

RESEARCH ARTICLE

참나무 수종별 톱밥재배에 따른 표고의 항산화 특성

서수영, 박영애, 장영선*, 가강현

국립산림과학원 화학미생물과

Antioxidant Properties of *Lentinula edodes* after Sawdust Bag Cultivation with Different Oak Substrates

Sooyoung Seo, Youngae Park, Yeongseon Jang*, Kang-Hyeon Ka

Wood Chemistry and Microbiology Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

*Corresponding author: idjys@korea.kr

Abstract

We evaluated the antioxidant properties of *Lentinula edodes* upon sawdust bag cultivation with 5 oak substrates: *Quercus acutissima*, *Q. mongolica*, *Q. serrata*, *Q. aliena*, and *Q. variabilis*. We found that the optimal extraction conditions were 70% (v/v) methanol shaken at 150 rpm at 25°C and 150 rpm for 24 h. The methanolic extracts from *L. edodes* contained high phenolic and flavonoid contents, they also exhibited stronger antioxidant activities. The total phenolic contents and total flavonoid contents of the mushroom extracts ranged from 2.37 to 3.12 milligrams of gallic acid equivalents per gram of dried mushroom (mg GAE/g) and 0.48 to 0.48 milligrams of quercetin equivalents per gram of dried mushroom (mg QE/g), respectively. In addition, the mushroom extracts exhibited 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (15.8% to 89.4%) at 2 to 10 mg/mL, ferric reducing antioxidant power (0.153 to 0.425) at 5 to 20 mg/mL, and reducing power (0.078 to 0.359) at 5 to 20 mg/mL, respectively. *Q. aliena* more effectively increased total phenolic contents, total flavonoid contents, and antioxidant activities than the other oak substrates.

Keywords: Antioxidant activity, *Lentinula edodes*, Sawdust bag cultivation

OPEN ACCESS

Kor. J. Mycol. 2017 June, 45(2): 121-131
<https://doi.org/10.4489/KJM.20170015>

pISSN : 0253-651X
 eISSN : 2383-5249

Received: 1 February, 2017

Revised: 8 May, 2017

Accepted: 11 May, 2017

© The Korean Society of Mycology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

천연 항산화제의 대부분은 살아있는 식물체 내에 존재하는 페놀성 화합물로 나무, 줄기, 잎, 열매, 뿌리, 꽃, 씨앗 등에 존재하며, 이들 성분은 유리 라디칼 생성을 지연시키거나 활성을 저해하는 항산화 물질로 작용한다[1].

버섯은 페놀 화합물, 테르펜, 다당류 및 스테로이드와 같은 항산화 효과를 가진 다양한 생

리활성 물질을 포함하고 있다[2, 3]. 생리활성 화합물 중에서 폴리페놀 및 플라보노이드 화합물은 자유 라디칼 소거능, 금속 킬레이트, 효소 억제 활성 및 지질 산화 억제 등의 다양한 작용들을 한다. 그리고 버섯은 천연 산화 방지제 및 잠재적인 항산화 첨가제의 천연 소재로서 유용할 것으로 간주되고 있다[4].

표고는 성인병 예방, 암세포 증식 억제, 고혈압, 당뇨병 및 혈압을 낮춰주는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[5, 6]. 면역기능을 높여 항암 효과를 나타내는 렌티난, 혈액 중 콜레스테롤을 제거하여 고혈압, 동맥경화 등 성인병 예방 효과를 나타내는 에리타데닌, 그리고 체내에서 비타민 D로 생성되어 칼슘의 흡수를 높여 주는 에르고스테롤 등을 많이 함유하고 있다[7, 8].

버섯을 재배하기 위한 방식이 다양해지면서 품질의 균일화 및 수량성이 높은 혼합배지를 개발하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 배지의 물리적 특성으로 공극량, 충전량, 밀도 등이 중요한 요인이며, 화학적 특성으로는 pH, 수분함량, 영양원 조성 등이 적합하여야 버섯의 발생 및 생육이 정상적으로 이루어질 수 있다[9]. 표고의 생산은 원목과 톱밥 재배로 나뉘는데 최근에는 톱밥재배가 늘어나는 추세이며 배지 재료로는 표고 재배가 용이한 참나무를 많이 사용하고 있다.

표고의 항산화 활성에 관한 연구는 열수 추출, 에탄올 추출, 메탄올 추출, 에틸아세테이트 추출과 에테르 추출에서 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 전자공여능 등을 이용한 항산화 활성 등이 일부 보고되고 있으며 추출 용매에 따라 상이한 결과가 보고되고 있다[10, 11]. 또한 추출 용매뿐 아니라 재배조건, 재배기질에 따른 항산화 활성의 차이들이 보고되고 있다[12, 13]. 본 연구에서는 일반적으로 표고 재배에서 사용되는 참나무류에 따라 표고의 항산화 활성이 차이가 있는지에 대하여 알아보려고 하였다. 본 연구에서는 상수리나무(*Quercus acutissima*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 갈참나무(*Q. aliena*), 굴참나무(*Q. variabilis*)로 톱밥재배한 표고로부터 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant capacity (FRAP), reducing power 등의 항산화 활성을 조사하였다.

재료 및 방법

배지 제조

본 실험에는 국립산림과학원 균주보존실에 보관중인 풍년고(Poongnyunko) 균주를 potato dextrose agar (PDA; Difco, Detroit, MI, USA) 평판배지에 접종하여 10일간 배양하여 사용하였다. 배지는 상수리나무(*Q. acutissima*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 갈참나무(*Q. aliena*), 굴참나무(*Q. variabilis*)를 주재료로 하여, 5개의 수종별 톱밥에 미강을 8 : 2 (w/w) 비율로 섞고 함수율 65%로 조절한 이후에 사각 비닐봉지에 2,000 g씩 넣고 121°C에서 90분간 고압멸균을 실시하였다. 고압멸균이 끝난 배지는 20°C로 조절된 멸균실에서 충분히 냉각한 이후에 사각배지 상면에 균주를 30~40 g씩 접종하였다. 각 수종별로 접종한 톱밥배지는 22 ± 1°C 배양실에서 120일간 (암배양 90일과 명배양 30일) 배양하였다.

표고 생산성 검정

각 수종별로 집중한 톱밥배지는 120일간 배양을 마치고 배지의 비닐봉지를 전면 개봉하여 1차 발생을 진행하였다. 발생 기간 동안에는 내부 온도는 $18 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도는 $90 \pm 5\%$ 로 설정한 공조시설을 이용하였다. 1차 발생 작업한 후에 2주간 휴양 기간을 주었으며, 휴양 후에는 배지를 침수조에 24시간 침수하는 방식으로 충분히 수분을 공급하고 다음 발생을 진행하였다. 발생 작업은 총 3차까지 진행하였고, 각 차수에 수확된 표고는 무게 및 수량을 조사한 후에 50°C 드라이 오븐에서 72시간 동안 건조시켰다.

시료 추출

건조된 표고는 분쇄하여 $100 \mu\text{m}$ mesh의 체로 걸렀다. 표고 분말 1g을 70% methanol 10 mL에 녹이고 25°C , 150 rpm에서 24시간 동안 교반하여 추출하였다. 표고 추출물은 3,500 rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상등액은 $0.45 \mu\text{m}$ syringe filter로 여과한 후에 -4°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법을 이용하여 측정하였다[14]. 표고 추출물 1.0 mL는 0.2 N Folin Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 5.0 mL를 첨가하여 5분 동안 반응시킨 후, 7.5% Na_2CO_3 4 mL를 첨가하였다. 반응액은 암소에서 1시간 동안 반응시켜 Epoch Microplate Spectrophotometer (BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 표준곡선으로부터 계산하였고 mg/g으로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Xu와 Chang의 방법을 이용하여 측정하였다[15]. 표고추출물 0.25 mL에 증류수 1.25 mL를 첨가한 후 5% sodium nitrite 75 μL 를 혼합하였다. 반응액은 실온에서 6분 동안 반응시킨 후, 10% aluminium nitrate 150 μL 를 넣고 5분 동안 반응시켰다. 반응액은 1M NaOH 0.5 mL와 증류수 2.5 mL를 넣고 혼합하여 상온에서 10분간 정치한 후, Epoch Microplate Spectrophotometer를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질은 quercetin (Sigma-Aldrich)을 사용하여 표준곡선으로부터 총 플라보노이드를 계산하였고 mg/g으로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거 활성은 Blois의 방법을 이용하여 측정하였다[16]. 표고 추출물 1.0 mL에 0.2 mM DPPH methanol 용액 1.0 mL를 혼합한 후 암소에서 30분간 반응시킨 후 Epoch Microplate Spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조구는 ascorbic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하였고, 공시험은 추출 용매를 사용하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 시료 용액의 대조구와 시료 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 산출하였

으며, DPPH 라디칼을 50% 저해하는 농도인 IC₅₀ (half maximal inhibitory concentration)을 구하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성(%) = (대조구 흡광도 - 시료 첨가구 흡광도) / 대조구 흡광도 × 100

FRAP 측정

FRAP 측정은 Benzie와 Strain의 방법에 준하여 측정하였다[17]. 환원력의 측정을 위하여 기질 용액은 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) 용액 및 20 mM FeCl₃ · 6H₂O를 각각 10 : 1 : 1 (v/v/v)의 비율로 미리 혼합한 다음 37°C 항온 수조에서 가온한 것을 사용하였다. 표고 추출물 200 µL에 FRAP reagent 3.0 mL를 혼합한 다음 37°C에서 30분간 반응시킨 후 Epoch Microplate Spectrophotometer를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Reducing power 측정

Reducing power 측정은 potassium ferricyanide법을 이용한 Oyaizu의 방법을 이용하여 측정하였다[18]. 표고 추출물 1.0 mL에 phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide를 각 2.5 mL씩 차례로 첨가하여 교반한 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응액은 10% trichloroacetic acid 용액 2.5 mL을 가하여 3,500 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL과 ferric chloride 0.5 mL를 첨가하여 혼합한 후 Epoch Microplate Spectrophotometer를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

각 시료는 참나무 수종별 배지당 5회 반복, 향산화 분석은 3회 반복으로 수행된 결과값을 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, 모든 항목에 대한 상관관계를 알아보기 위해 SPSS 프로그램 (PASW Statistics 18; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA로 분석 후 Duncan's multiple range test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

재배 수종에 따른 표고 생산성 조사

참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 표고가 모두 발생하였으며, 1차 발생 이후에는 수확량이 급격히 떨어지는 경향을 나타내 표고 발생이 저조한 것으로 나타났다. 총 재배 기간은 3차까지 수확하였을 때의 표고 생산량을 나타내었으며 Table 1과 같다. 참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 수확한 표고는 졸참나무에서 734 g으로 가장 높은 생산성을 나타내었다. 나머지 수종에서는 갈참나무 591 g, 굴참나무 458 g, 신갈나무 388 g, 상수리나무 358 g 순으로 나타났으며 수종에 따른 톱밥재배한 표고의 생산성은 차이가 났다. 개체수는 졸참나무가 39개, 갈참나무가 33개, 굴참나무가 31개, 신갈나무 29개, 상수리나무 26개로 나타났다. 개당 무게는 졸참나무가 19.7 g, 갈참나무가 17.5 g, 굴참나무가 15.5 g, 신갈나무 13.3 g, 상수리나무 13.7 g으로 나타났다. 표고의 생산성 및 자실체 특성을 조사한 결

과, 졸참나무가 다른 수종에 비해서 우수한 것으로 나타났다. 또한 재배 기간이 후반으로 진행될수록 발생한 버섯의 생산성과 개체수가 감소하는 경향을 나타냈다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

본 연구에서 참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 수확한 표고의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 Table 2와 같다. 표고의 총 폴리페놀 함량은 갈참나무(3.12 mg GAE/g), 굴참나무(2.73 mg GAE/g), 상수리나무(2.64 mg GAE/g), 졸참나무(2.62 mg GAE/g), 신갈나무(2.37 mg GAE/g) 순으로 나타났다. 기존에 보고된 풀버섯(0.73 mg/g)과 표고(0.49 mg/g)와는 다르게 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내었다[19].

총 플라보노이드 함량은 갈참나무(0.84 mg QE/g), 상수리나무(0.67 mg QE/g), 굴참나무(0.58 mg QE/g), 신갈나무(0.49 mg QE/g), 졸참나무(0.48 mg QE/g) 순으로 나타났다. 5가지 식용 가능한 버섯(*Lentinus edodes*, *Volvariella volvacea*, *Pleurotus ostreatus*, *P. sajor-caju*, *Auricularia auricular*)에서 용매를 달리하여 추출한 총 플라보노이드의 함량 범위는 0.24 ~ 9.05 mg QE/g으로 나타났다[4].

총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 공통적으로 갈참나무에서 톱밥재배한 표고가 다른 수종들에 비해 높게 나타났다. 현재까지 국내산 참나무 수종을 이용한 추출 성분에 대한 기초적인 연구는 부족한 실정이지만, 국내산 참나무류(상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무) 화분의 농도별, 추출 용매별 그리고 처리 조건별로 항산화 활성을 측정할 결과에 의

Table 1. The relative yields of *Lentinula edodes* according to different oak substrates

Oak substrates	Yield (g) ^A	Number of fruit bodies (ea) ^B	Individual weight (g) ^C
<i>Quercus acutissima</i>	388.04 ± 98.84 ^b	29.00 ± 1.00 ^a	13.32 ± 2.94 ^a
<i>Quercus mongolica</i>	358.19 ± 97.49 ^b	26.00 ± 5.57 ^a	13.66 ± 0.97 ^a
<i>Quercus serrata</i>	733.90 ± 164.51 ^a	39.00 ± 13.53 ^a	19.65 ± 4.26 ^a
<i>Quercus aliena</i>	591.20 ± 226.37 ^{ab}	33.00 ± 6.08 ^a	17.51 ± 3.32 ^{ab}
<i>Quercus variabilis</i>	457.87 ± 130.94 ^{ab}	30.67 ± 12.22 ^a	15.45 ± 2.35 ^{ab}

Values are mean ± SD, n = 5. Means with different letters on the same column are significantly different for $p < 0.05$.

^AAverage weight of fruit bodies by total number of oak substrates media.

^BTotal number of fruit bodies divided by total number of oak substrates media.

^CAverage weight of fruit bodies.

Table 2. The total polyphenol and total flavonoid contents in methanol extracts of *Lentinula edodes* by different oak sawdusts on bag cultivation

Item	Oak substrates				
	<i>Quercus acutissima</i>	<i>Quercus mongolica</i>	<i>Quercus serrata</i>	<i>Quercus aliena</i>	<i>Quercus variabilis</i>
Total polyphenol contents (mg GAE/g dry basis)	2.64 ± 0.03 ^c	2.37 ± 0.02 ^d	2.62 ± 0.03 ^c	3.12 ± 0.02 ^a	2.73 ± 0.02 ^b
Total flavonoid contents (mg QE/g dry basis)	0.67 ± 0.10 ^b	0.49 ± 0.02 ^d	0.48 ± 0.10 ^d	0.84 ± 0.08 ^a	0.58 ± 0.03 ^{cd}

GAE, Gallic acid equivalent; QE, Quercetin equivalent.

Values are mean ± SD, n = 3. Means with different letters on the same row are significantly different for $p < 0.05$.

하면 50% 에탄올 추출물의 활성보다 100% 에탄올 추출물의 활성이 높게 나타났으며, 졸참나무의 총 폴리페놀 함량이 100% 에탄올 추출물에서 125.10 µg/mL로 다른 수종에 비해 가장 높게 나타났다[20]. 이전 연구를 통해 표고 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량은 참나무 수종 및 추출 용매에 따라 유의적으로 차이가 나는 것으로 보였고, 그 외에도 영양 성분, 재배 환경, 추출 방법 및 추출 용매 등의 영향으로 차이가 나는 것으로 생각된다.

DPPH 라디칼 소거능

참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 수확한 표고 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 1과 Table 3에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출 농도에 따라 유의적인 차이를 보였으며 2~10 mg/mL의 농도 범위에서 갈참나무(27.7~89.4%)와 상수리나무

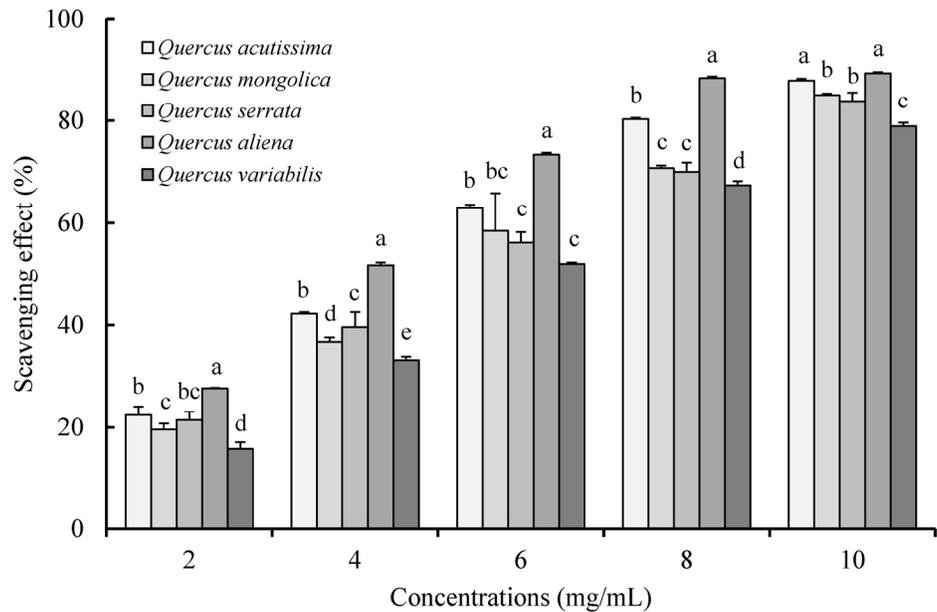


Fig. 1. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity of methanolic extracts from *Lentinula edodes*. Values are presented as means ± SD (n = 3). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p < 0.05$.

Table 3. IC₅₀ values of antioxidant properties from methanolic extracts of *Lentinula edodes*

Oak substrates	DPPH ^A	FRAP ^B	Reducing power ^C
<i>Quercus acutissima</i>	4.92 ± 0.07 ^d	29.00 ± 0.98 ^c	33.70 ± 2.11 ^c
<i>Quercus mongolica</i>	5.61 ± 0.06 ^b	36.77 ± 2.40 ^a	36.90 ± 1.22 ^a
<i>Quercus serrata</i>	5.46 ± 0.05 ^c	34.23 ± 0.20 ^b	38.55 ± 0.68 ^a
<i>Quercus aliena</i>	3.98 ± 0.03 ^e	24.41 ± 0.30 ^d	27.99 ± 0.79 ^d
<i>Quercus variabilis</i>	6.07 ± 0.04 ^a	30.35 ± 1.06 ^c	34.45 ± 1.96 ^{bc}

DPPH, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; FRAP, ferric reducing antioxidant capacity.

Values are mean ± SD, n = 3. Means with different letters on the same column are significantly different for $p < 0.05$.

^A IC₅₀ values represent the concentration requires for 50% inhibition.

^B IC₅₀ values represent the concentration requires for 50% inhibition.

^C IC₅₀ values represent the concentration requires for 50% inhibition.

(22.4~87.9%)를 배지 재료로 하여 재배한 표고 추출물이 가장 높은 항산화 활성을 나타내었고, 신갈나무(19.6~85.0%), 졸참나무(21.5~83.9%), 굴참나무(15.8~78.9%) 순으로 나타났다. 참나무 수종별 표고의 IC₅₀ 값은 갈참나무(3.98 mg/mL), 상수리나무(4.92 mg/mL), 졸참나무(5.46 mg/mL), 신갈나무(5.61 mg/mL), 굴참나무(6.07 mg/mL) 순으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성이 갈참나무를 배지 재료로 하여 재배한 표고 추출물이 가장 높게 나타났다. 본 연구의 결과는 Siddhuraju 등[21]에서 총 페놀 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거활성이 상관관계가 있다고 한 것과 동일한 결과이다.

FRAP

참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 수확한 표고 추출물의 FRAP의 결과는 Fig. 2와 Table 3에 나타내었다. 표고 추출물의 FRAP 결과를 보면 농도 의존적으로 항산화 활성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 갈참나무를 배지 재료로 하여 재배한 표고 추출물의 농도 5~20 mg/mL일 때 0.182~0.425으로 가장 높은 활성을 나타냈다. FRAP의 IC₅₀ 값은 갈참나무(24.41 mg/mL), 상수리나무(29.00 mg/mL), 굴참나무(30.35 mg/mL), 졸참나무(34.23 mg/mL), 신갈나무(36.77 mg/mL) 순으로 나타났다. 느타리[22], 상황버섯[23], 차가버섯[24], 해송이[25], 노루궁뎅이[26] 등에서 항산화 활성 측정 결과를 보면 시료의 추출 방법 및 실험 방법에 따라 총 페놀 화합물 함량과 항산화 활성이 항상 비례하지는 않았다. 하지만, Rice-Evans 등[27]의 연구에 의하면 총 페놀 화합물의 함량이 높을수록 항산화 활성이 증가되는 것으로 알려져 있으며 본 연구의 결과에서 FRAP을 측정하였을 때, 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 항산화 성분의 함량이 높을 때 높은 활성을 보이는 동일한 결과를 확인할 수 있었다.

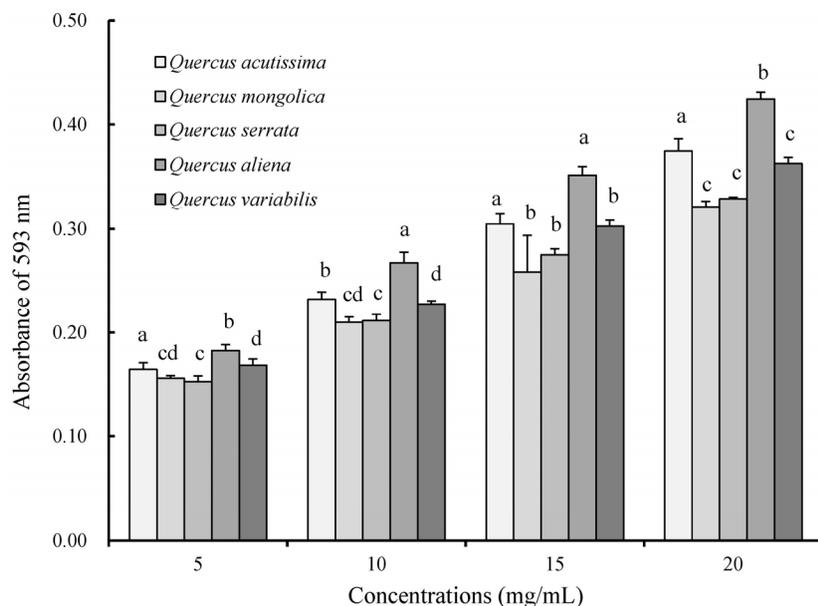


Fig. 2. Ferric reducing antioxidant capacity of methanolic extracts from *Lentinula edodes*. Values are presented as means \pm SD (n = 3). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p < 0.05$.

Reducing power

참나무 수종을 달리해서 톱밥재배한 배지로부터 수확한 표고 추출물의 reducing power는 Fig. 3과 Table 3에서 나타내었다. 표고 추출물의 농도가 증가함에 따라 흡광도가 증가하였으며, 농도 20 mg/mL에서 갈참나무(0.359)를 배지 재료로 하여 재배한 표고 추출물이 가장 높은 환원력을 나타냈다. 나머지 시료에서는 상수리나무(0.297), 굴참나무(0.297), 신갈나무(0.274), 졸참나무(0.263) 순으로 나타났다. Reducing power의 IC₅₀ 값 측정 결과는 갈참나무(27.99 mg/mL), 상수리나무(33.70 mg/mL), 굴참나무(34.45 mg/mL), 신갈나무(36.90 mg/mL), 졸참나무(38.55 mg/mL) 순으로 나타났으며, 갈참나무를 배지 재료로 하여 재배한 표고의 환원력이 가장 높게 나타났다. Sarikurkcu 등[28]에 의하면 민달걀버섯, 굽다리갈대기버섯, 주홍갓버섯의 reducing power의 결과, 모든 추출물 20 mg/mL의 농도에서 흡광도 1보다 높은 결과값을 나타내어 본 연구에서 측정한 표고 추출물과는 흡광도에 큰 차이가 있었다. Shimada 등[29]의 보고에 따르면 reducing power는 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량에 영향을 받으며 자유 라디칼과 반응하여 연쇄 반응을 안정화시키고 종결시키기 위해 전자를 보냄으로써 자유 라디칼 시슬을 파괴할 수 있다고 보고 되고 있다.

본 연구에서 참나무 수종을 달리하여 톱밥재배한 표고를 건조하여 70% methanol을 이용해 추출한 표고 추출물의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량, 항산화 활성을 측정한 결과는 갈참나무에서 톱밥 재배한 표고 추출물이 다른 수종별 톱밥배지에서 재배한 표고 추출물보다 유의적으로 더 높은 경향을 나타내었다. 따라서 이를 기초로 하여 항산화 활성이 우수한 표고를 재배하고자 한다면 참나무 수종 중에서 갈참나무 수종을 사용하는 것을 권장할 수 있을 것이라 생각된다.

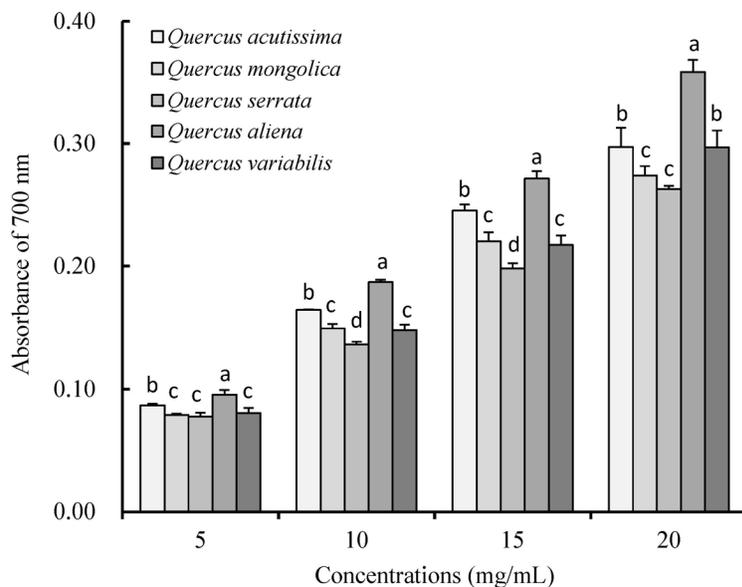


Fig. 3. Reducing power of methanolic extracts from *Lentinula edodes*. Values are presented as means ± SD (n = 3). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p < 0.05$.

적 요

본 연구에서는 참나무 수종을 달리하여 톱밥재배한 표고의 항산화 활성을 알아보기 위해 건조된 표고를 70% methanol로 추출하여 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거활성, ferric reducing antioxidant capacity (FRAP), reducing power를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 갈참나무로 톱밥재배 한 표고가 3.12 mg GAE/g과 0.84 mg QE/g으로 다른 수종에 비해 가장 높게 나타났다. DPPH 라디칼 소거활성 측정 결과, 10 mg/mL일 때 다른 수종에서 재배한 표고에 비해 갈참나무(89.4%)와 상수리나무(87.9%)에서 가장 높았다. FRAP은 갈참나무일 때 0.425로 가장 높게 나타났고, reducing power도 역시 갈참나무에서 0.359로 가장 높게 나타내었다. 참나무 수종에 따른 표고의 항산화 활성은 갈참나무로 톱밥재배한 것이 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과로 동일한 균주를 이용하더라도 톱밥재료에 따라 표고의 항산화 활성이 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Acknowledgements

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through Golden Seed Project, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (213007-05-1-SBH 10) and Application study on bottle cultivation method of *Letinula edodes* for automated mushroom cultivation (FP 0801-2016-1).

REFERENCES

1. Kim SM, Kim DY, Park HR, Seo JH, Yeom BM, Jin YJ, Pyo YH. Screening the antioxidant components and antioxidant activity of extracts derived from five varieties of edible spring flowers. *Korean J Food Sci Technol* 2014;46:13-8.
2. Islam T, Yu X, Xu B. Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China. *LWT Food Sci Technol* 2016;72:423-31.
3. Kues U, Liu Y. Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol* 2000;54:141-52.
4. Boonsong S, Klaypradit W, Wilaipun P. Antioxidant activities of extracts from five edible mushrooms using different extractants. *Agric Nat Resour* 2016;50:89-97.
5. Lee WH, Kim IY, Ko HG, Kim SC, Choi SG, Noh JH, Park HS. Cultural characteristics and formation of fruiting body in *Lentinula edodes*. *J Mushrooms* 2014;12:24-8.
6. Choi MY, Jung TY, Hahm KJ. Cytotoxic effects of hot water soluble polysaccharides from mushroom, *Lentinus edodes* and vitamin A & E supplementation against P388 cells. *Korean J Nutr* 1995;28:1091-9.
7. Jiang T, Luo Z, Ying T. Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Food Chem* 2015; 172:692-8.

8. Tian Y, Zhao Y, Huang J, Zeng H, Zheng B. Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chem* 2016;197:714-22.
9. Lee CJ, Jhune CS, Cheong JC, Kong WS, Suh JS, Park GC, Park CG, Shin YS. Cultural characteristics of oyster mushroom (*Pleurotus ostratus*) on addition rate of *Cudrania tricuspodata*. *J Mushroom Sci Prod* 2012;10:129-35.
10. Cheung LM, Cheung PC, Ooi VE. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem* 2003;81:249-55.
11. Kim MJ, Chu WM, Park EJ. Antioxidant and antigenotoxic effects of shiitake mushrooms affected by different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012;41:1041-8.
12. Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HI, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, et al. Antioxidant compounds and antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012;41:302-9.
13. Woo KS, Seo HI, Lee YH, Kim HY, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung KY, Nam MH, Oh IS, et al. Antioxidant compounds and antioxidant activities of sweet potatoes with cultivated conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012;41:519-25.
14. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965;16:144-58.
15. Xu BJ, Chang SK. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *J Food Sci* 2007;72:S159-66.
16. Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 1958; 181:1199-200.
17. Benzie IF, Strain JJ. 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. *Methods Enzymol* 1999; 299:15-27.
18. Oyaizu M. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr Diet* 1986;44: 307-15.
19. Fu HY, Shieh DE, Ho CT. Antioxidant and free radical-scavenging activities of edible mushrooms. *J Food Lipids* 2002;9:35-43.
20. Park YK, Kim CW, Kim JH, Kim SH, Han SU, Choi YS. Antioxidant activity of pollens from *Quercus* spp. in Korea. *J Apic* 2015;30:299-306.
21. Siddhuraju P, Mohan PS, Becker K. Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers, and fruit pulp. *Food Chem* 2002;79:61-7.
22. Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 1996;28:464-9.
23. Kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH, Kim DI. Antioxidative and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2008;37:684-90.
24. Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. Antioxidative activities of temperature - stepwise

- water extracts from *Inonotus obliquus*. J Korean Soc Food Sci Nutr 2005;34:139-47.
25. Xu XM, Jun JY, Jeong IH. A Study on the antioxidant activity of Hae-songi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 2007;36:1351-7.
 26. Kim SR, Kim MR. Physicochemical characteristics and antioxidant activity, antimutagenicity, and cytotoxicity of hot-water extract of *Hericium erinaceus*. Korean J Food Cook Sci 2012;28:569-77.
 27. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radic Biol Med 1996;20:933-56.
 28. Sarikurkcü C, Tepe B, Semiz DK, Solak MH. Evaluation of metal concentration and antioxidant activity of three edible mushrooms from Mugla, Turkey. Food Chem Toxicol 2010;48:1230-3.
 29. Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. J Agric Food Chem 1992;40:945-8.