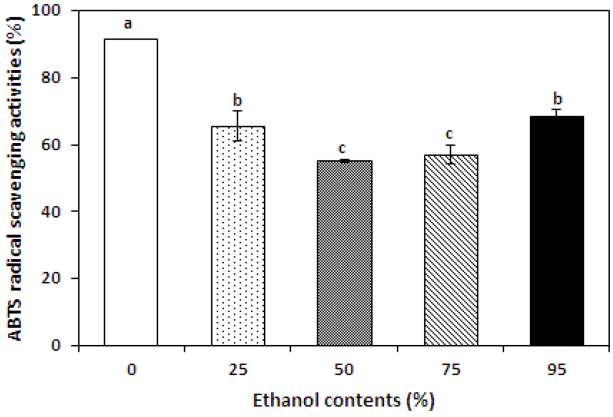

Fig. 5. ABTS radical scavenging activities of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-c]indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS· cation free radical이 항산화력을 지닌 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 상대적으로 측정하는 방법이며, 이는 hydrogen-donating antioxidants와 chain breaking antioxidants 모두를 측정할 수 있고, aqueous phase와 organic phase 모두에 적용이 가능하며, 표준물질의 사용으로 추출물간 상대비교가 가능하다는 장점을 지니고 있다[29]. DPPH는 자유 라디칼을 소거하는 반면에 ABTS는 양이온 라디칼을 소거하는 방법으로 서로 차이를 나타내며 두 기질과 반응물과의 결합 정도에 따라서 라디칼 제거에 대한 활성능력에 차이를 두고 있다[30].

느타리버섯 추출물의 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과(Fig. 5) 물로 추출하였을 때 91.47 ± 0.11%로 가장 높은 소거능을 보였고, 에탄올 추출에서는 55.19 ± 0.59-68.34 ± 2.25%의 소거능을 보였다. 에탄올 추출물은 에탄올 농도가 높아질수록 감소하다가 에탄올 50% 이상에서는 오히려 에탄올 농도가 높아짐에 따라 증가하였다. Hong 등[6]의 연구에서 느타리버섯에 80% 메탄올로 1시간 상온 추출한 느타리버섯의 ABTS 라디칼 소거능이 78.5 ± 0.40-88.3 ± 1.10%를 나타내 물 추출보다는 낮으나 에탄올 추출과 비교하여 높은 소거능을 보였고, Kim 등[31]은 인삼을 0, 25, 75, 95% 에탄올 농도별로 boiling하여 추출한 결과, 물 추출물이 85%이상의 소거능을 보였고, 에탄올 추출 농도가 낮아질수록 ABTS 라디칼 소거능이 감소하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타냈다.

Ferric reducing antioxidant power

Ferric reducing antioxidant power는 낮은 pH에서 항산

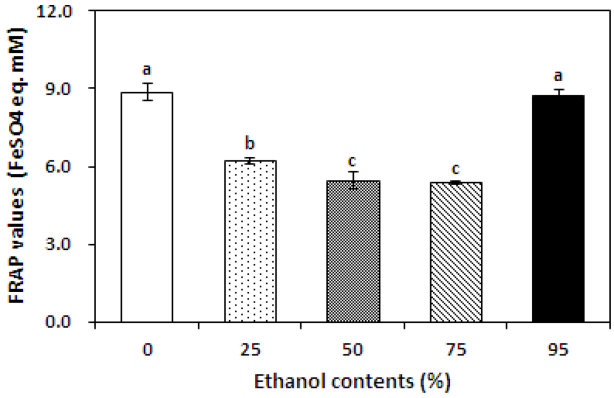

Fig. 6. Ferric reducing antioxidant power of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration. [a-c]indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) in the different ethanol concentration. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Data were analyzed using one-way ANOVA followed by post-hoc test for multiple comparisons.

화제에 의해 Fe^{3+}-TPTZ가 Fe^{2+}-TPTZ로 환원되는 환원력을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법이다[32].

느타리버섯 추출물의 fesrric reducing antioxidant power를 측정한 결과(Fig. 6) 물 추출물에서 8.86 ± 0.33 $FeSO_4$ eq. mM의 값을 나타냈고, 25~75% 에탄올 범위에서는 에탄올 농도가 증가함에 따라 ferric reducing antioxidant power 값이 감소하는 경향을 보였으나, 95% 에탄올 추출물에서는 8.72 ± 0.22 $FeSO_4$ eq. mM의 높은 함량을 보였다. 이는 Pornariya 등[33]의 연구에서 느타리버섯의 물 추출물이 4.38 $FeSO_4$ eq. mM의 함량을 보였고, 95% 에탄올 추출물에서 1.61 $FeSO_4$ eq. mM의 함량을 보인 결과와 비교하였을 때, 물 추출이 에탄올 추출에 비해 높은 환원력을 보인 것과 유사한 경향을 보였다.

항산화성분 및 항산화활성의 상관관계

느타리버섯 추출물의 항산화성분과 항산화활성 간의 상관관계를 분석한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 느타리버섯추출물의 ergothioneine은 total phenolic compounds와 flavonoid는 0.818, 0.837로 높은 정의 상관관계를 나타냈으며, DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능은 0.614, 0.483으로 비교적 높은 정의 관계를 나타냈으나, FRAP 값(–0.061)과는 아주 낮은 부의 관계를 나타내었다. 이는 느타리버섯에 존재하는 ergothioneine의 함량이 total phenolic compounds와 flavonoid와 같은 항산화성분 및 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성과 관계가 있음을 나타낸다. Total phenolic compounds와 DPPH 라디칼 소거능의 경우 0.941($p < 0.05$)로 아주 높은 정의 상관관계를 나타내었으며, ABTS 라디칼 소거능과 0.883($p < 0.05$)로 높은 정의 상관관계를 나타내었다. 이는 Hong 등[6]과 Lee 등[34]이 연구한 시판 버섯 및 차가버섯 물추출물의 총페놀 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능의 상관관계와 비슷한 결과로 나타났으며, 버섯의 항산화활성은 total phenolic compounds 함량과 상관관계가 있음을 확인하였다.

따라서 느타리버섯을 물로 추출했을 때 항산화 활성 성분의 함량 및 항산화 활성이 가장 높게 나타났으며, 주성분인 ergothioneine의 함량과 DPPH 및 ABTS라디칼 소거능 사이에 비교적 높은 상관관계를 나타내었다.

국문 요약

느타리버섯을 기능성 식품 소재로 활용하기 위해 에탄올 추출 농도에 따라 느타리버섯의 기능성 성분인 ergothioneine, total phenolic compounds 및 flavonoid 함량 측정과 항산화 활성을 시험하였다. 물 추출물(에탄올 0%)의 ergothioneine과 total phenolic compounds 및 flavonoid 함량이 각각 2.98 ± 0.05 mg/g, 9.51 ± 0.45 mg/g, 2.83 ± 0.03 mg/g으로 가장 높았고, 에탄올 농도가 높아짐에 따라 그 함량은 감소하는 경향을 보였다. 항산화 활성을 측정한 결과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 물 추출물에서 각각 80.41 ± 0.56%, 91.47 ± 0.11%로 가장 높은 활성을 나타냈고, FRAP 값도 물 추출물이 8.86 ± 0.33 $FeSO_4$ eq. mM로 가장 높은 환원력을 나타냈다. 느타리버섯 추출물의 ergo-

Table 1. Correlation coefficients (r) among extraction ergothioneine, total phenolic compound and flavonoid, DPPH and ABTS scavenging activity, and FRAP values of *Pleurotus ostreatus* extracted at different ethanol concentration

	Ergothioneine	Total phenolic compound	Total flavonoid	DPPH scavenging activity	ABTS scavenging activity	FRAP value
Ergothioneine	1.000	-	-	-	-	-
Total phenolic compound	0.818	1.000	-	-	-	-
Total flavonoid	0.837	0.852	1.000	-	-	-
DPPH scavenging activity	0.614	0.941*	0.814	1.000	-	-
ABTS scavenging activity	0.483	0.883*	0.734	0.988**	1.000	-
FRAP values	–0.061	0.522	0.269	0.797	0.831	1.000

+, positive correlation; -, negative correlation; *$p < 0.05$; **$p < 0.01$

thioneine은 total phenolic compounds (r = 0.818)와 flavonoid (r = 0.837)와 높은 상관관계를 나타냈으며, DPPH (r = 0.614) 및 ABTS라디칼 소거능(r = 0.483)과 비교적 높은 상관관계를 나타내어 항산화성분 및 항산화활성과 관계가 있음을 확인하였다. 따라서 느타리버섯의 기능성 성분과 항산화 활성은 물로 추출하는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

References

1. Chung K.M., An H.J.: Effects of oyster mushroom on quality of *Sulgidduk* and *Gyeongdan*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 1294-1300 (2012).
2. Ryu H.S.: Enhancing effect of *Pleurotus ostreatus* extracts on mouse spleen and cytokine cells activation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 603-608 (2014).
3. Um S.N., Jin G.E., Park K.W., Yu1 Y.B., Park K.M.: Physiological activity and nutritional composition of *Pleurotus* species. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**, 90-96 (2010).
4. Park M.H., Kil K.J., Lee B.W.: Anti-cancer activity of *Lentinus edoeds* and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 702-708 (1998).
5. Jayakumar T., Thomas A., Sheu J.R., Geraldine P.: *In-vitro* and *in-vivo* antioxidant effects of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Food Res. Intr.* **44**, 851-861 (2011).
6. Hong M.H., Jin Y.J., Pyo Y.H.: Antioxidant properties and ubiquinone contents in different parts of several commercial mushrooms. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 1235-1241 (2012).
7. Ito T., Kato M., Tsuchida H., Harada E.: Ergothioneine as an anti-oxidative/anti-inflammatory component in several edible mushrooms. *Food Sci. Technol. Res.* **17**, 103-110 (2011).
8. Grundemann D., Harlfinger S., Golz S., Geerts A., Lazar A., Berkels R., Jung N., Rubbert A., Schomig E.: Discovery of the ergothioneine transporter. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* **102**, 5256-5261 (2005).
9. Hand C.E., Taylor N.J., Honek J.F.: Ab initio studies of the properties of intracellular thiols ergothioneine and ovothiol. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **15**, 1357-1360 (2005).
10. Grigat S., Harlfinger S., Pal S., Striebinger R., Golz S., Geerts A., Lazar A., Schömig E., Grundemann D.: Probing the substrate specificity of the ergothioneine transporter with methimazole, hercynine, and organic cations. *Biochem. Pharmacol.* **74**, 309-316 (2007).
11. Misiti F., Castagnola M., Zuppi C., Giardina B., Messana I.: Role of ergothioneine on *S*-nitrosoglutathione catabolism. *Biochem. J.* **356**, 799-804 (2001).
12. Hartman P.E.: Ergothioneine as antioxidant. *Methods in Enzymol.* **186**, 310-318 (1990).
13. Kim M.H., Kim S.Y., Ko J.M., Jeong D.Y., Kim Y.S.: Biological activities of cheonggukjang prepared with several soybean cultivars. *Food Sci. Biotechnol.* **21**, 475-483 (2012).
14. Lee J.N., Kim H.E., Kim Y.S.: Anti-diabetic and anti-oxidative effects of *Opuntia humifusa* cladodes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 661-667 (2014).
15. Kim H.E., Kim Y.S.: Biological activities of fermented soybean paste (*Doenjang*) prepared using germinated soybeans and germinated black soybeans during fermentation. *Food Sci. Biotechnol.* **23**, 1533-1540 (2014).
16. Arts M.J., Haenen G.R., Voss H.P., Bast A.: Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem. Toxicol.* **42**, 45-49 (2004).
17. Benzie I.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.* **239**, 70-76 (1996).
18. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. ver. 6. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990).
19. Chen S.Y., Ho K.J., Hsieh Y.J., Wang L.T., Mau J.L.: Contents of lovastatin, γ-aminobutyric acid and ergothioneine in mushroom fruiting bodies and mycelia. *Food Sci. Technol.* **47**, 274-278 (2012).
20. Durkee A.B., Thivierge P.A.: Ferulic acid and other phenolics in oat seeds. *J. Food Sci.* **42**, 551-558 (1977).
21. Kozlowska H., Rotkiewicz D.A., Zadernowski R., Sosulski F.W.: Phenolic acids in rapeseed and mustard. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **60**, 1119-1131 (1983).
22. Govindan S., Sabapathy V., Rajan B.I.S., Ponnusamy L.: Antioxidant activity of various extracts from an edible mushroom *Pleurotus eous*. *Food Sci. Biotechnol.* **21**, 661-668 (2012).
23. Kim D.H., Park J.Y., Kim J.H., Han C.K.: Flavonoids as mushroom tyrosinase inhibitors: a fluorescence quenching study. *J. Agric. Food Chem.* **54**, 935-941 (2006).
24. Palacios I., Lozano M., Moro C., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Martinez J.A., Garcia A., Guillamon E., Villars A.: Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chem.* **128**, 674-678 (2011).
25. Woldegiorgis A.Z., Abate D., Haki G.D., Ziegler G.R.: Antioxidant property of edible mushrooms collected from Ethiopia. *Food Chem.* **157**, 30-36 (2014).
26. Wong F.C., Chai T.T., Tan S.L., Yong A.L.: Evaluation of bioactivities and phenolic content of selected edible mushrooms in Malaysia. *Tropical J. Pharmaceutical,* **12**, 1011-1016 (2013).
27. Blois M.S.: Antioxidant determination**s** by the use of astable free radical. *Nature,* **181**, 1199-1200 (1956).
28. Cheung L.M., Cheung C.K., Ooi E.C.: Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.* **81**, 249-255 (2003).
29. Yoo K.M., Kim D.O., Lee C.Y.: Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food Sci. Biotechnol.* **16**, 177-182 (2007).
30. Andrzej L., Olszowy D.M.: The importance of solvent type in estimating antioxidant properties of phenolic compounds by ABTS assay. *Eur. Food Res. Technol.* **236**, 1099-1105 (2013).
31. Kim Y.C., Cho C.W., Rhee Y.K., Yoo K.M., Rho J.H.: Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**, 1482-1485 (2007).
32. Kim J.H., Jeong C.H., Choi J.G., Kwak J.K., Choi S.G., Heo

H.J.: Antioxidant and neuronal cell protective effects of methanol extract from *Schizandra chinensis* using an *in vitro* system. *Korean J. Food Sci. Technol.* **41**, 712-716 (2009).
33. Pornariya C., Kanok O.I.: Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju. J. Sci. Soc. Thailand,* **35**, 326-331 (2009).
34. Lee S.O., Kim M.J., Kim D.G., Choi H.J.: Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inontus obliquus. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 139-147 (2005).