

국내 야생버섯의 항산화 활성 및 베타글루칸 함량 분석

안기홍 · 한재구 · 조재한*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

Antioxidant activities and β -glucan contents of wild mushrooms in Korea

Gi-Hong An, Jae-Gu Han, and Jae-Han Cho*

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

ABSTRACT: The anti-oxidant activities and β -glucan contents of wild mushrooms collected from Songnisan, Soi-myeon, Joryeongsan, and Ganghwado, Korea, were investigated. Among the wild mushroom extracts, *Pycnoporus sanguineus* (OK1071), *Piptoporus soloniensis* (OK1090), and *Daedalea dickinsii* (OK1094) extracts showed the highest DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activities. The nitrite scavenging activity and total polyphenol content of the extract of *P. sanguineus* (OK1071) was 74.2% and 37.7 mg GAE/g, respectively, and these values were much higher than those of the other mushrooms analyzed in this study. The Pearson's correlation coefficients of the DPPH radical and nitrite scavenging activities with the total polyphenol contents of the wild mushroom extracts were $r = 0.758$ ($p < .01$) and $r = 0.951$ ($p < .01$), respectively. The β -glucan contents of *Lenzites betulina* (OK1040), *Trametes versicolor* (OK1044), and *P. sanguineus* (OK1071) were 47.8%, 43.9%, and 41.8%, respectively, which were higher than those of the other mushrooms. Therefore, the wild mushrooms analyzed were confirmed to have excellent antioxidant activities and high β -glucan contents. Accordingly, the fundamental data provided in this study can be used to isolate useful compounds from these wild mushrooms.

KEYWORDS: ABTS scavenging activity, β -glucan content, DPPH scavenging activity, Nitrite scavenging activity, Total polyphenol content, Wild mushroom

서 론

최근 현대인들의 삶의 방식은 과거와는 크게 달라져 웰빙(well-being)과 같은 사회적 현상과 더불어 정신적, 육체적으로 건강하고 보다 나은 삶을 누리기를 위한 욕구가 점점 커져 가고 있다. 이와 관련하여 성인병과 같은 각종

질병의 예방, 항산화, 노화방지 등에 효능이 있는 기능성 천연물 소재에 대한 관심과 연구들이 증가하고 있다(Cho *et al.*, 2013; Choi *et al.*, 2010).

전 세계적으로 학술적으로 보고되고 있는 버섯종은 약 14,000여 종이며(Krik *et al.*, 2001), 그 중에서 국내에 자생하는 야생버섯은 총 1,900여 종이 보고되고 있으며, 그 중 식용 가능한 버섯은 약 400종이다. 이들 중 인공적으로 재배가 가능하며 현재 상업적으로 재배되는 버섯은 몇 종에 지나지 않으며 대부분 목재부후균으로서 느타리, 팽이, 표고 등이 대표적이며 버섯관련 대부분의 연구가 이들 균에 집중되어 있는 실정이다(Noh *et al.*, 2009).

많은 천연물 중에서 버섯은 독특한 향과 맛을 지니고 있어 식품적 가치가 우수할 뿐만 아니라(Chang and Miles, 1989; Noh *et al.*, 2011), 다양한 영양소를 가지고 있으며, 항산화 효능, 항암활성, 면역증강 등의 약리효과 등이 있는 것으로 알려져 있다(Barros *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2014; Manzi *et al.*, 2001). 대표적인 식용버섯인 느타리는 필수 아미노산 등을 포함한 다양한 유기산과 지방산을 함유하고 있으며(Hossain *et al.*, 2003; Lillian *et*

J. Mushrooms 2019 September, 17(3):144-151
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.3.144>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : limitcho@korea.kr
 Tel : +82-43-871-5731

Received August 27, 2019
 Revised September 20, 2019
 Accepted September 20, 2019

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.

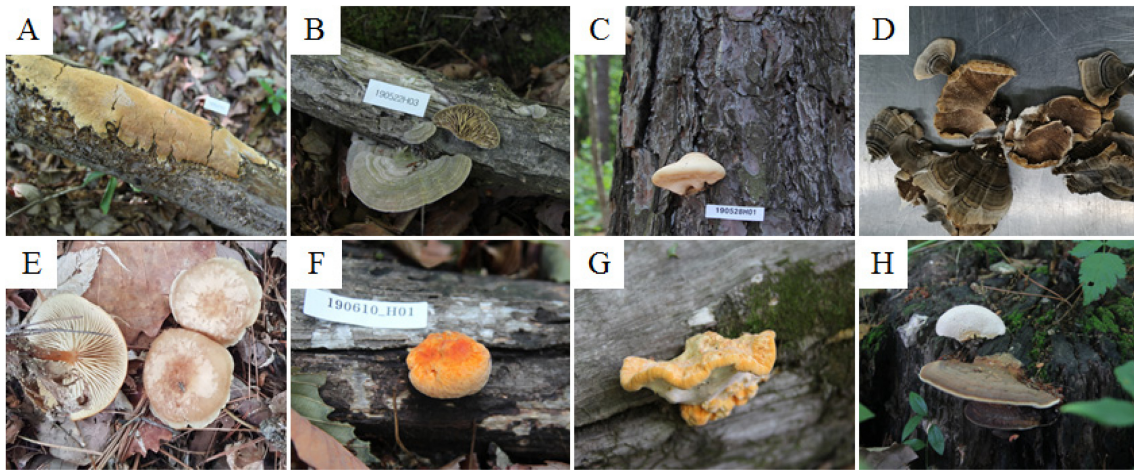


Fig. 1. Fruiting bodies of the wild mushrooms in this study (A, OK1039; B, OK1040; C, OK1041; D, OK1044; E, OK1057; F, OK1071; G, OK1090; H, OK1094).

al., 2007) 영지(불로초), 번데기동충하초, 차가버섯, 상황(목질진흙버섯), 노루궁뎅이와 같은 약용버섯의 추출물은 항산화 및 항염 효과가 뛰어나고 암세포 성장 억제 효과와 항당뇨 효능 뿐만 아니라 콜레스테롤 감소, 역류성 식도염에도 우수하다(Barros et al., 2007; Cho et al., 2015; Manzi et al., 2001; Park et al., 2018; Qi et al., 2013). 하지만 국내 야생에 자생하는 버섯의 기능성 성분 및 생리활성 성분 등에 대해서는 아직까지 연구가 이루어지지 않고 있으나, 생리활성 성분 및 천연물 소재로서 높은 가치를 지니고 있는 야생버섯이 다수 존재하고 있으리라 추측된다. 따라서 국내에 자생하는 야생버섯 수집을 통하여 토종 버섯자원의 확보와 여러 생리활성 성분 평가를 통한 다양한 기능성 소재로서의 품목 개발은 현재 정제되어 있는 국내 버섯 소비시장을 확대하기 위한 중요한 전략 중의 하나라고 사료된다.

본 연구는 국내에 자생하는 야생버섯의 항산화능 및 베타글루칸 함량에 대한 분석을 수행하여 야생버섯 중 생리활성이 우수한 버섯자원을 발굴함과 동시에 국내 자생 버섯자원을 이용한 새로운 천연물 유래 생리활성 물질 활용 가능성에 대한 기초자료를 제시하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

국내 야생버섯 수집

국내 야생버섯자원은 2019년 5~6월에 속리산국립공원, 충청북도 음성군 소이면, 괴산군 조령산, 인천시 강화도에서 수집하였다. 각 자생지에서 수집된 야생버섯은 Fig. 1과 같다. 수집된 야생버섯은 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 분석을 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 시료의 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(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 흡광도(Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific, USA)를 백분율(%)로 나타내었다.

ABTS⁺ 라디칼 소거능(ABTS radical-scavenging activity)

ABTS⁺ 라디칼 소거능의 측정은 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)와 2.4 mM potassium persulfate를 섞어 24시간 반응시켜 ABTS⁺를 형성

Table 1. List of the strains/specimens used in this study

Strain #	Collection site	Specimen #	BLAST best hit	Korean common name
OK1039	Songnisan, Geosan	190522_H02	<i>Perenniporia subacida</i>	금빛흰구멍버섯
OK1040	Songnisan, Geosan	190522_H03	<i>Lenzites betulina</i>	조개껍질버섯
OK1041	Soi-myeon, Eumseong	190528_H01	<i>Cryptoporus volvatus</i>	한입버섯
OK1044	Soi-myeon, Eumseong	190528_H04	<i>Trametes versicolor</i>	구름송편버섯
OK1057	Joryeongsan, Geosan	190611_A1	<i>Gymnopus aquosus</i>	애기버섯속
OK1071	Manisan, Ganghwado	190610_H01	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	간버섯속
OK1090	Baekryunsa, Ganghwado	190611_H13	<i>Piptoporus soloniensis</i>	명이주자작나무버섯
OK1094	Jeondeungsa, Ganghwado	190612_H04	<i>Daedalea dickinsii</i>	등갈색미로버섯

시켰다. 사용 전에 ABTS용액을 에탄올에 희석하여 Multimode microplate reader (Varioskan LUX, ThermoFisher Scientific, Inc. Co. MA, USA)를 이용하여 흡광도 734 nm에서 값이 0.700 ± 0.005 이 되게 하여 사용하였다. 결과는 Trolox를 표준물질로 하여 mM Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)로 나타내어 최종적으로 라디칼 소거율(%)을 계산하였다.

아질산염 소거능(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(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 정치시킨다. 그 후 1% Na₂CO₃ 0.16 ml를 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 acid의 표준곡선에 시료의 흡광도 측정값을 대입하여 농도를 결정하였다.

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 결과는 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($p < 0.01$)을 수행하였다. 상관관계의 정도를 파악하기 위하여 $p < 0.01$ 확률 수준에서 피어슨의 상관계수(pearson's correlation coefficient)를 구하여 검정하였다.

결과 및 고찰

수집 야생버섯

국내 속리산 국립공원 및 충청북도 음성군 소이면, 피산군 조령산, 인천시 강화도에서 수집한 야생버섯은 형태적 및 분자적 동정을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Fig. 1, Table 1). OK1039는 백색부후균으로 구멍장이 버섯과에 속하는 금빛흰구멍버섯(*Perenniporia subacida*)이었으며, 식독불명의 균이다(Park and Lee, 2011). 중국에서는 예로부터 이 균을 이용하여 종양 및 소양증 치료에 사용되는 약용버섯으로 사용되었다는 보고가 있다(Wen *et al.*, 2016). OK1040은 조개껍질버섯(*Lenzites betulina*)으로 동정이 되었으며, 구멍장이버섯과에 속하는 식용으로 부적합한 버섯이다(Han *et al.*, 2013). Sanyal and Ghosh (2019)에 의하면 조개껍질버섯의 에탄올추출물은 많은 항암 화합물을 갖고 있으며, 특히 자궁경부암에 두드러진 효과를 확인하였다. OK1041은 구멍장이버섯과의 한입버섯(*Cryptoporus volvatus*)으로 백색부후균

이며 식용은 불가하나 약용으로 쓰이는 버섯이다(Park and Lee, 2011). 중국에서는 예로부터 천식(asthma) 및 기관지염(bronchitis)을 치료하는 전통약재로써 한입버섯을 사용해 왔다(Wu, 1990). 또한 Asakawa *et al.* (1992)는 한입버섯으로부터 쓴맛의 주요성분인 크립토폴산(cryptoporic acid)을 분리하였는데, 이 성분이 종양발생을 촉진시키는 것으로 알려진 과산화물 음이온 라디칼의 방출에 강한 저해활성을 지니고 있다고 보고하였다. OK1044는 구름송편버섯(*Trametes versicolor*)이었으며, 이 균은 구멍장이버섯과에 속하며 약용버섯으로 항종양, 면역증강, 항산화, 혈전용해 작용이 있으며 항암성분인 크레스틴(krestin)은 암치료에 있어서 중요한 성분으로 알려져 있고(Han *et al.*, 2013; Park and Lee, 2011), 이 균에 함유된 다당류 성분은 유방암 예방의 면역요법에 있어서 중요한 역할을 한다(Standish *et al.*, 2008). OK1057은 낙엽분해균으로 낙엽버섯과의 애기버섯속(*Gymnopus aquosus*)이며, 식용이 가능하다고 알려져 있다(Han *et al.*, 2013). OK1071은 간버섯속(*Pycnoporus sanguineus*)으로 동정되었으며, 간버섯속은 백색부후균으로 구멍장이버섯과에 속하며 약용버섯으로 이용되곤 한다(Han *et al.*, 2013). 간버섯속 균주는 독특한 풍미를 가지고 있어 향미, 항산화, 항균, 항바이러스 등과 같은 고부가가치의 화합물의 합성에 이용될 수 있으며, 락카제(laccases)를 포함하여 산업적으로 관심이 높은 다른 효소의 효율적인 생산자로서 보고되고 있다(Rohr *et al.*, 2013). OK1090은 잔나비버섯과의 갈색부후균의 명아주자작나무버섯(*Piptoporus soloniensis*)이었으며, 식독불멸의 균이다(Park and Lee, 2011). OK1094는 등갈색미로버섯(*Daedalea dickinsii*)으로 잔나비버섯과의 갈색부후균이며 식용으로는 불가하나 약용버섯으로 항종양, 항균, 항산화 작용이 있다(Han *et al.*, 2013; Park and Lee, 2011). 등갈색미로버섯의 배양액에 강한 tyrosinase 억제제를 함유하는 것으로 알려져 있으며, 인간피부모델에서 대사산물인 daedalin A가 멜라닌 합성을 저해하는 것을 확인하였다(Morimura *et al.*, 2009).

DPPH 라디칼 소거능과 ABTS⁺ 라디칼 소거능

DPPH를 이용하여 국내 야생수집 버섯류의 항산화 효과를 알아보기 위하여 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다(Fig. 2). DPPH는 비교적 안정한 자유라디칼로써 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, 간버섯속(OK1071), 명아주자작나무버섯(OK1090), 등갈색미로버섯(OK1094)가 각각 86.6%, 77.2%, 73.5%를 나타내

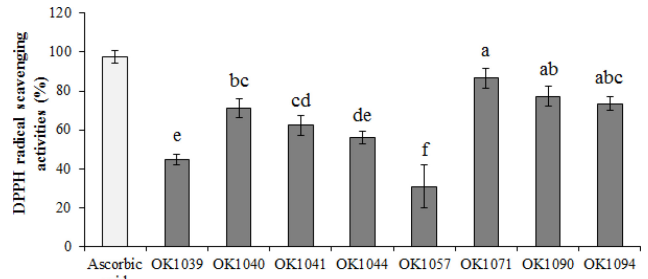


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of wild mushroom extracts (1 mg/ml concentrations). White bar indicates a positive control. The results are represented by the mean ± S.D. of values obtained from three replications (OK1039, *Perenniporia subacida*; OK1040, *Lenzites betulina*; OK1041, *Cryptoporus volvatus*; OK1044, *Trametes versicolor*; OK1057, *Gymnopus aquosus*; OK1071, *Pycnoporus sanguineus*; OK1090, *Piptoporus soloniensis*; OK1094, *Daedalea dickinsii*). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

며 다른 야생버섯류에 비하여 높은 소거능을 보였다. 가장 낮은 라디칼 소거능을 보인 버섯은 30.9%를 나타낸 애기버섯속(OK1057)이었다. Kim *et al.* (2013)에 의하면 노루궁뎅이 버섯 추출물 1 mg/ml 농도에서는 81.4%의 소거활성이 나타났으며 차가버섯 메탄올추출물의 고농도(1,000 µg/ml)에서 87.4%의 소거활성이 높은 것(Guk *et al.*, 2013)으로 나타나, 본 연구의 야생버섯의 소거활성과 비교하여 유사한 값을 보였다.

ABTS⁺ 라디칼 소거능은 강산화제인 potassium persulfate와 반응하여 생성된 ABTS⁺ 이온이 시료 중의 항산화 물질에 의해 제거되는 정도를 탈색반응을 이용하여 측정하는 항산화 활성 측정 방법이다(Myung and Hwang, 2008). ABTS⁺ 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3과

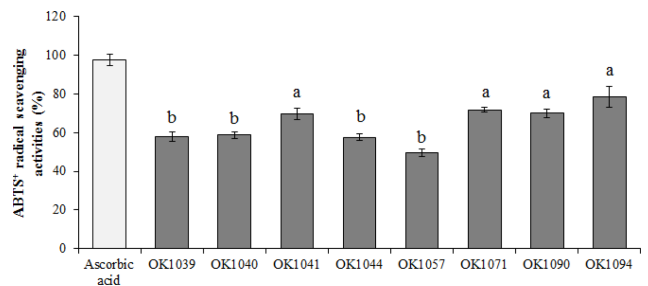


Fig. 3. ABTS⁺ radical scavenging activities of wild mushroom extracts (1 mg/ml concentrations). White bar indicates a negative control. The results are represented by the mean ± S.D. of values obtained from three replications (OK1039, *Perenniporia subacida*; OK1040, *Lenzites betulina*; OK1041, *Cryptoporus volvatus*; OK1044, *Trametes versicolor*; OK1057, *Gymnopus aquosus*; OK1071, *Pycnoporus sanguineus*; OK1090, *Piptoporus soloniensis*; OK1094, *Daedalea dickinsii*). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

같다. 국내 야생수집 버섯류의 에탄올추출물 1 mg/ml의 농도로 처리한 결과, 한입버섯(OK1041), 간버섯속(OK1071), 명아주자작나무버섯(OK1090), 등갈색미로버섯(OK1094)이 각각 69.7%, 71.7%, 70.1%, 78.8%를 나타내며 높은 라디칼 소거능을 보였다.

아질산염 소거능

야생수집 버섯류의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 간버섯속(OK1071)이 74.2%로 가장 높은 아질산염 소거능을 보였으며, 가장 낮은 아질산염 소거능을 보인 버섯은 13.9%로 애기버섯속(OK1057)이었다. 그 이외의 수집버섯은 23.1 ~ 49.5%의 아질산 소거능을 보였다. 아질산염을 일정 농도 이상 섭취하게 되면 헤모글로빈을 산화시켜 메트로헤모글로빈 혈증(methemoglobinemia)과 같은 중독 증상을 유발시킨다(Jung *et al.*, 2000). 또한 아질산염과 2급 및 3급 amine류와 반응하여 생성된 발암물질인 nitrosamine는 체내에서 diazoalkane (C_nH_{2n}N₂)으로 변화하여 핵산이나 단백질 또는 세포내의 성분을 알칼리화시킴으로서 암을 유발시킨다고 알려져 있다(Choi *et al.*, 1989; Choi *et al.*, 2008; Chung *et al.*, 1999). 아질산염 소거능은 이러한 아질산염을 소거하여 질병을 억제할 수 있는 능력을 측정하기 위하여 주로 이용되는 방법 중에 하나이다. 노루궁뎅이 추출물을 1 mg/ml 농도로 처리하였을 경우 55.2%의 아질산염 소거능을 보였으며, 처리 농도가 높을수록 아질산염 소거능은 증가하였다(Kim *et al.*, 2013). An *et al.* (2019a)의 야생수집 버섯의 아질산염 소거능 분석결과 중에서 64.1%의 소거능을 보인 흰우단버섯과 비교해서, 본 연구에서 수집한 간버섯속(OK1071)은 이보다 훨씬 높은 아질산 소거능을 지니고 있는 것으로 나타났다.

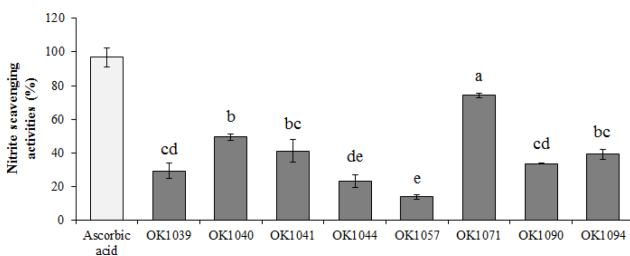


Fig. 4. Nitrite scavenging activities of wild mushroom extracts (1 mg/ml concentrations). White bar indicates a positive control. The results are represented by the mean ± S.D. of values obtained from three replications (OK1039, *Perenniporia subacida*; OK1040, *Lenzites betulina*; OK1041, *Cryptoporus volvatus*; OK1044, *Trametes versicolor*; OK1057, *Gymnopus aquosus*; OK1071, *Pycnoporus sanguineus*; OK1090, *Piptoporus soloniensis*; OK1094, *Daedalea dickinsii*). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

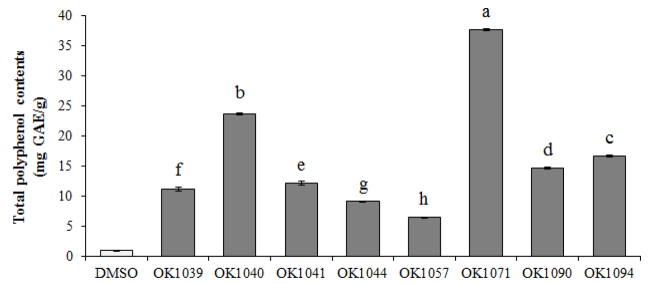


Fig. 5. Total polyphenol contents of wild mushroom extracts (1mg/ml concentrations). White bar indicates a negative control. The results are represented by the mean ± S.D. of values obtained from three replications (OK1039, *Perenniporia subacida*; OK1040, *Lenzites betulina*; OK1041, *Cryptoporus volvatus*; OK1044, *Trametes versicolor*; OK1057, *Gymnopus aquosus*; OK1071, *Pycnoporus sanguineus*; OK1090, *Piptoporus soloniensis*; OK1094, *Daedalea dickinsii*). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.01$).

총 폴리페놀 함량

국내 야생수집 버섯의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 야생수집 버섯류 중에서 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타낸 버섯은 간버섯속(OK1071)으로 37.7 mg GAE/g의 값을 보였다. 가장 낮은 총 폴리페놀 함량을 보인 버섯은 6.4 mg GAE/g로 애기버섯속(OK1057)이었다. 그 외의 야생버섯은 9.1 ~ 23.5 mg GAE/g의 함량치를 나타냈다. 폴리페놀은 인체 정상세포를 공격하는 유리 라디칼(ROS, OH, NO)의 산화작용을 억제, 소거하여 항염증, 항암 및 항균작용 등의 효과를 나타낸다고 알려져 있다(Lee *et al.*, 2014; Qi *et al.*, 2013). 대표적인 약용버섯인 영지의 총 폴리페놀 함량은 16.8mg GAE/g인 것으로 보고된 것과 비교하여 간버섯속(OK1071)이 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내는 것을 알 수 있다(An *et al.*, 2019b). 각 야생버섯 추출액에 함유된 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능과의 피어슨 상관분석(Pearson's correlation)을 행한 결과는 Table 2와 같다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능의 상관계수(r)는 0.758 ($p < 0.01$)이며, 아질산염 소거능과의 상관계수(r)는 0.951 ($p < 0.01$)이다.

Table 2. Correlations between DPPH radical scavenging activity, Nitrite scavenging activity, and total polyphenol content.

Pearson's correlation	N	1	2	3
1. DPPH radical scavenging activity	24	1.00		
2. Nitrite scavenging activity	24	0.770**	1.00	
3. Total polyphenol content	24	0.758**	0.951**	1.00

** correlation is significant at the 0.01 level

수는 0.951 ($p<0.01$)로 1% 레벨에서 유의한 상관관계를 나타냈다. 이와 같은 결과는 전자공여능 활성에 따라 총 폴리페놀 함량을 많이 포함하고 있음을 예측할 수 있으며, Qi *et al.* (2013)과 Wang *et al.* (2003)은 라디컬 소거능에 따른 항산화활성은 자체 내 함유된 총 폴리페놀 함량과 밀접한 상관관계가 있다고 보고하고 있다.

베타글루칸 함량

국내 야생수집 버섯의 베타글루칸 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 가장 높은 베타글루칸 함량을 보인 야생버섯은 47.8 % (w/w)로 조개껍질버섯(OK1040)이었으며 양성 대조군인 Yeast와 비슷한 함량치를 보였다. 그 이외에 40% 이상을 함량을 보인 버섯은 43.9%의 구름송편버섯(OK1044), 41.8%의 간버섯속(OK1071)이었고, 나머지 버섯은 35.8~39.5%의 함량을 보였다. 버섯에 함유되어 있는 주요한 생리활성 물질 중 하나인 베타글루칸은 다당류의 일종으로 인체의 면역시스템에 작용하여 정상적인 세포조직의 면역기능을 활성화 시켜 백혈구의 수를 증가시킴으로써 세포조직의 면역을 향상시켜 항당뇨, 혈압조절 작용을 한다고 보고되고 있다. 또한 암세포가 있는 체내로 들어가 사이토카인(Cytokine)을 생산시킴으로서 면역세포인 T세포와 B세포의 활동을 도와 세포조직의 면역기능을 활성화 시켜주는 역할을 한다(Chandrasekaran *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2015). Kofuji *et al.* (2012)은 산화방지 목적으로 사용되는 젤라틴, 펙틴과 같은 중합체들보다 베타글루칸을 같은 농도로 처리하였을 경우 더 높은 항산화 활성을 보인다고 보고하고 있다. 타 버섯류에 비하여 높은 베타글루칸을 함유하고 있다고 알려진 꽃송이버섯의 베타글루칸 함량은 40% 이상인 것으로 알려져 있으며, 베타글루칸 고함유 느타리계통은 35.5%~40.1%의 함량이 보고되고 있으며, 동충하초 및 영지는 각각 45.1%, 31.6%의 함량이 보고되고 있다(An *et al.*, 2019b; Kim *et al.*, 2015; Seo *et al.*, 2016). 본 연구의 조개껍질버섯, 구름송편버섯, 간버섯속은 이와

비슷한 함량치를 보이고 있는 것으로 나타나 기능성 소재로서의 가치가 높을 것으로 사료된다.

적 요

국내 자생하는 야생버섯 추출물의 항산화 활성 및 베타글루칸 함량을 알아보기 위하여 버섯추출물에 대한 DPPH 라디컬 소거능, ABTS⁺ 라디컬 소거능, 총 폴리페놀 함량, 베타글루칸 함량을 분석하였다. 수집 야생버섯 중에서 DPPH 라디컬 소거능과 ABTS 라디컬 소거능이 높은 버섯은 간버섯속(OK1071), 명아주자작나무버섯(OK1090), 등갈색미로버섯(OK1094)이었다. 아질산염 소거능과 총 폴리페놀 함량은 간버섯속(OK1071)이 각각 74.2%와 37.7 mg GAE/g의 값을 나타내며 가장 높았다. 베타글루칸 함량은 조개껍질버섯(OK1040), 구름송편버섯(OK1044), 간버섯속(OK1071)이 각각 47.8%, 43.9%, 41.8%로 높은 수치를 나타냈다. 본 연구결과로부터 야생버섯들 중에서 항산화 활성 등이 우수한 버섯자원들이 존재하는 것을 확인하였으며, 기능성 소재로서의 활용가능성이 높을 것으로 기대한다. 더 나아가 국내 버섯산업의 확대를 위하여 토종 버섯자원을 이용한 새로운 천연물 유래 생리활성 물질로 활용하기 위한 기초자료로 활용도가 높으리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2019년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시험연구사업(과제번호 PJ01262503)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

An GH, Cho JH, Lee KH, Han JG. 2019a. Physiological

Table 3. Total glucan, α -glucan and β -glucan contents of wild mushrooms. Values given here are the means of three replicates (n=3). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.01$)

Strain #	Materials	Total glucan	α -glucan	β -glucan	
		(% w/w)			
OK1039	<i>Perenniporia subacida</i>	39.6±1.81	3.79±0.35	35.81±1.46	d
OK1040	<i>Lenzites betulina</i>	51.8±0.59	4.03±0.07	47.79±0.55	a
OK1041	<i>Cryptoporus volvatus</i>	42.6±0.98	4.42±0.16	38.18±1.01	cd
OK1044	<i>Trametes versicolor</i>	48.1±1.33	4.17±0.21	43.89±1.17	b
OK1057	<i>Gymnopus aquosus</i>	44.6±1.23	5.13±0.34	39.45±1.44	cd
OK1071	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	46.0±0.56	4.16±0.24	41.83±0.37	bc
OK1090	<i>Piptoporus soloniensis</i>	41.5±1.33	3.90±0.16	37.64±1.21	d
OK1094	<i>Daedalea dickinsii</i>	42.8±0.71	3.94±0.10	38.85±0.62	cd
YEAST (included in kit as a control)		53.8±2.00	4.91±0.03	48.88±2.01	

- activities of extracts of wild mushrooms collected in Korea. *J Mushrooms* 17: 70-77.
- An GH, Han JG, Lee KH, Cho JH. 2019b. Comparison of physiology activity of medicinal mushroom produced in Korea and China using different extraction solvents. *J Mushrooms* 17: 34-39.
- Asakawa Y, Hashimoto T, Mizuno Y, Tori M, Fukazawa Y. 1992. Cryptoporic acid A-G, drimane-types sesquiterpenoid esters of isocitric acid from *Cryptoporus volvatus*. *Phytochemistry* 31: 579-592.
- 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 Agri Food Chem* 55: 4781-4788.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1191-1200.
- Chang ST, Miles PG. 1989. Mushroom science in "Edible mushrooms and their cultivation" CRC Press, Inc. pp. 3-28.
- 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.
- 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 Mushroom Sci Prod* 12: 311-315.
- Cho JH, Park HS, Han JG, Lee KH, Jhune CS. 2015. Anti-diabetic efficacy of the alcoholic extracts in *Ganoderma* sp. and *Phellinus baumi*. *J Mushroom Sci Prod* 13: 326-329.
- Choi JS, Park SH, Choi JH. (1989). Nitrite scavenging effect by flavonoids and its structure-effect relationship. *Archives of Pharmacol Research* 12: 26-33.
- 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 SJ, Lee YS, Kim JK, Kim JK, Lim SS. 2010. Physiological activities of extract from edible mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1087-1096.
- 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.
- 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.
- 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 *Escherichiacoli* 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.
- Hossain S, Hsahimoto M, Choudhury EK, Alam N. 2003. Dietary mushroom *Pleurotus ostreatus* ameliorated atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats. *Clin Exp Pharmacol P* 30: 470-475.
- 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 Tech* 32: 928-945.
- Kim DH, Park SR, Debnath T, Hasnat MDA, Pervin M, 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.
- 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.
- Kofuji K, Aoki A, Tsubaki K, Konishi M, Isobe T, Murata Y. 2012. Antioxidant activity of β -glucan. *ISRN Pharmaceutics* vol. 2012. Article ID 125864.
- Krik PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. 2001. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. 9th edition, CAB International publishing, pp. 650
- Lee JH, Do JR, Chung MY, Kim KH. 2014. Antioxidant activities of *Pleurotus cornucopiae* extracts by extraction conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 836-841.
- Lillian B, Paula B, Daniela M, Susana C, Beatriz O, Isabel C. 2007. Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chem* 105: 140-145.
- Manzi P, Aguzzi A, Pizzoferrato L. 2001. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chem* 73: 321-325.
- Morimura K, Hiramatus K, Yamazaki C, Hattori Y, Makabe H, Hirota M. 2009. Daedalin A, a metabolite of *Daedalea dickinsii*, inhibits melanin synthesis in an *in vitro* human skin model. *Biosci Biotechnol Biochem* 73: 627-632.
- Myung JE, Hwang IK. 2008. Functional components and antioxidative activities of soybean extracts. *Kor Soybean Digest* 25: 23-29.
- 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. *Korean J Mushroom Sci* 7: 49-52.
- Noh HJ, Choi SI, Lee KH, Jang KY, Cho JH, Sung GH, Kim GS, Lee SE, Kim SY. 2011. Anti-inflammatory effects of mushroom extracts in Korea. *J Mushroom Sci Pro* 9: 84-86.
- Park WH, Lee JH. 2011. New wild fungi of Korea. Kyohak Publishing Co., Ltd.
- Rohr CO, Levin LMN, Mentaberry AN, Wirth SA. 2013. A first insight into *Pycnoporus sanguineus* BAFC 2126 transcriptome. *PLOS one* 8: e81033.
- Sanyal T, Ghosh SK. 2019. Anti-cancer property of *Lenzites betulina* (L) Fr. on cervical cancer cell lines and its anti-

- tumor effect on HeLa-implanted mice. BioRxiv.
- Seo SH, Park SE, Moon YS, Lee YM, Na CS, Son HS. 2016. Component analysis and immo-stimulating activity of *Sparassis crispa* stipe. *Korean J Food Sci Technol* 48: 515-520.
- 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.
- Stanidsh LJ, Wenner CA, Sweet ES, Bridge C, Nelson A, Martzen M, Novack J, Torkelson C. 2008. *Trametes versicolor* mushroom immune therapy in breast cancer. *J Soc Integr Oncol* 6: 122-128.
- Qi Y, ZhaoX, 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.
- Wen CN, Hu DB, Bai X, Wang F, Li ZH, Feng T. 2016. Chemical constituents from fruiting bodies of basidiomycete *Perenniporia subacida*. *Fitoterapia* 109: 179-184.
- Wu ZY. 1990. Xin-Hua compendium of materia medica. *Shanghai Science and Technology Publishing House*, Shanghai.