

# 망태버섯 추출물의 항산화, 베타글루칸 및 아미노산 함량 분석

안기홍 · 조재한 · 한재구\*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

## Analysis of antioxidant activities, $\beta$ -glucan, and amino acid contents of *Phallus indusiatus*

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

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

**ABSTRACT:** The antioxidant activities and  $\beta$ -glucan contents of hot-water extracts of the eggs and fruiting bodies of *Phallus indusiatus* were investigated using different drying methods, and the amino acid contents as nutritional components of the eggs and fruiting bodies of *P. indusiatus* were analyzed. DPPH radical scavenging and nitrite scavenging activities of hot-water extracts of the eggs of *P. indusiatus* obtained after hot-air drying were 59.4% and 15.6%, respectively, at 1 mg/ml concentrations, which showed higher activities than those of freeze dried samples. Total polyphenol and  $\beta$ -glucan contents in hot-air-dried hot-water extracts of the eggs of *P. indusiatus* were 8.25 mg GAE/g and 45.9%, respectively, which were the highest among all samples. Additionally, 17 amino acids were detected from the hot-water extracts of the eggs and fruiting bodies of *P. indusiatus*, and the amino acid contents were higher in the eggs than in the fruiting bodies. Cysteine, phenylalanine, and glutamic acid were the most abundant essential and non-essential amino acids in the analyzed extracts. The results of this study showed that the physiological activities of the antioxidants from *P. indusiatus*, well known as wild edible mushroom, were greater when extracted from the dried samples. Further, the amino acid contents were higher in the egg extracts than in the extracts from the fruiting bodies of *P. indusiatus*.

**KEYWORDS:** Amino acid contents, Antioxidant activity,  $\beta$ -glucan contents, *Phallus indusiatus*

### 서 론

산소는 생체 내에서 필요한 에너지 공급을 위해 필수불가결한 분자이다. 이처럼 호흡과정 중에서 생체 내에 유입된 산소는 대사과정을 통하여 일부는 흔히 유해산소

라 알려진 활성산소로 전환이 된다. 즉, 활성산소는 가장 안정한 형태의 산소인 삼중항산소( $^3O_2$ )가 산화, 환원과정에서 생성되는 일중항산소인 superoxide ( $^{\cdot}O_2$ )와 hydroxyl radical (OH)과 같은 짝짓지 않은 상태의 자유 라디칼 및 과산화수소( $H_2O_2$ )를 통칭한다(Papa and Skulachev, 1997).

활성산소는 불안정하고 산화력이 높아 생체물질과 쉽게 반응하기 때문에 인체 내에서 제거되지 못하면 산화적 스트레스를 유발하게 되는데, 생체 내에는 superoxide dismutase (SOD), catalase, glutathione reductase 등의 생리학적 항산화 효소가 산소 상해에 대한 방어기능을 하고 있다(Kim *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2007). 하지만 과도한 산화적 스트레스는 지질과산화를 유도하고, 단백질, 세포막 및 DNA 등을 손상시켜 세포의 노화와 변형을 초래하여 세포의 기능장애가 발생함으로써 암, 동맥경화, 알츠하이머 병 등 다양한 질병이 유발하게 된다(Ames, 1983; Fridovich, 1986; Jeong *et al.*, 2008).

최근 식용식물, 약용식물 그리고 미생물로부터 항산화 효과가 높은 천연물질을 탐색하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 버섯에는 노화, 암 등의 생체 장애를

J. Mushrooms 2020 March, 18(1):37-44  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2020.18.1.37>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

Gi-Hong An(postdoc), Jae-Han Cho(Researcher), and Jae-Gu Han (Researcher)

\*Corresponding author  
 E-mail : hanjaegu@korea.kr  
 Tel : +82-43-871-5732

Received February 7, 2020  
 Revised February 27, 2020  
 Accepted March 19, 2020

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.

일으키는 활성산소의 산화반응 및 라디칼의 반응성을 억제할 수 있는 항산화물질이 다량 포함되어 있으며 (Barros *et al.*, 2007; Manzi *et al.*, 2001), 다량의 베타글루칸이 함유되어 면역활성체의 기능 및 항균, 항바이러스, 항종양 효과가 있다고 보고되고 있다 (Cho *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2010; Han *et al.*, 2015; Qi *et al.*, 2013). 이처럼 버섯의 다양한 생리활성 성분으로 인하여 그 이용과 관심이 점차 증가되고 있으며 유효성분 및 효능에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다 (Park *et al.*, 1995; Song *et al.*, 2003).

버섯은 그 자체로 독특한 풍미를 지니고 있으며 아미노산, 단백질, 무기질 등 인체에 중요한 영양성분을 함유하고 있다. 아미노산은 단백질 구성성분으로 세포의 성장과 유지하기 위한 신진대사 및 에너지 생성에 중요한 영양소이다 (Park *et al.*, 2017). 특히, 근육의 원료물질로 에너지를 발생시키며, 신진대사의 촉매역할과 인체조직의 재생과 회복에 크게 관여하는 것으로 알려져 있다. 아미노산은 크게 필수 아미노산과 비필수 아미노산으로 나뉜다. 필수 아미노산인 류신 (leucine, Leu), 라이신 (lysine, Lys), 메티오닌 (methionine, Met), 발린 (valine, Val), 이소류신 (isoleucine, Ile), 트레오닌 (threonine, Thr), 트립토판 (tryptophan, Tyr), 페닐알라닌 (phenylalanine, Phe), 히스티딘 (histidine, His)은 체내에서 합성되지 않으므로 반드시 음식물로 섭취해야 한다. 현재까지 주요 식·약용버섯의 균주, 배지조성, 품종, 재배 방법 등에 따른 아미노산 성분함량에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 오고 있다 (Cho *et al.*, 2012; Jhune *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2017).

망태버섯 (*Phallus indusiatus*)은 담자균류 (Basidiomycota)의 말뚝버섯목 (Phallales) 말뚝버섯과 (Phallaceae)에 속하는 버섯이다. 주로 우리나라를 비롯한 중국 및 대만, 일본 등의 대나무림 내의 땅위에 흩어져 나가나 무리지어 발생한다 (Han *et al.*, 2013). 이 버섯은 대나무의 낙엽을 분해하여 영양을 얻는 부후균으로 기온이 높고 강수량이 풍부한 7월에서 8월의 장마철에 주로 발생한다 (Nguyen *et al.*, 2013). 망태버섯의 자실체는 형태가 아름답고 맛이 진귀하여 중국에서는 식용버섯으로서 고급요리에 이용되고 있다 (Cho and Yu, 2008). 또한 이 버섯에는 항산화, 항염증 작용을 나타내는 생리활성 물질이 함유되어 있으며, 식품방부 기능이 있다고 알려져 있다 (Nguyen *et al.*, 2013; Park and Lee, 2011). 하지만 이 버섯의 영양 성분 및 생리활성 성분 등에 대해서는 아직까지 연구가 미비한 실정이라 사료된다. 망태버섯의 조리방법으로 주로 검은색 껍질부분을 제거한 후 물로 씻어 건조한 후 스프, 스투 등의 뜨거운 국물요리에 주로 이용되는 것을 감안하여 본 연구에서는 망태버섯의 성숙한 자실체 (fruiting body)와 균모와 자루가 돌출하기 전의 에그 (egg)를 대상으로 건조방법별로 열풍 건조한 시료와 동결 건조한 시료의 열수추출물을 이용하여 항산화 활성과 베타글루칸 함량, 아미노산

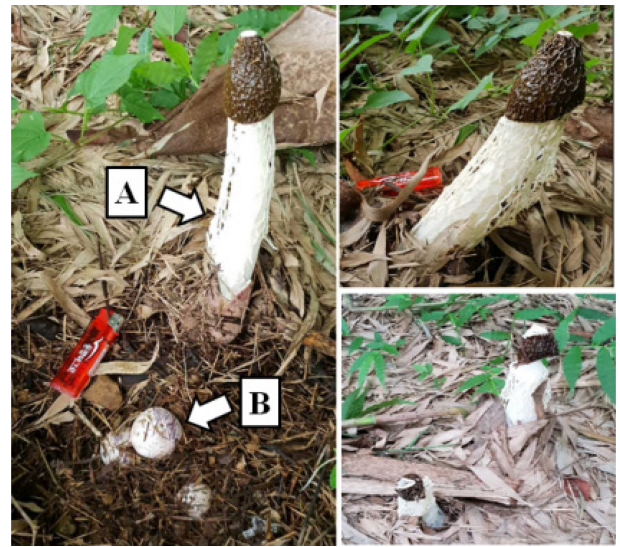


Fig. 1. Fruiting bodies (A) and eggs (B) of *Phallus indusiatus* used in this study.

성분함량의 차이를 알아보기 위하여 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 야생 망태버섯 수집

망태버섯의 자실체와 에그는 2019년 7월에 경남 진주시 소재의 국립산림과학원 산림바이오소재연구소 내의 대나무림에서 수집하였다. 자생지에서 수집된 망태버섯의 자실체와 에그는 Fig. 1과 같다. 수집된 망태버섯은 분자적 동정과 생리활성 성분분석에 이용하였으며, 건조표본 (specimen # : 190724-C01)은 국립원예특작과학원 버섯자원관리동에 보존 처리하였다.

### 생리활성 분석용 시료 제조

수집된 망태버섯 자실체와 에그 시료는 60°C 열풍건조기에서 24시간동안 건조하였다. 동결건조 시료는 동결건조기에서 3일 간 건조 후 추출시료로 사용하였다. 각 열풍건조 및 동결건조된 시료 5 g에 D.W. 100 ml을 가하여 60°C 반응조에서 24시간 추출하였다. 모든 버섯추출은 3반복으로 행하였다. 추출액은 원심분리하여 흡입 여과하였으며, 여과액을 회전감압농축기 (EYELA, Japan)를 이용하여 농축하였다. 농축된 버섯시료는 최종 1 mg/ml로 희석하여 DPPH 라디칼 소거능, 아질산염 소거능, 총 폴리페놀 함량 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 망태버섯 자실체와 에그로부터 열수추출물 각각 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.

**아질산염 소거능(Nitrite-scavenging activity)**

아질산염 소거능은 Gray와 Dugan (1975)의 방법으로 측정하였다. 1 mM NaNO<sub>2</sub> 0.1 ml에 망태버섯 자실체와 에그로부터 열수추출물 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 1:1 비율로 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. 망태버섯 자실체와 에그로부터 열수추출물 0.1 ml에 folin-denis reagent 0.02 ml를 가하고 3분간 정치시킨다. 그 후 1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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 acid의 표준곡선에 시료의 흡광도 측정값을 대입하여 농도를 결정하였다.

**베타글루칸 함량분석( $\beta$ -glucan contents)**

수집된 망태버섯 자실체와 에그의 건조시료에 대한 베타글루칸 함량은 Megazyme Kit (Mushroom and Yeast  $\beta$ -glucan Assay Procedure K-YBGL)을 이용하여 분석하였다. 흡광도 510 nm에서 측정된 토탈글루칸(total glucan)과 알파글루칸( $\alpha$ -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 알파글루

칸 함량을 빼준 값으로 계산하였다.

**아미노산 분석 시료조제**

수집된 망태버섯 자실체와 에그의 건조시료에 대한 아미노산 분석은 AccQ tag법을 사용하였다. 전처리는 염산가수분해법(Danial and Steven, 1993)을 적용하였다. 건조된 분말시료 0.1 g을 6 N HCl 1 ml와 혼합하여 Fluorescence Waters Pico-Tag Workstation으로 N<sub>2</sub> gas 충전 후 105°C에서 24시간 동안 가수분해하였다. 가수분해 후 원심분리하여 상등액 200  $\mu$ l을 취해서 speed-vacuum (Hanil, KR/AUTOSPIN 4080C)으로 농축한 다음 25 mM HCl 500  $\mu$ l에 녹였다. 이 용액을 1 ml 주사기에 취하여 syringe filter (Pall Syringe Filters with PVDF Membrane, 13 mm, 0.45  $\mu$ m)로 여과한 후 AccQ-Fluor Reagent Kit로 형광유도체화 반응시켰다. 형광유도체 반응은 AccQ fluor reagent : borate buffer : sample (standard) = 2 : 7 : 1로 total volume이 100  $\mu$ l가 되게 혼합한 후 55°C에서 9분간 반응시켜서 HPLC 분석시료로 사용하였다.

**HPLC에 의한 아미노산 성분 분석**

아미노산 성분 분석은 Waters 2795 Separations module, Waters 2475 Fluorescence detector, Empower pro software를 이용하였으며, 분석용 컬럼은 AccQ-Tag For Hydrolysate Amino Acid Analysis column (3.9  $\times$  150 mm)을 사용하였다. 이동상은 A용매로 10% AccQ-Tag Eluent A, B용매로 60% Acetonitrile를 gradient mode로 적용하였다(Table 1). Injection volume은 5  $\mu$ l를 주입하고 UV detector ( $\lambda$ =248 nm, 36°C)를 사용하여 검출하였다.

**통계처리**

모든 실험은 3회 이상 반복 수행하였으며, 얻어진 분석

**Table 1.** HPLC condition for the analysis of amino acids

Time (min)	Flow rate (ml/min)	Mobile phase A (%)	Mobile phase B (%)
0.0	1.0	100.0	0.0
0.5	1.0	98.0	2.0
15.0	1.0	93.0	7.0
19.0	1.0	90.0	10.0
27.0	0.9	67.0	33.0
32.0	0.9	67.0	33.0
33.0	0.9	67.0	33.0
34.0	1.0	0.0	100.0
37.0	1.0	0.0	100.0
38.0	1.0	100.0	0.0
45.0	1.0	100.0	0.0

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 ( $p < 0.05$ )을 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 망태버섯 자실체와 에그의 건조방법별 열수추출물의 DPPH 라디칼 소거능

망태버섯 자실체와 에그의 열풍건조 및 동결건조 시료 열수추출물 1 mg/ml 농도에서의 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). 망태버섯 에그의 열풍건조 후 열수추출물에서 라디칼 소거활성은 5% 유의수준에서 59.4%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 건조방법별로 살펴보면 열풍건조 후 추출물의 라디칼 소거능이 동결건조에 비하여 높았다. Nguyen *et al.* (2013)은 흰망태버섯 1 mg/ml 농도의 메탄올 추출물에서 93%의 소거활성을 보인다고 보고하였으며, Yoon and Lee (2019)에 의하면 같은 말뚝버섯과에 속하는 말뚝버섯의 메탄올추출물 1 mg/ml 농도에서 80% 이상의 라디칼 소거능을 보인다는 보고에 비하여 본 연구에서 수행한 열수추출물 1 mg/ml 농도에서의 DPPH 라디칼 소거활성이 비교적 낮은 것으로 나타났다. 하지만 본 연구결과 망태버섯의 열풍건조한 시료의 열수추출물이 동결건조한 열수추출물에 비하여 라디칼 소거능이 우수하였으며, 균모와 자루가 돌출하기 전의 에그 상태에서 라디칼 소거 활성이 자실체에 비

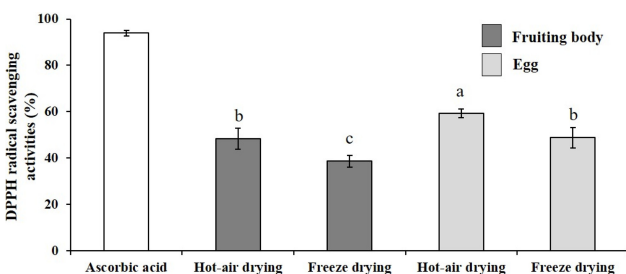


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of hot-water extracts (1 mg/ml concentrations) from eggs and fruiting bodies of *Phallus indusiatus* by different drying methods (hot-air drying and freeze drying). White bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications. Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

하여 높음을 알 수 있었다.

### 망태버섯 자실체와 에그의 건조방법별 열수추출물의 아질산염 소거능

망태버섯의 자실체와 에그의 건조방법 별 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 에그의 열풍건조 후 추출물 1 mg/ml 농도에서 아질산염 소거능은 5% 유의수준에서 15.6%로 다른 추출물 시료에 비하여 높은 소거활성을 보였다. 자실체 추출물의 경우, 동결건조 후 추출물이 열풍건조 후 추출물에 비하여 높은 소거활성을 나타내고 있었다. 아질산염을 일정 농도 이상 섭취하게 되면 헤모글로빈을 산화시켜 메트헤모글로빈 혈증(methemoglobinemia)과 같은 중독 증상을 유발시킨다(Jung *et al.*, 2000). 또한 아질산염과 2급 및 3급 amine 류와 반응하여 생성된 발암물질인 nitrosamine는 체내에서 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). 아질산염 소거능은 이러한 아질산염을 소거하여 질병을 억제할 수 있는 능력을 측정하기 위하여 주로 이용되는 방법 중에 하나이다. 야생수집 버섯류 중 식용가능한 버섯인 흰우담버섯(*Leucopoxillus giganteus*)의 열풍건조 시료의 에탄올추출물 1 mg/ml 농도에서 아질산염 소거능은 64.2%로 높은 소거활성을 보였으며, 다른 식용가능한 야생버섯인 노란갓버섯, 박막갈매기버섯, 젓비단그물버섯도 26.7% ~ 37.5%의 소거활성을 나타냈다(An *et al.*, 2019a). 이처럼 망태버섯의 자실체와 에그의 열풍 및 동결건조 시료 추출물의 아질산염 소거능은 다른 식용가능한 야생버섯류들에 비하여 낮은 활성을 나타내고 있었으나, 망태버섯 자실체가 생성되기 전의 에그 상태의 열풍건조한 시료의 열수추출물이 동결건조 후 열수추출물에 비하여 아질산염 소거능이 높음을

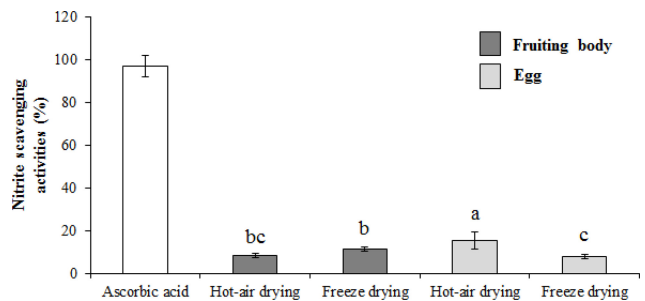
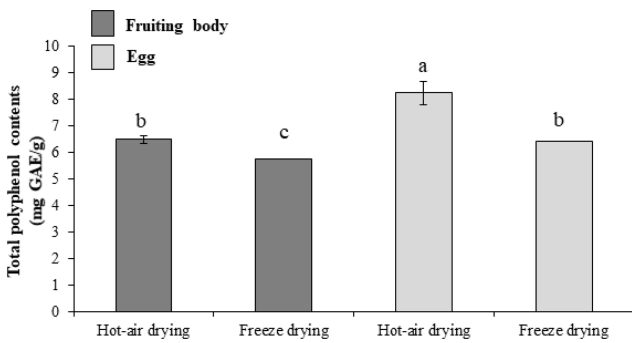


Fig. 3. Nitrite scavenging activities of hot-water extracts (1 mg/ml concentrations) from eggs and fruiting bodies of *Phallus indusiatus* by different drying methods (hot-air drying and freeze drying). White bar indicates a positive control. The results are obtained from three replications. Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).



**Fig. 4.** Total polyphenol contents of hot-water extracts (1 mg/ml concentrations) from eggs and fruiting bodies of *Phallus indusiatus* by different drying methods (hot-air drying and freeze drying). The results are obtained from three replications. Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

알 수 있었다.

**망태버섯 자실체와 에그의 건조방법별 열수추출물의 총 폴리페놀 함량**

망태버섯의 자실체와 에그의 건조방법 별 총 폴리페놀 함량을 측정할 결과는 Fig. 4와 같다. 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타낸 것은 망태버섯 에그의 열풍건조 시료의 열수추출물로서 8.25 mg GAE/g의 함량치를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 자실체 추출물의 경우, 열풍건조 후 추출물은 6.5 mg GAE/g으로 동결건조 후 추출물(5.8 mg GAE/g)에 비하여 높은 소거활성을 나타내고 있었다. 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). Yoon and Lee (2019)는 말뚝버섯 자실체 메탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 3.18 mg GAE/g로 보고한 것과 비교하여 망태버섯 자실체의 총 폴리페놀 함량이 다소 높은 것을 알 수 있었다. 하지만 An et al. (2019a)의 보고에 의하면 식용가능한 야생수집 버섯류 중에서 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타낸 버섯은 흰우

단버섯(*Leucopaxillus giganteus*), 젓비단그물버섯(*Suillus granulatus*)으로 각각 20.2 mg GAE/g, 19.7 mg GAE/g의 값을 보였으며, 망태버섯에 비하여 높은 함량치를 나타내고 있었다. Rice-Evans et al. (1996)와 Seo et al. (2017)에 의하면 총 페놀 화합물의 함량이 높을수록 항산화 활성이 증가되는 것으로 보고하고 있으며, 본 연구의 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 망태버섯 에그의 열풍건조 시료의 열수추출물이 DPPH 라디칼 소거능 및 아질산염 소거능에서도 높은 활성을 보이는 동일한 결과를 확인할 수 있었다.

**망태버섯 자실체와 에그의 건조방법별 베타글루칸 함량**

망태버섯의 자실체와 에그의 건조방법 별 건조시료의 베타글루칸 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 망태버섯 에그의 열풍건조 시료는 45.9%의 베타글루칸 함량을 나타내며 5% 유의수준에서 가장 높은 값을 보였으며 동결건조한 시료는 42.8%이었다. 망태버섯의 자실체 열풍 및 동결건조 시료는 각각 41.8%와 42.5%의 베타글루칸 함량을 보였다. 버섯에 함유되어 있는 주요한 생리활성 물질 중 하나인 베타글루칸은 다당류의 일종으로 인체의 면역시스템에 작용하여 정상적인 세포조직의 면역기능을 활성화 시켜 백혈구의 수를 증가시킴으로서 세포조직의 면역기능을 향상 시킨다고 보고되고 있다(Chandrasekaran et al., 2011; Kim et al., 2015). 국내 수집 야생버섯류 중에서 식용가능한 버섯인 애기버섯(*Gymnopus aquosus*)의 베타글루칸은 39.5% 이었으며, 약용으로 쓰이는 구름송편버섯(*Trametes versicolor*)은 43.9%의 베타글루칸 함량을 보이는 것으로 보고되고 있다(An et al., 2019b). 식용버섯 중 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(Kim et al., 2015; Seo et al., 2016). 본 연구결과, 열풍건조한 망태버섯 에그에서 가장 높은 베타글루칸 함량을 보였으며, 이에 관하여 Wu et al. (2011)은 베타글루칸 함량과 페놀함량 사

**Table 2.** Total glucan,  $\alpha$ -glucan and  $\beta$ -glucan contents of eggs and fruiting bodies of *Phallus indusiatus* by different drying methods (hot-air drying and freeze drying)

<i>P. indusiatus</i>	Drying method	Total glucan	$\alpha$ -glucan	$\beta$ -glucan	
		% (w/w)			
Fruiting body	Hot-air drying	46.23±1.19	4.40±0.38	41.84±1.06	b
	Freeze drying	48.99±0.00	6.53±0.30	42.46±0.30	b
Egg	Hot-air drying	50.03±0.44	4.12±0.17	45.91±0.77	a
	Freeze drying	50.13±1.03	7.38±0.23	42.75±1.23	b
Yeast		65.98±0.82	4.84±0.04	61.14±0.86	

The results are represented by the mean ± S.D. of values obtained from three replications (n=3). Different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

이의 분자 상호작용의 영향으로 인하여 항산화 효과를 보인다고 하였다. 또한 Seo *et al.*, (2016)은 꽃송이버섯의 DPPH 라디칼 소거활성은 베타글루칸 함량과 관련이 높았으며 상대적으로 높은 총 폴리페놀 함량이 복합적으로 작용한 결과라고 보고하고 있다. 본 연구의 망태버섯의 열풍건조한 에그의 열수추출물에서도 DPPH 라디칼 소거활성, 아질산염 소거활성 및 총 폴리페놀 함량이 가장 높았으며 베타글루칸 함량과 항산화능과의 관련성이 있는 것으로 추측된다.

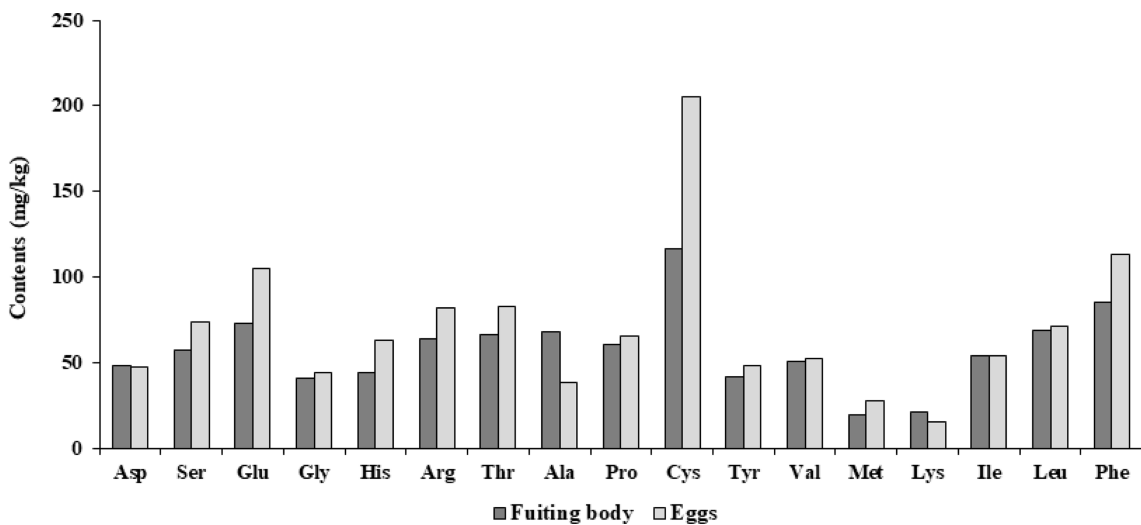
**망태버섯 자실체와 에그의 아미노산 성분 함량**

망태버섯의 자실체와 에그 건조시료의 아미노산 성분함량을 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 총 17종의 아미노산이 검출되었으며 전체적으로 망태버섯 에그 건조시료 대부분의 아미노산 성분함량이 자실체의 건조시료 함량에 비하여 높은 것으로 나타났으나 비필수 아미노산인 알라닌(Ala)과 필수 아미노산인 라이신(Lys)성분은 자실체에서 높은 함량을 보였다. 망태버섯 자실체와 에그에서 가장 높은 함량치를 보인 아미노산 성분은 비필수 아미노산인 시스테인(Cys)으로 자실체에서는 116.8 mg/kg, 에그에서는 205.6 mg/kg로 나타났다. 그 다음으로 높은 성분은 필수 아미노산인 페닐알라닌(Phe)과 비필수 아미노산인 글루탐산(Glu)으로 자실체에서의 페닐알라닌(Phe)과 글루탐산(Glu) 함량은 각각 85.3 mg/kg와 73.2 mg/kg 이었으며, 에그에서의 페닐알라닌(Phe)과 글루탐산(Glu) 함량은 각각 113.2 mg/kg와 105.0 mg/kg 이었다. 아미노산은 크게 필수 아미노산과 비필수 아미노산으로 나뉘며, 주로 단백질 구성성분으로 세포의 성장과 유지하기 위한 신진대사 및 에너지 생성에 중요한 영양소이다. 특히, 근육의 원료

물질로 에너지를 발생시키며, 신진대사의 촉매역할과 인체조직의 재생과 회복에 크게 관여하는 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 2017). 비필수 아미노산인 시스테인(Cys)은 강력한 항산화제인 글루타치온의 전구체로서 알코올, 흡연 등으로 인한 독성물질로부터 뇌와 간을 보호하는 역할을 하는 성분이며, 비필수 아미노산 중 산성 아미노산인 글루탐산(Glu)은 아스파르트산(Asp)과 함께 버섯의 감칠맛을 내는 성분으로 해독작용, 뇌 진정효과 및 당과 지질대사를 돕는 성분으로 알려져 있으며, 필수 아미노산 중 방향족 아미노산인 페닐알라닌(Phe)은 단백질의 기능과 구조에서 중요한 역할을 하며 아미노산 생산에도 중요한 성분이다(Kim *et al.*, 2017). 대표적 식용버섯인 팽이, 양송이, 표고에서도 시스테인(Cys), 글루탐산(Glu), 페닐알라닌(Phe) 성분이 높은 함량을 보이며 버섯 재배온도와 품종의 차이에 따른 그 함량의 차이가 있다고 보고되고 있다(Jhune *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2017).

**적 요**

본 연구는 망태버섯의 성숙한 자실체(fruiting body)와 균모와 자루가 돌출하기 전의 에그(egg)에 함유된 생리활성 성분 중에서 항산화 활성과 베타글루칸 함량, 아미노산 성분함량의 차이를 알아보기 위하여 건조방법 별로 열풍 건조한 시료와 동결 건조한 시료의 열수추출물을 이용하여 실험을 수행하였다. 망태버섯의 에그의 열풍건조 후 열수추출물 1 mg/ml 농도에서 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능은 각각 59.4%와 15.6%로 자실체 추출물 시료에 비하여 높은 소거활성을 보였다. 총 폴리페놀 함량도 역시 망태버섯 에그의 열풍건조 시료의 열수추출



**Fig. 5.** The contents of amino acids of fruiting bodies (dark gray bars) and eggs (light gray bars) of *Phallus indusiatus* (Asp, Aspartic acid; Ser, Serine; Glu, Glutamic acid; Gly, Glycine; His, Histidine; Arg, Arginine; Thr, Threonine; Ala, Alanine; Pro, Proline; Cys, Cystine; Tyr, Tryptophan; Val, Valine; Met, Methionine; Lys, Lysine; Ile, Isoleucine; Leu, Leucine; Phe, Phenylalanine).

물에서 8.25 mg GAE/g의 함량치를 가장 높았다. 망태버섯 에그의 열풍건조 시료의 베타글루칸 함량은 45.9%로 나타나 자실체 및 동결건조 시료에 비하여 높은 값을 보였다. 또한 자실체와 에그의 건조시료로부터 총 17종의 아미노산이 검출되었으며 전체적으로 망태버섯 에그 건조 시료 대부분의 아미노산 성분함량이 자실체의 건조시료 함량에 비하여 높은 것으로 나타났다. 망태버섯 자실체와 에그에서 가장 높은 함량치를 보인 아미노산 성분은 비필수 아미노산인 시스테인(Cys)으로 에그에서는 205.6 mg/kg의 함량치를 나타냈다. 다음으로 높은 성분은 필수 아미노산인 페닐알라닌(Phe)과 비필수 아미노산인 글루탐산(Glu)이었다. 본 연구의 야생 식용버섯으로 잘 알려진 망태버섯의 건조방법에 따른 생리활성 성분의 차이를 살펴본 결과, 항산화와 관련된 생리활성은 열풍건조에 의한 건조시료로부터 추출하였을 경우 효능이 더 높았으며, 생리활성 및 영양성분 함량은 망태버섯의 자실체에 비하여 에그의 추출물에서 높은 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 2020년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 시험연구사업(과제번호 PJ014766012020)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

### REFERENCES

- Ames BN. 1983. Dietary carcinogens and anticarcinogens. Oxygen radical and degenerative diseases. *Science* 221: 1256-1264.
- An GH, Cho JH, Lee KH, Han JG. 2019a. Physiological activities of extracts of wild mushrooms collected in Korea. *J Mushrooms* 17: 70-77.
- An GH, Han JG, Cho JH. 2019b. Antioxidant activities and  $\beta$ -glucan contents of wild mushrooms in Korea. *J Mushrooms* 17: 144-151.
- 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.
- Cho DH, Yu BH. 2008. Development ecological study on *Dictyophora idusiata* (Vent : Pers.) Fisch of Bamboo forest. *Korean J Nat Conserv* 6: 183-201.
- Cho JH, Noh HJ, Kang DH, Lee JY, Lee MJ, Park HS, Sung GH, Jhune CS. 2012. Comparative analysis of amino acid contents of the fruiting bodies in *Ganoderma* spp. *J Mushrooms Sci* 10: 208-215.
- 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.
- 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.
- Daniel JS, Steven AC. 1993. Sensitive analysis of cystine/cysteine using 6-aminoquinolonyl-N-hydroxysuccinimidy carbamate (AQC) derivatives. *Tech Protein Chem* 4: 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.
- Fridovich I. 1986. Biological effects of the superoxide radical. *Arch Biochem* 247: 1-11.
- Gardner PR, Fridovich I. 1991. Superoxide sensitivity of *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.
- Han SR, Kim MJ, Oh TJ. 2015. Antioxidant activities and antimicrobial effects of solvent extracts from *Lentinus edodes*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1144-1149.
- Jeong EJ, Sung SH, Kim J, Kim SH, Kim YC. 2008. *Rhus vemiciflua* stokes attenuates glutamate-induced neurotoxicity in primary cultures of rat cortical cells. *Natural Pro Sci* 14: 156-160.
- Jhune CS, Park HS, Kong WS, Lee CJ, Lee KH, Cho JH. 2014. Changes in the amino acid contents of fruiting body with growing temperature of common mushroom, *Agaricus bisporus*. *J Mushrooms* 12: 293-298.
- Kim KJ, Im SB, Yun KW, Je HS, Ban SE, Jin SW, Jeong SW, Koh YW, Cho IK, Seo KS. 2017. Content of proximate compositions, free sugars, amino acids, and minerals in five *Lentinula edodes* cultivars collected in Korea. *J Mushrooms* 15: 216-222.
- 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 JT, Kim MJ, Jhune CS, Shin PG, Oh YL, Yoo YB, Suh JS, Kong WS. 2014. Comparison of amino acid and free amino acid contents between cap and stipe in *Flammulina velutipes* and *Pleurotus ostreatus*. *J Mushrooms* 12: 341-349.
- 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.
- 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 *Dictyophora idusiata*. *J Mushroom Sci Prod* 11: 269-277.
- Papa S, Skulachev VP. 1997. Reactive oxygen species, mitochondria, apoptosis and aging. *Mol Cell Biochem* 174: 305-319.
- Park YA, Bak WC, Ka KH, Koo CD. 2017. Comparative analysis of amino acid content of *Lentinula edodes*, a new variety of shiitake mushroom, in 'Poongnyunko'. *J Mushrooms Sci* 15: 31-37.

- Park WH, Lee JH. 2011. New wild fungi of Korea. Kyohak Publishing Co., Ltd. pp. 216.
- Park WM, Kim GH, Hyeon JW. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Korean J Mycol* 23: 275-283.
- Park YA, Bak WC, Ka KH, Koo CD. 2017. Comparative analysis of amino acid content of *Lentinula edodes*, a new variety of shiitake mushroom, in 'Poongnyunko'. *J Mushrooms Sci* 15: 31-37.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med* 20: 933-956.
- Seo SY, Park YG, Jang YS, Ka KH. 2017. Antioxidant properties of *Lentinula edodes* after sawdust bag cultivation with different oak substrates. *Kor 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.
- 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 JH, Lee HS, Hwang JK, Han JW, Ro JG, Keum DH, Park KM. 2003. Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 172-179.
- 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.
- 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  $\beta$ -glucan. *J Agr Food Chem* 59: 10737-10746.
- Xu XM, Jun JY, Jeong IH. 2007. A study on the antioxidant activity of *Hae-Songi* mushroom (*Hypsizygus marmoreus*) hot water extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1357.
- Yoon KN, Lee TS. 2019. Antioxidant, anti-cholinesterase, and inflammation inhibitory activities of fruiting bodies of *Phallus impudicus* var. *impudicus* L. *J Mushrooms* 17: 152-161.