

국내 수집 야생버섯류 추출물의 생리활성 비교

안기홍 · 한재구 · 김옥태 · 조재한*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

Evaluation of biological activities of extracts of Korean wild mushrooms

Gi-Hong An, Jae-Gu Han, Ok-Tae Kim, and Jae-Han Cho*

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Chungbuk, Korea

ABSTRACT: The aim of the study was to obtain the extracts of various native wild mushrooms and select the useful resources through biological activity evaluation. The anti-oxidant potential, nitrite scavenging activity, and β -glucan content of wild mushrooms collected from Eumseong and Bonghwa in Korea were investigated. Based on the results of this study, *Ganoderma lingzhi* (OK1362) showed the highest DPPH radical scavenging activity (73.2%), ferric reducing anti-oxidant power (0.134), reducing power (0.155), nitrite scavenging activity (53.6%), total polyphenol content (28.9 mg GAE/g), flavonoid content (10.0 mg QE/g), and β -glucan content (25.2%) when compared to other wild mushrooms sampled in this study. In addition, it was confirmed that *Perenniporia fraxinea* (OK1360), *Amanita* sp. (OK1398), and *Russula* sp. (OK1406) had relatively high anti-oxidant and nitrite scavenging potentials. In conclusion, our results can provide fundamental data for extracting beneficial compounds from wild mushrooms.

KEYWORDS: Anti-oxidant activity, β -glucan content, Nitrite scavenging activity, Wild mushrooms

서론

전 세계적으로 버섯종은 약 14,000여 종으로 보고되고 있으며(Krik *et al.*, 2001), 국내에 자생하는 야생버섯은 총 1,900여 종으로 알려져 있다. 그 중 식용 가능한 버섯은 약 400종에 불과하다(Noh *et al.*, 2009). 이들 중 현재 상업적으로 재배되는 버섯은 몇 종에 지나지 않으며, 대

부분 목재부후균으로서 느타리, 팽이, 표고, 양송이 등이 대표적이며 이와 같은 농산버섯류의 재배기술 및 육종연구를 통한 신품종 개발 등과 관련된 연구가 집중되고 있어서 국내 자생하는 야생버섯류들을 포함한 다양한 버섯 유전자원에 대한 평가를 통한 새로운 품목개발이 시급하다(An *et al.*, 2019).

버섯은 일반적으로 가정식 요리의 부재료로 이용될 뿐 그 이상의 가치에 대하여 인식이 부족한 실정이다. 하지만 버섯은 식품학적 가치 이외에도 여러 유용한 생리활성 성분들을 함유하고 있을 뿐만 아니라 약리적 효능 등이 있는 것으로 알려져 있다. 대표적으로 인체 내의 활성산소의 유리기를 제거하고 산화와 항산화의 균형을 유지하여 산화적 스트레스로부터 인체를 보호하는 항산화 활성과 염증반응을 억제하고 정상적인 면역세포의 기능을 활성화 하여 암세포의 증식과 재발억제 등의 효능들이 밝혀져 있다(Kang *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2013; Nguyen *et al.*, 2013). 또한 영지(불로초), 변대기동충하초, 차가버섯, 상황(목질진흙버섯), 노루궁뎅이 등의 약용버섯 추출물은 항염, 암세포 성장 억제, 항당뇨 뿐만 아니라 콜레스테롤 감소, 역류성 식도염에도 우수하다고 알려져 있다(Barros *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2015; Manzi *et al.*, 2001; Park

J. Mushrooms 2021 March, 19(1):41-50
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2021.19.1.41>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Gi-Hong An(Postdoctoral Researcher), Jae-Gu Han(Researcher),
 Ok-Tae Kim(Senior Researcher), Jae-Han Cho(Researcher)
 *Corresponding author
 E-mail : limitcho@korea.kr
 Tel : +82-43-871-5731, Fax : +82-43-871-5702

Received February 24, 2021
 Revised March 21, 2021
 Accepted March 26, 2021

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

et al., 2018; Qi *et al.*, 2013). 최근에 들어서 성인병 등과 같은 여러 질병에 대한 예방차원에서 다양한 천연물에 대한 관심이 증가하고 있으며, 그 중 버섯의 항산화 효능, 항암활성, 면역증강 등의 약리적 효과 등에 주목하여 버섯이 지니고 있는 생리활성 성분과 기능성 성분을 이용하기 위한 여러 연구들이 활발히 진행 중에 있다(Barros *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2014; Manzi *et al.*, 2001).

국내 자생하는 야생버섯류 중에서도 여러 우수한 생리활성 효능을 지닌 잠재적 우수자원이 탐색될 수 있으리라 추측되며, 국내 자생 야생버섯 수집을 통하여 토종 버섯 자원의 확보와 여러 생리활성 성분 평가를 통한 다양한 기능성 소재로서의 품목 개발은 현재 정체되어 있는 국내 버섯 소비시장을 확대하기 위한 중요한 전략 중의 하나라고 사료된다(An *et al.*, 2019).

본 연구의 야생버섯은 균근성 버섯인 송이의 생태적 특성조사 일환으로 경상북도 봉화군의 송이자생지 주위에서 발생하는 야생버섯과 국립원예특작과학원 인삼특작부 인근 소나무 산지 일대에서 수집하였다. 이렇게 각 지역에서 수집한 야생버섯을 대상으로 여러 생리활성 성분 중에서 비교적 빠르고 정확하게 분석이 가능한 항산화 활성, 베타글루칸 함량에 대한 분석을 기본 평가기준으로 설정하여 분석을 수행하였다. 더 나아가 지속적으로 야생버섯에 대한 평가를 진행하여 국내에서 자생하는 야생버섯류의 추출물을 확보하고 생리활성 성분분석의 축적된 데이터를 바탕으로 이 중에서 선발된 우수 버섯자원을 이용한 새로운 천연물 유래 생리활성 물질 활용 가능성에 대한 기초자료를 제시하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

국내 야생버섯 수집

국내 야생 버섯자원은 2020년 7~8월에 경상북도 봉화군 법전면 어지리의 이십이골산(36°55'14.2N, 128°56'47.2E), 충청북도 음성군 소이면(36°56'26.4N, 127°45'20.8E)의 소나무가 우점하는 야산에서 수집하였다. 각 자생지에서 수집된 야생버섯은 10종으로 Fig. 1과 같다. 각 야생버섯은 현장에서 형태적 검경을 실시하였고, 보다 정확한 동정을 위하여 gDNA를 추출하여 균류 특이적 증폭 프라이머인 ITS1F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3')와 ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') 프라이머를 이용하여 PCR을 수행한 후 염기서열 분석 후 NCBI Blast를 통한 분자적 동정을 수행하였다(Table 1). 확보한 샘플은 분자적 동정과 생리활성 성분분석에 이용하였으며, 건조표본은 국립원예특작과학원 버섯자원관리동에 보존 처리하였다.

추출용매별 분석용 시료 제조

수집된 버섯시료는 열풍건조한 후 건조시료 5 g을 시료

의 20배(V/W)의 70% 발효주정 100 ml을 가하여 실온에서 24시간 추출하였다. 추출액은 원심분리하여 흡입 여과하였으며, 여과액을 회전감압농축기(EYELA, Japan)를 이용하여 농축하였다. 농축된 버섯시료는 최종 1 mg/ml로 희석하여 각 분석에 이용하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정(DPPH radical-scavenging activity)

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거활성은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 항산화 효능에 주로 이용되는 DPPH는 분자 내 라디칼을 함유하고 있어 polyhydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류 등에 의해 환원되며 이때 라디칼이 소거되어 짙은 자색이 탈색되는 정도를 흡광도를 이용하여 측정하였다. 99.9% methanol에 녹인 0.2 mM DPPH solution 0.1 ml에 각 추출물 0.1 ml을 넣고 10초간 혼합하였다. 그리고 빛을 차단한 상태에서 30분간 상온에서 반응시킨 뒤 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 첨가구와 비첨가구의 흡광도를 백분율(%)로 나타내었다.

철 환원 항산화능 측정(FRAP, Ferric-reducing antioxidant power)

FRAP (Ferric-reducing antioxidant power) 측정은 Benzie and Stain (1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 환원력을 측정하기 위해서 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) 용액, 20 mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합한 뒤 37°C 항온수조에서 가온한 것을 FRAP reagent로서 사용하였다. 버섯추출물 200 μl (1 mg/ml)에 위의 준비된 FRAP reagent 3.0 ml를 혼합한 뒤에 37°C에서 30분간 반응시킨 후 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 흡광도 593 nm로 측정하였다. 분석한 결과는 absorbance of 593 nm로 표시하였다.

환원력 측정(Reducing power)

환원력 측정은 potassium ferricyanide법을 이용한 Oyaizu (1986)의 방법을 이용하여 측정하였다. 각 버섯 추출물 1.0 ml (1 mg/ml)에 200 mM phosphate buffer (pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide 용액을 각각 2.5 ml씩 차례로 첨가하여 교반한 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응액은 10% trichloroacetic acid 2.5 ml을 가하여 3,500 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액 2.5 ml에 증류수 2.5 ml과 ferric chloride 용액 0.5 ml을 첨가하여 혼합한 후 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이

용하여 흡광도 700 nm로 측정하였다. 분석한 결과는 absorbance of 700 nm로 표시하였다.

아질산염 소거능 측정(Nitrite-scavenging activity)

아질산염 소거능은 Gray와 Dugan (1975)의 방법으로 측정하였다. 1 mM NaNO₂ 0.1 ml에 각 버섯 추출물 0.2 ml를 가하고 여기에 pH 1.2로 조정된 0.1 N HCl 1 ml을 넣고 37°C에서 1시간 작용시켰다. 그 이후 2% acetic acid 5 ml과 30% acetic acid에 1% sulfanilic acid를 녹인 용액인 Griess A와 30% acetic acid에 1% 1-naphthylamine을 녹인 용액 Griess B를 1:1비율로 혼합한 용액을 0.4 ml 가하여 혼합하였다. 이를 상온에서 15분 간 암반응 시킨 후 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 흡광도 520 nm로 측정하고 추출액의 첨가 전후에 잔존하는 아질산염량을 구하여 백분율(%)로 표기하였다.

총 폴리페놀 함량 측정(Total polyphenol contents)

총 폴리페놀함량은 Folin-Denis (1912) 방법에 의하여 측정하였다. 각 버섯 추출물 0.1 ml에 folin-denis reagent 0.02 ml를 가하고 3분간 정치시켰다. 그 후 1% Na₂CO₃ 0.16 ml을 첨가하고 잘 혼합한 뒤에 45분 간 암반응 시킨 후 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 포함된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid (Sigma-Aldrich)의 표준곡선에 시료의 흡광도 측정값을 대입하여 농도를 결정하였으며 mg GAE/g으로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정(Total flavonoid contents)

총 플라보노이드 함량은 Xu and Chang (2007) 방법에 의하여 측정하였다. 각 버섯 추출물 0.25 ml에 증류수 1.25 ml을 첨가한 후 5% sodium nitrite 75 μl를 혼합하여 반응시켰다. 반응액은 실온에서 6분 동안 반응시킨 후 10% aluminium nitrate 150 μl를 첨가하고 5분 동안 반응시켰다. 반응액은 1 M NaOH 0.5 ml와 증류수 2.5 ml을 첨가하고 혼합한 뒤 상온에서 10분간 정치한 후 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 포함된 총 플라보노이드 함량은 quercetin (Sigma-Aldrich)의 표준곡선에 시료의 흡광도 측정값을 대입하여 농도를 결정하였으며 mg QE/g으로 나타내었다.

베타글루칸 함량분석(β-glucan contents)

수집된 버섯의 건조시료에 대한 베타글루칸 함량은 Megazyme Kit (Mushroom and Yeast β-glucan Assay Procedure K-YBGL)을 이용하여 분석하였다. 흡광도 510 nm에서 측정된 토탈글루칸(total glucan)과 알파글루칸(α-glucan) 측정값은 glucose 용액 (1 mg/ml)을 GOPOD 시약과 반응시킨 반응액의 흡광도 값과 함께 www.megazyme.com 홈페이지의 Mega-Calc 함량 계산식을 참고하여 함량(% w/w)값으로 계산하였다. 최종적으로 베타글루칸은 토탈글루칸 함량에서 알파글루칸 함량을 빼준 값으로 계산하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 수행하였으며, 얻어진 결과

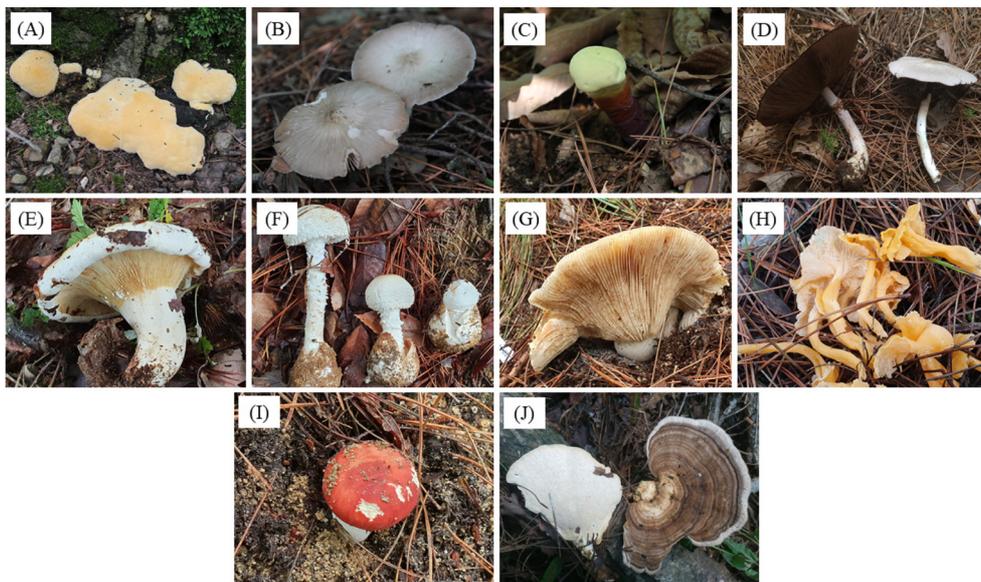


Fig. 1. Fruiting bodies of the wild mushrooms in this study (A, OK1360; B, OK1361; C, OK1362; D, OK1388; E, OK1395; F, OK1398; G, OK1404; H, OK1405; I, OK1406; J, OK1457).

Table 1. List of the strains used in this study

Strain #	Collection site	Per. Identity	BLAST best hit	Korean common name
OK1360	Eumseong Chungbuk	100.00%	<i>Perenniporia fraxinea</i>	이까시흰구멍버섯
OK1361	Eumseong Chungbuk	100.00%	<i>Pluteus hongoi</i>	-
OK1362	Eumseong Chungbuk	100.00%	<i>Ganoderma lingzhi</i>	영지(블로초)
OK1388	Eumseong Chungbuk	100.00%	<i>Agaricus xanthodermus</i>	-
OK1395	Eumseong Chungbuk	99.00%	<i>Russula mariae</i>	수원무당버섯
OK1398	Eumseong Chungbuk	99.65%	<i>Amanita lanigera</i>	-
OK1404	Bonghwa, Gyeongbuk	98.00%	<i>Russula brevipes</i>	-
OK1405	Bonghwa, Gyeongbuk	99.57%	<i>Cantharellus lutescens</i>	갈색털피꼬리버섯
OK1406	Bonghwa, Gyeongbuk	100.00%	<i>Russula rosacea</i>	줄각무당버섯
OK1457	Eumseong Chungbuk	100.00%	<i>Trametes lactinea</i>	-

는 SPSS statistics 19 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차의 값을 산출하였고, Duncan의 다중검증법(DMRT, Duncan's multiple range test)(Duncan, 1955)을 통하여 각 실험 평균차에 대한 통계적 유의성 검정($p < 0.05$)을 수행하였다.

결과 및 고찰

수집 야생버섯

경상북도 봉화군 법전면 어지리의 이십이골산 일대, 충청북도 음성군 소이면의 소나무가 우점하는 야산에서 수집한 야생버섯은 형태적 및 분자적 동정을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Fig. 1, Table 1). 음성군에서 수집된 OK1360은 구멍장이버섯과 흰구멍버섯속의 이까시흰구멍버섯 또는 장수버섯(*Perenniporia fraxinea*)이었으며, 봄부터 가을에 걸쳐 활엽수 생목에 자생하는 1년생 백색 부후성 버섯이다. 약용으로 쓰이며 혈전용해작용, 항종양, 항보체활성 및 항암활성 등이 있는 것으로 알려져 있으며, 병재배에 적합한 '장생'이라는 품종이 개발되어 있다(Kong *et al.*, 2005; Seok *et al.*, 2013; Yoon *et al.*, 1998). 음성군에서 수집된 OK1361은 난버섯속 *Pluteus hongoi*로 동정이 되었으며 명확한 국내명은 현재까지 없는 것으로 나타났다. 대개 활엽수의 고사목의 썩은 줄기나 그루터기에 홀로 또는 무리지어 발생하는 버섯이다. 형태학적으로 생육초기의 갓은 중형~반구형에서 평평하게 전개되며 주름살은 떨어진 형이고, 뽁뽁하며, 자루의 부착형태는 중심생이며, 턱받이가 없는 것이 공통된 특징이다. 난버섯속의 대부분은 식독불명의 균이 많다(Han *et al.*, 2013; Seok *et al.*, 2013). 음성군에서 수집된 OK1362는 블로초(*Ganoderma lingzhi*)로 영지로 더 잘 알려진 버섯이다. 대표적인 약용버섯 중의 하나로 항종양, 면역증강, 항산화, 항염증 작용을 비롯한 다양한 생리활성 기능이 있으며, 고혈압, 관상 동맥 질환, 기관지염 등 여러 질환에 도움이 된다고 알려져 있다(Cho *et al.*, 2013; Park and

Lee, 2011; Park, 2013; Seok *et al.*, 2013). 음성군에서 수집된 OK1388은 주름버섯과의 *Agaricus xanthodermus*로 동정이 되었으며, 명확한 국내명은 없으며 국가생물다양성 정보(CBD-CHM KOREA, <http://www.kbr.go.kr>)에서도 표본 3건 이외에 공개된 정보가 없다. 영문으로 yellow-staining mushroom이라고 알려져 있다. 독버섯으로 생식할 경우에 복통, 설사, 구토, 저혈압 등을 유발시키며 심하게는 혼수상태에 빠질 수도 있다고 한다(Özaltun and Sevindik, 2020). 이 균의 추출물은 높은 항산화 활성과 항균활성을 가지고 있으며, 특히 메탄올 또는 디클로로메탄 추출물에서는 대장균(*Escherichia coli*), 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*), 악시네토박터 바우나미(*Acinetobacter baumannii*)에 대한 항균활성이 보고되고 있다(Özaltun and Sevindik, 2020). 음성군에서 수집된 OK1395는 무당버섯과의 수원무당버섯(*Russula mariae*)의 버섯으로 동정되었다. 음성군에서 수집된 OK1398은 광대버섯속의 *Amanita lanigera*로 동정이 되었으며 많은 광대버섯속에 속하는 버섯종들은 독버섯 또는 식독불명으로 알려져 있다. 흰가시광대버섯의 경우, 메탄올 추출물에서 높은 혈전 용해활성을 나타냈으며, 그 이외에 항균, 항진균 작용이 있는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2007; Park and Lee, 2011). 봉화군에서 수집된 OK1404는 무당버섯속의 *Russula brevipes*의 버섯으로 동정되었으며, 봉화군에서 수집된 OK1405는 피꼬리버섯과의 갈색털피꼬리버섯(*Cantharellus lutescens*)으로, 피꼬리버섯과의 균은 균근성 버섯으로 기주식물로부터 양분을 획득하여 생육하며 여름에서 가을에 걸쳐 혼합림에서 단생 또는 군생하며 국내 각지에 분포하고 있다. 민간에서는 살구향이 난다고 하여 살구버섯으로 더 잘 알려져 있다(An *et al.*, 2020). 봉화군에서 수집된 OK1406은 무당버섯속의 줄각무당버섯(*Russula rosacea*)으로 동정되었다. 음성군에서 수집된 OK1457은 목질부후균으로 구름버섯속에 속하는 *Trametes lactinea*로 동정이 되었으며 명확한 국내명은 없다. 또한 국가생물다양성 정보(CBD-CHM KOREA)에서도 등록되

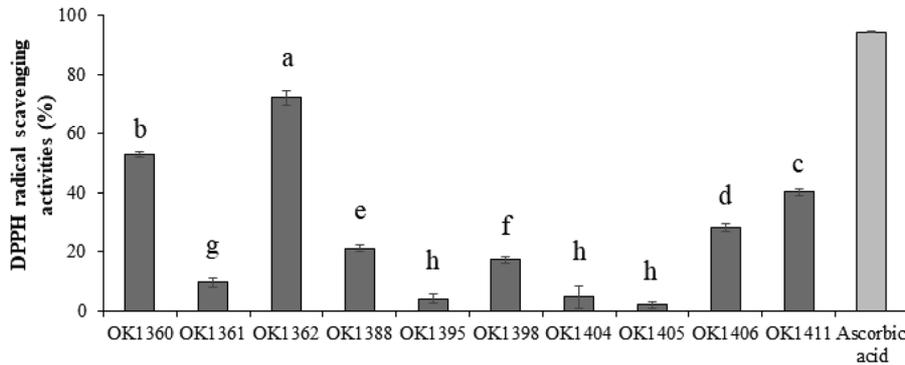


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus* aff.; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula* sp.; OK1398, *Amanita* sp.; OK1404, *Russula* sp.; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula* sp.; OK1457, *Trametes lactinea*). Light gray bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

지 않은 균인 만큼 중요한 버섯자원이라 판단된다. 이 균은 $H^+ - K^+ - ATPase$ 의 억제활성을 통한 위암세포의 예방효과와 HepG-2 세포에서의 항종양 활성으로 인하여 다당류의 항종양 세포의 사멸의 가능성이 밝혀져 있다(He *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2013).

수집 야생버섯류의 DPPH 라디칼 소거능

국내 야생수집 버섯류 70% 에탄올추출물의 1 mg/ml의 농도에서의 항산화 효과를 알아보기 위하여 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다(Fig. 2). DPPH는 비교적 안정한 자유라디칼로서 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 환원되거나 소거되어 짙은 자색이 감소된다. DPPH는 이러한 특성을 이용하여 비교적 간단하게 항산화 능력을 측정하는 방법으로 버섯 역시 항산화 능력이 우수한 것으로 알려져 있다(Gardner and Fridovich, 1991; Sohn *et al.*, 2010). 야생에서 수집한 버섯류 에탄올추출물 1 mg/ml의 농도로 처리한 결과, 2.1~73.2% 범위의 라디칼 소거능을 보였다. 그 중에서 영지(OK1362)가 가장 높은 라디칼 소거능을 보이며 5% 유의수준에서 다른 야생버섯류에 비하여 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타냈다. 그 다음으로는 아까시흰구멍버섯(OK1360)이 53.0%, 구름버섯속의 *T. lactinea* (OK1457)가 40.2%의 순이었다. 그 이외에 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보인 버섯은 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보인 버섯은 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보인 버섯은 4.1%의 수원무당버섯(OK1395), 4.7%의 *R. brevipes* (OK1404), 2.2%의 갈색털피꼬리버섯(OK1405) 이었다. 이전의 연구결과에 의하면 영지(*G. lingzhi*)의 경우, 에탄올추출물 1 mg/ml의 농도에서 라디칼 소거능은 약 67.2%이었으며, 충북 괴산군의 속리산에서 수집한 영지(*G. lingzhi*)는 약 58%의 DPPH 라디칼 소거능을 보이며 본 연구의 음성군에서 수집한 균주의 라디칼 소거능이 높은 것으로 나타났다. 또한 아까시흰구멍버섯(*P. fraxinea*)의 경우 충주시에서 수집한 균주는 약 50%의 DPPH 라디칼 소거능을 보이는

것으로 보고하고 있으며, 또한 균근성 버섯인 피꼬리버섯속에 속하는 붉은피꼬리버섯(*C. cinnabarinus*)의 경우 약 22%의 DPPH 라디칼 소거능을 보이는 것으로 보고하고 있다(An *et al.*, 2020a, 2020b; Oh and Lee, 2005). 일반적으로 항산화 성분을 분리하는데 유용한 추출법으로는 열수추출법이 잘 알려져 있으며, 에탄올 추출물의 경우 DPPH, speroxide anion-free radical 등을 억제하는 강력한 환원력이 있다고 알려져 있다(Kim *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2018). 또한 Kim *et al.* (2019)에 따르면 추출용매의 알코올 농도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거활성, FRAP 수치가 일관성 있게 증가한다고 보고하고 있다.

수집 야생버섯류의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

국내 야생수집 버섯 70% 에탄올추출물의 1 mg/ml의 농도에서의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 야생수집 버섯류의 총 폴리페놀 함량범위는 2.48~28.90 mg GAE/g의 값을 보였으며, 이 중에서 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타낸 버섯은 영지(OK1362)이었다. 그 다음으로 높은 총 폴리페놀 함량을 나타낸 버섯은 15.24 mg GAE/g의 *Amanita lanigera* (OK1398), 11.99 mg GAE/g의 아까시흰구멍버섯(OK1360), 10.72 mg GAE/g의 *Agaricus xanthodermus* (OK1388)의 순이었다. 가장 낮은 총 폴리페놀 함량을 보인 버섯은 가장 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 보였던 수원무당버섯(OK1395), *R. brevipes* (OK1404), 갈색털피꼬리버섯(OK1405) 이었다. 항산화 활성은 저분자 페놀성 성분과 고분자 다당체 등 복합적 화학성분이 관여하며, 특히 라디칼 소거능에 따른 항산화활성은 자체 내 함유된 총 폴리페놀 함량과 밀접한 상관관계가 있다고 보고하고 있다(Kim *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2018; Qi *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2003). An *et al.* (2020b)에 의하면 괴산군

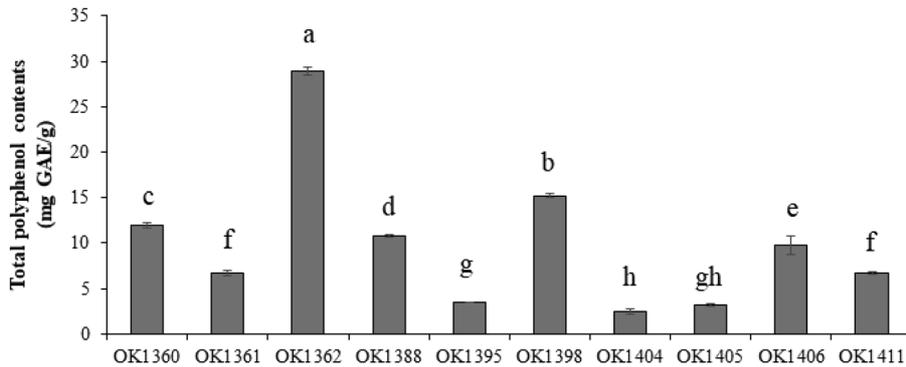


Fig. 3. Total polyphenol contents of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus* aff.; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula* sp.; OK1398, *Amanita* sp.; OK1404, *Russula* sp.; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula* sp.; OK1457, *Trametes lactinea*). The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

속리산에서 수집한 영지(*G. lingzhi*)는 약 16 mg GAE/g, 충주에서 수집한 아까시흰구멍버섯(*P. fraxinea*)은 약 14 mg GAE/g의 총 폴리페놀 함량을 보이는 것으로 보고하고 있다.

국내 야생수집 버섯의 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 야생수집 버섯류의 총 플라보노이드 함량범위는 0.26~11.26 mg QE/g이었다. 그 중에서 졸각무당버섯(OK1406)의 총 플라보노이드 함량이 수집한 야생버섯류들 중에서 가장 많았으며, 그 다음으로는 10.03 mg QE/g의 영지(OK1362)인 것으로 나타났다. 이와 같이 본 연구에서 수집한 야생 영지(OK1362)는 DPPH 라디칼 소거능, 총 폴리페놀 함량도 다른 버섯류에 비하여 월등히 높은 것으로 나타나, 총 페놀 화합물의 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성이 증가된다는 보고와 일치하는 결과를 확인할 수 있었다(Rice-Evans *et al.*, 1996; Seo *et al.*, 2017).

수집 야생버섯류의 철 환원 항산화능

국내 수집 야생버섯류 70% 에탄올추출물의 1 mg/ml의 농도에서의 철환원 항산화능(FRAP)을 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 수집한 야생버섯류의 철환원 항산화능 범위 0.091~0.470 이었으며, 영지(OK1362)의 철 환원 항산화능은 다른 수집버섯류에 비하여 월등히 높았다. 그 다음으로 높은 철 환원 항산화능을 보인 야생버섯은 0.225로 광대버섯속(OK1398)에 속하는 균 이었다. 철 환원 항산화능(FRAP)은 산성 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyl-triazine (Fe^{3+} -TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyl-triazine (Fe^{2+} -TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것으로 시료 중 항산화 물질의 함량에 의존도가 높은 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2016). 항산화능의 흡광도 수치는 그 자체가 시료의 항산화 활성을 나타내며, 높은 항산화 활성을 가질수록 흡광도의 수치가 높게 나타난다(Choi *et al.*, 2016). 이전의 연구결과에 의하면 괴산군에서 수집한 영

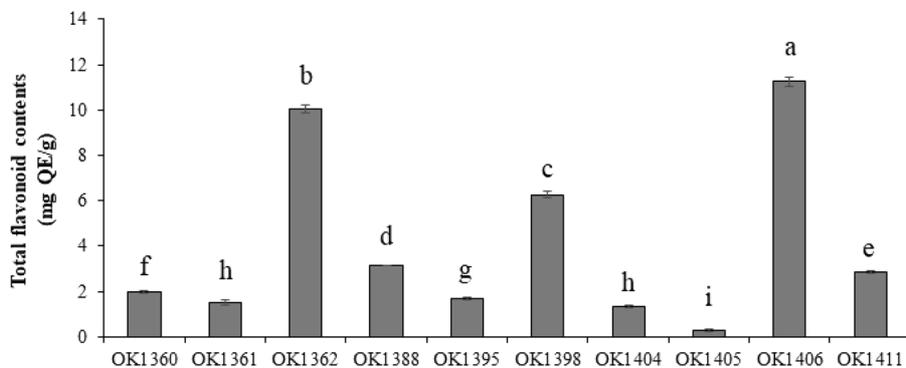


Fig. 4. Total flavonoid contents of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus* aff.; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula* sp.; OK1398, *Amanita* sp.; OK1404, *Russula* sp.; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula* sp.; OK1457, *Trametes lactinea*). The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

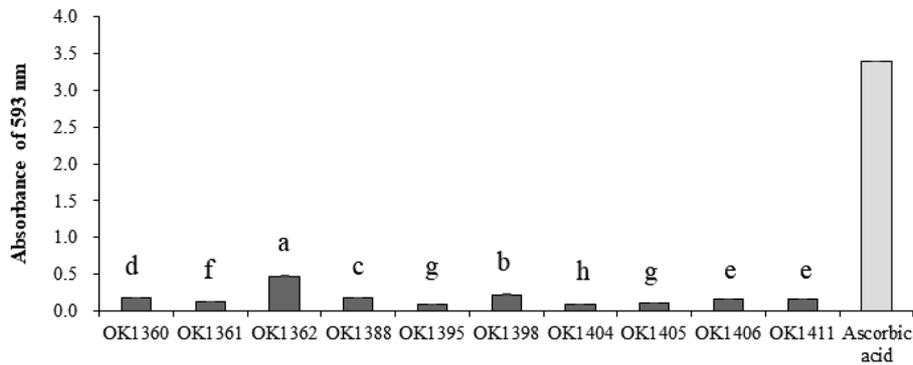


Fig. 5. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus aff*; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula sp.*; OK1398, *Amanita sp.*; OK1404, *Russula sp.*; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula sp.*; OK1457, *Trametes lactinea*). Light gray bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

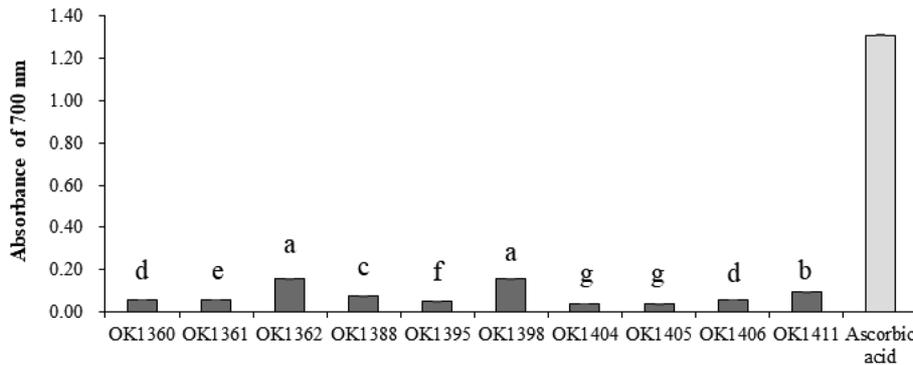


Fig. 6. Reducing power of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus aff*; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula sp.*; OK1398, *Amanita sp.*; OK1404, *Russula sp.*; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula sp.*; OK1457, *Trametes lactinea*). Light gray bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

지의 철환원 항산화능은 0.24이었으며, 충주시에서 수집한 아까시흰구멍버섯은 0.16인 것으로 나타났으며(An *et al.*, 2020b), 본 연구에서 수집한 영지(OK1362)와 비교하여 낮은 항산화능을 보였으며 아까시흰구멍버섯(OK1360)과는 유사한 경향성을 보이고 있었다.

수집 야생버섯류의 환원력

국내 수집 야생버섯류 70% 에탄올추출물의 환원력(reducing power)을 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 수집한 야생버섯류의 환원력의 범위는 0.035~0.155이었으며, 영지(OK1362)와 *A. lanigera* (OK1398)에 속하는 균의 철환원 항산화능은 다른 수집버섯류에 비하여 높은 것으로 나타났다. 환원력은 여러 가지 항산화 작용 중 활성산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 말한다(Song *et al.*, 2012). 추출물의 페놀성 화합물들 중에서 이온함량과 관련이 있으며 이는 플라보노이드 계열의 화합물인 히드

록시 및 카보닐 그룹들과 Fe 이온들이 수소결합을 형성하려는 성질이 강하며 이러한 수소결합을 통한 전자제공으로 강력한 환원력을 가진다(Saha *et al.*, 2013). 본 연구에서 수집된 영지(OK1362)와 *A. lanigera* (OK1398)의 환원력 및 철환원 항산화능과 더불어 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 확인되었다. Shimada *et al.* (1992)에 의하면 환원력은 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량에 크게 영향을 받으며 자유라디칼과 반응하여 연쇄 반응을 안정화시키고 종결시키기 위해 전자를 보냄으로서 자유 라디칼 사슬을 파괴할 수 있다고 보고하고 있다.

수집 야생버섯류의 아질산염 소거능

야생수집 버섯류 70% 에탄올추출물의 아질산염 소거능을 측정된 결과는 Fig. 7과 같다. 수집한 야생버섯류의 아질산염 소거활성 범위는 11.1~56.3%이었으며, 영지(OK1362)가 가장 높은 소거활성을 보였으며, 그 이외에 높

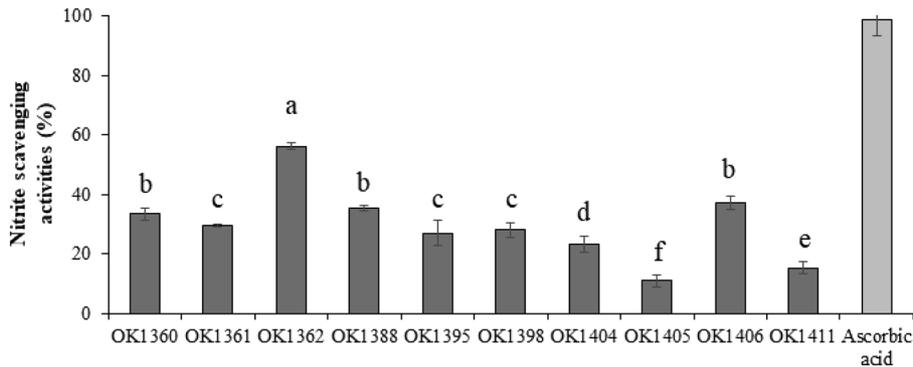


Fig. 7. Nitrite scavenging activities of 70% ethanol extracts (1 mg/ml concentrations) of 10 wild mushrooms (OK1360, *Perenniporia fraxinea*; OK1361, *Pluteus aff.*; OK1362, *Ganoderma lingzhi*; OK1388, *Agaricus xanthodermus*; OK1395, *Russula sp.*; OK1398, *Amanita sp.*; OK1404, *Russula sp.*; OK1405, *Cantharellus cibarius*; OK1406, *Russula sp.*; OK1457, *Trametes lactinea*). Light gray bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications (n=3). Bars with different letters indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

은 소거활성을 나타낸 버섯은 33.4%의 아까시흰구멍버섯 (OK1360), 35.4%의 주름버섯속에 속하는 *A. xanthodermus* (OK1388), 37.4%의 줄각무당버섯(OK1406)에 속하는 균이었다. 아질산염이 함유된 식품 등을 일정 농도 이상 섭취하게 되면 아질산염과 2급 및 3급 amine류와 반응하여 생성된 발암물질인 nitrosamine는 diazoalkane ($C_nH_{2n}N_2$)으로 변화하여 핵산이나 단백질 또는 세포내의 성분을 알칼리화시킴으로서 암을 유발시킨다고 알려져 있다(Choi *et al.*, 1989; Choi *et al.*, 2008; Chung *et al.*, 1999). 또한 헤모글로빈을 산화시켜 메트로헤모글로빈 혈증(methemoglobinemia)과 같은 중독 증상을 유발시킨다(Jung *et al.*, 2000). 이전의 연구 결과, 괴산군에서 수집한 야생 영지의 아질산염 소거능은 약 70% 이상인 것으로 나타났으며, 충주시에서 수집한 아까시흰구멍버섯은 약 50%의 아질산염 소거능을 보였다(An *et al.*, 2020b). 또한 국립원예특작과학원 버섯과에서 보존 중인 영지 유전자원의 균주별 아질산염 소거능을 분석한 결과에 의하면 균주별로 소거능의 차이는 있었으며, 100 $\mu\text{g/ml}$ 농도로 처리 시 약 40% 이상의 소거활성이 있는 것으로 보고하고 있다(Cho *et al.*, 2015). Lee *et al.* (2003)의 보고에 의하면 버섯류에 함유된 페놀성 물질은 아질산염 소거능에 크게 작용하는 것으로 보고하고 있어 본 연구에서 수집한 영지(OK1362)와 줄각무당버섯(OK1406)은 다른 야생버섯들에 비하여 높은 아질산염 소거활성과 더불어 총 플라보노이드 함량도 역시 높은 것으로 확인되었다.

수집 야생버섯류의 베타글루칸 함량

국내 야생수집 버섯의 베타글루칸 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 야생버섯류 중에서 베타글루칸 함량이 가장 높은 버섯은 25.15%의 영지(OK1362)이었으며, 다음으로는 24.51%의 %의 구름버섯속의 *T. lactinea*

Table 2. β -Glucan contents of 10 wild mushrooms

Strain #	Species	β -glucan contents (% w/w)	
OK1360	<i>Perenniporia fraxinea</i>	13.99±0.29	g
OK1361	<i>Pluteus hongoi</i>	17.38±0.15	d
OK1362	<i>Ganoderma lingzhi</i>	25.15±0.21	a
OK1390	<i>Agaricus xanthodermus</i>	15.60±0.33	f
OK1395	<i>Russula mariae</i>	15.93±0.08	f
OK1398	<i>Amanita lanigera</i>	19.55±0.21	c
OK1404	<i>Russula brevipes</i>	14.00±0.16	g
OK1405	<i>Cantharellus cibarius</i>	16.75±0.02	e
OK1406	<i>Russula rosacea</i>	16.60±0.16	e
OK1457	<i>Trametes lactinea</i>	24.51±0.34	b

The results are represented by the mean \pm S.D. of values obtained from three replications (n=3). Means with different letters indicated significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

(OK1457)이었으며, 다음으로는 19.55%의 광대버섯속에 속하는 *A. lanigera* (OK1398)의 순이었다. 버섯에 함유되어 있는 주요한 생리활성 물질 중 하나인 베타글루칸은 다당류의 일종으로 단백질과 결합한 다당류 형태로 대식세포를 자극하여 cytokine의 생성을 증가시켜 면역세포인 T세포와 B세포의 활동을 도와 세포조직의 면역기능을 활성화 시켜주는 역할을 하는 것으로 보고하고 있다(Chandrasekaran *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2015; Park and Hong, 2017). 버섯 중에서 높은 베타글루칸을 함유하고 있는 꽃송이버섯의 베타글루칸 함량은 40% 이상인 것으로 알려져 있으며, 국립원예특작과학원 버섯과에서 보존 중인 영지 유전자원의 균주별 베타글루칸 함량은 12.8~19.8% 정도인 것으로 보고하고 있다(Choi *et al.*,

2013). An *et al.* (2020b)의 야생수집 영지의 베타글루칸 함량범위는 43.8% 이었다. 베타글루칸 함량과 페놀함량 사이의 분자 상호작용의 영향으로 인하여 항산화 효과를 보인다고 하였으며, DPPH 라디칼 소거활성은 베타글루칸 함량과 관련이 높으며 상대적으로 높은 총 폴리페놀 함량이 복합적으로 작용한 결과라고 보고하고 있다(Seo *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2011). 본 연구에서 수집한 야생버섯류 중에서 영지(OK1362)는 높은 DPPH 라디칼 소거능, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 등의 항산화 활성과 더불어 베타글루칸 함량도 높은 것으로 나타났다.

적 요

국내 자생하는 야생버섯 추출물의 생리활성 성분을 평가하기 위하여 각지에서 수집된 야생버섯 70% 에탄올추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량, 철 환원 항산화능, 환원력의 항산화 활성, 아질산염 소거능 및 야생버섯의 건조시료를 이용하여 베타글루칸 함량을 분석하였다. 본 연구에서 수집된 10종의 야생버섯류 중에서 영지(OK1362) 에탄올추출물의 DPPH 라디칼 소거능(73.2%), 총 폴리페놀 함량(28.9 mg GAE/g) 및 총 플라보노이드 함량(10.0 mg QE/g)철 환원 항산화능(0.134), 환원력(0.155), 아질산염 소거능(56.3%)이 다른 버섯류에 비하여 유의적으로 가장 높았다. 그 이외에도 아까시흰구멍버섯(OK1360), 광대버섯속의 *A. lanigera* (OK1398), 즐각무당버섯(OK1406)이 높은 항산화능 및 아질산염 소거능을 가지고 있음을 확인하였다. 또한 베타글루칸 함량은 영지(OK1362)가 25.2%를 나타내며 가장 높았으며, 그 외에 구름버섯속의 *T. lactinea* (OK1457)가 24.5%로 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 국내 자생하는 야생버섯류 중 새로운 천연물 유래 생리활성 물질을 탐색하기 위한 기초자료로서 활용 가능성을 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시험연구사업(과제번호 PJ014766022021)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- An GH, Han JG, Cho JH. 2020a. Comparison of the antioxidant activity and nutritional contents of ectomycorrhizal mushroom extracts in Korea. *J Mushrooms* 18: 164-173.
- An GH, Cho JH, Han JG. 2020b. Examination of the biological activities of wild mushrooms extracts in Korea. *J Mushrooms* 18: 151-163.
- An GH, Cho JH, Lee KH, Han JG. 2019. Physiological activities of extracts of wild mushrooms collected in Korea. *J Mushrooms* 17: 70-77.
- Barros L, Baptista P, Estevinho LM, Ferreira ICFR. 2007. Effects of fruiting body maturity stage on chemical composition and antimicrobial activity of *Laccaria* sp. mushrooms. *J Agric Food Chem* 55: 4781-4788.
- Benzie IF, Strain JJ. 1999. Ferric reducing antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Method Enzymol* 299: 15-27.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1191-1200.
- Chandrasekaran G, Oh DS, Shin HJ. 2011. Properties and potential applications of the culinary-medicinal cauliflower mushrooms, *Sparassis crispa* Wulf.:Fr. (Aphyllphoromycetidae): a review. *Int J Med Mushrooms* 13: 177-183.
- Cho JH, Lee GH, Han JG, Kim HD, Jhune CS. 2015. Comparative analysis of nitrite scavenging activity and anti-inflammation effects in the fruiting bodies of medicinal mushrooms. *J Mushrooms* 13: 330-333.
- Cho JH, Park HS, Han JG, Lee GY, Sung GH, Jhune CS. 2014. Comparative analysis of anti-oxidant effects and polyphenol contents of the fruiting bodies in oyster mushrooms. *J Mushrooms* 12: 311-315.
- Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH, Jhune CS. 2013. Comparative analysis of useful β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp. *J Mushroom Sci Prod* 11: 164-170.
- Choi SH, Lee SJ, Jo WS, Choi JW, Park SC. 2016. Comparison of ingredients and antioxidant activity of the domestic regional *Wolfiporia extensa*. *Korean J Mycol* 44: 23-30.
- Choi DB, Cho KA, Na MS, Choi HS, Kim YO, Lim DH, Cho SJ, Cho H. 2008. Effect of bamboo oil on antioxidative activity and nitrite scavenging activity. *J Ind Eng Chem* 14: 765-770.
- Choi JS, Park SH, Choi JH. 1989. Nitrite scavenging effect by flavonoids and its structure-effect relationship. *Arch Pharm Res* 12: 26-33.
- Chung SY, Kim NK, Yoon S. 1999. Nitrite scavenging effect of methanol fraction obtained from green yellow vegetable juices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 342-347.
- Daniel JS, Steven AC. 1993. Sensitive analysis of cystine/cysteine using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) derivatives. In R. H. Angeletti (ed.), *Techniques in Protein Chemistry IV*, Academic Press, San Diego, USA. 299-306.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F-test. *Biometrics* 11: 1-5.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Gardner PR, Fridovich I. 1991. Superoxide sensitivity of the *Escherichia coli* 6-phosphogluconate dehydratase. *J Biol Chem* 266: 1478-1783.
- Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J Food Sci* 40: 981-984.
- Han Sk, Cho JW, Cho HJ, Kim HJ, Lee YM. 2013. A field guide to mushrooms. Korean national arboretum, GeoBook Publishing Co, Seoul, South Korea
- He N, Tian L, Zhai X, Zhang X, Zhao Y. 2018. Composition characterization, antioxidant capacities and anti-proliferative

- effects of the polysaccharides isolated from *Trametes lactinea* (Berk.) Pat. *Int J Biol Macromol* 115: 114-123.
- Kang HW, Lee MH, Seo GS. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Phellinus linteus* HN1009K. *Korean J Mycol* 41: 243-247.
- Kim JE, Bae SM, Nam YR, Bae EY, Ly SY. 2019. Antioxidant activity of ethanol extract of *Lycium barbarum*'s leaf with removal of chlorophyll. *J Nutr Health* 52: 26-35.
- Kim SC, Kim HS, Cho YU, Ryu JS, Cho SJ. 2015. Development of strain-specific SCAR marker for selection of *Pleurotus eryngii* strains with higher β -glucan. *J Mushroom Sci Prod* 13: 79-83.
- Kim DH, Park SR, Debnath T, Abul MD, Pervin M, Lim BO. 2013. Evaluation of the antioxidant activity and anti-inflammatory effect of *Hericium erinaceus* water extracts. *Korean J Med Crop Sci* 21: 112-117.
- Kim JH, Yoo KH, Seok SJ. 2007. Screening test of wild mushroom methanol extracts for fibrinolytic and α -glucosidase inhibitory activity. *J Exp Biomed Sci* 13: 245-249.
- Kong WS, Yoo YB, Jhune CS, You CH, Cho YH, Kim KH. 2005. A new functional mushroom cultivated variety "Jangsaeng" of *Fomitella fraxinea*. *J Mushroom Sci Prod* 3: 129-132.
- Krik PM, Cannon PE, David JC, Stalpers JA. 2001. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi: 9th edition. CAB International Publishing, Wallingford, UK. pp. 650.
- Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* (Omija) seed. *Korean J Food Sci Technol* 32: 928-945.
- Lee DS, Kim KH, Yook HS. 2016. Antioxidant activities of different parts of *Sparassis crispa* depending on extraction temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45: 1617-1622.
- Lee SJ, Moon SH, Kim T, Kim JY, Seo JS, Kim DS, Kim J, Kim YJ, Park YI. 2003. Anticancer and antioxidant activities of *Coriolus versicolor* culture extracts cultivated in the citrus extracts. *Korean J Microbiol Biotechnol* 31: 362-367.
- Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. 2001. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem* 73: 321-325.
- Nguyen TK, Shin DB, Lee KR, Shin PG, Cheong JC, Yoo YB, Lee MW, Jin GH, Kim HY, Im KH, Lee TS. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory activities of fruiting bodies of *Dyctiophora indusiata*. *J Mushroom Sci Prod* 11: 269-277.
- Noh JG, Park JS, Choi JS, Song IG, Yun T, Min KB. 2009. A study of useful wild mushroom by segregation and identification native in middle area. *J Mushroom Sci Prod* 7: 49-56.
- Oh SI, Lee MS. 2005. Antioxidative and antimutagenic effects of *Ganoderma lucidum* Krase extracts. *Korean J Food Nutr* 18: 54-62.
- Ozaltun B, Sevindik M. 2020. Evaluation of the effects on atherosclerosis and antioxidant and antimicrobial activities of *Agaricus xanthodermis* poisons mushroom. *Eur Res J* 6: 539-544.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr Diet* 44: 307-315.
- Park SA, Kim SJ, Kim HL, Kang HW. 2018. Cultural characteristics and antioxidant activity of wild type collections of *Hericium erinaceus*. *J Mushrooms* 16: 9-15.
- Park HM, Hong JH. 2017. Immune-enhancing effects of polysaccharides isolated from *Phellinus linteus* mycelium on *Mori ramulus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46: 26-33.
- Park JS. 2013. Effect on the inhibition of pancreatic lipase and lipid metabolism of *Zanthoxylum piperitum* extracts. *Korean J Food Nutr* 26: 615-619.
- Park WH, Lee JH. 2011. New wild fungi of Korea. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd, Seoul, South Korea.
- 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.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med* 20: 933-956.
- Saha AK, Rahman MR, Shahriar M, Saha SK, Azad NA, Das S. 2013. Screening of six ayurvedic medicinal plant extracts for antioxidant and cytotoxic activity. *J Phar Phytochem* 2: 181-188.
- Seo SY, Park YG, Jang YS, Ka KH. 2017. Antioxidant properties of *Lentinula edodes* after sawdust bag cultivation with different oak substrates. *Korean J Mycol* 45: 121-131.
- Seo SH, Park SE, Moon YS, Lee YM, Na CS, Son HS. 2016. Component analysis and immuno-stimulating activity of *Sparassis crispa* stipe. *Korean J Food Sci Technol* 48: 515-520.
- Seok SJ, Lim YW, Kim CM, Ka KH, Lee JS, Han SK, Kim SO, Hur JS, Hyun IH, Hong SG, Kim YS, Lee TS. 2013. List of mushrooms in Korea. The Korean Society of Mycology, Seoul, South Korea.
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J Agric Food Chem* 40: 945-948.
- Sohn HY, Shin YK, Kim JS. 2010. Anti-proliferative activities of solid-state fermented medicinal herbs using *Phelimus baumii* against human colorectal HCT116 cell. *J Life Sci* 20: 1268-1275.
- Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY. 2012. Enhancement of antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korean J Med Crop Sci* 20: 238-244.
- 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.
- Wu Z, Ming J, Gao R, Wang Y, Liang W, Yu H, Zhao G. 2011. Characterization and antioxidant activity of the complex of tea polyphenols and oat β -glucan. *J Agric Food Chem* 59: 10737-10746.
- 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: 159-166.
- Yoon SH, Lim JH, Kim YS, Kim CH, Jo JH, Hwang YS. 1998. Pharmacological effects of proteoglycans extracted from fruiting bodies of *Fomitella fraxinea*. *Korean J Mycol* 26: 511-518.
- Zhang Q, Huang N, Wang J, Luo H, He H, Ding M, Deng WQ, Zou K. 2013. The H^+/K^+ -ATPase inhibitory activities of Trametenolic acid B from *Trametes lactinea* (Berk.) Pat, and its effects on gastric cancer cells. *Fitoterapia* 89: 210-217.