

## 아위느타리버섯 추출물의 에르고티오네인(Ergothioneine) 정량법 및 항산화 활성에 관한 연구

박승희·이정민·이승호<sup>†</sup>

인천대학교 생명공학부 나노바이오 전공  
(2020년 3월 3일 접수, 2020년 3월 13일 수정, 2020년 3월 24일 채택)

### Optimization of Quantification Method of Ergothioneine in *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* and Its Anti-Oxidant Activity

Seung Hee Park, Jeong Min Lee, and Seung Ho Lee<sup>†</sup>

Department of Nano-Bioengineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Incheon 22012, Korea  
(Received March 3, 2020; Revised March 13, 2020; Accepted March 24, 2020)

**요약:** 본 연구는 아위느타리버섯(*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*)에 함유되어 있는 항산화 물질인 에르고티오네인의 정확한 함량을 분석할 수 있는 최적 분석법을 확립하고 아위느타리버섯 3종(맥송, 비산 2호, 백황)의 에르고티오네인 함량 및 항산화 능력을 검증하고자 수행되었다. 서로 다른 네 가지의 HPLC 분석 조건을 비교하여 아위느타리버섯 열수 추출물의 에르고티오네인 함량을 정량할 수 있는 최적 조건(shodex HILIC column, 35 °C, 1.0 mL/min)을 확립하였으며 이를 이용하여 3종류의 아위느타리버섯 열수 추출물에 포함된 에르고티오네인 함량을 결정하였다(맥송:  $3.04 \pm 0.02$  mg/g, 비산 2호:  $3.15 \pm 0.05$  mg/g, 백황:  $1.13 \pm 0.07$  mg/g). 또한, 3종류의 아위느타리버섯 열수추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 측정하였으며, 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하였다. 결론적으로 본 연구를 통하여 아위느타리버섯 열수 추출물로부터 에르고티오네인 함량을 가장 정확하게 측정할 수 있는 분석법을 확립하였으며, 맥송 및 비산 2호 아위느타리버섯 열수추출물 소재는 높은 에르고티오네인 함량과, 높은 항산화 활성을 보유하고 있는 것으로 밝혀져 향후 항산화 효능을 보유한 기능성 화장품 개발에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

**Abstract:** This study was conducted to establish optimal high pressure liquid chromatography (HPLC) conditions for estimation of the ergothioneine contents in the three kinds of water extracts of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (Meakong, Beesan No. 2, Baekwhang). By comparing the four different HPLC conditions, optimum condition for quantifying the contents of ergothioneine was established (shodex HILIC column, 35 °C, 1.0 mL/min). By this method, the contents of ergothioneine in Meakong ( $3.04 \pm 0.02$  mg/g), Beesan No. 2 ( $3.15 \pm 0.05$  mg/g) and Baekwhang ( $1.13 \pm 0.07$  mg/g) were estimated. DPPH and ABTS radical scavenger activities of these three kinds of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* were estimated and the contents of total phenol and flavonoid were also estimated. Taken together, this study establish an optimum HPLC condition for determining the ergothioneine contents in water extracts of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*. Furthermore water extracts of Meakong and Beesan No. 2 showed relatively high contents of ergothioneine and antioxidant activity, suggesting that these materials could be used as potential antioxidant in developing functional cosmetics.

**Keyword:** antioxidant activity, Ergothioneine, HPLC analysis, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*

<sup>†</sup> 주 저자 (e-mail: seungho@inu.ac.kr, lsh1602@gmail.com)  
call: 032-835-8269

## 1. 서 론

활성산소는 산소의 대사과정에서 자연스럽게 생성되는 부산물 중 하나로, 낮은 농도에서는 2차 전달자(secondary messenger)로서 작용하여 세포 신호전달에 참여하고, 세포의 기능을 조절하는 역할을 수행한다[1]. 하지만 자외선이나 스트레스와 같은 외부적 환경 요인에 지속적으로 노출될 경우 활성산소의 균형이 무너지면서 과도한 활성산소(reactive oxygen species, ROS)가 생성될 수 있고, 체내에서 생성된 과량의 활성 산소는 DNA, 지질 등을 산화시켜 세포 내에서 독성물질로 작용하여 암, 심장질환, 치매와 같은 병리학적 현상을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있다[2]. 따라서 신체 내의 과도하게 생성된 활성산소를 제거하는 것은 건강한 신체를 유지하는데 중요한 수단으로 인식되고 있으며, 이를 위한 다양한 항산화제 개발에 관한 연구가 진행되어 왔다.

에르고티오네인(ergothioneine)은 1909년에 *ergos fungus* 라고 하는 버섯에서 처음 발견된 식이성 천연 항산화 물질로 인체의 혈액, 간, 신장, 뇌, 안구, 중추 신경계에서 발견되나 인간이나 동물 및 고등식물에서는 생합성 되지 못하여 외부로부터 흡수 공급되어야 하는 물질로 알려져 있다[3,4]. 에르고티오네인은 다른 일반 항산화제의 반감기(3 s ~ 30 min)에 비해 상대적으로 긴 반감기(약 30 days)를 갖고 있는 것으로 알려져 있어[5] 항산화제 및 항산화 화장품 제조 원료로 사용되고 있다. 최근 유럽 식품 안전처에서는 항산화 물질로서 에르고티오네인의 사용이 점차 증가되자 임산부를 포함한 성인에 대한 에르고티오네인 안전 섭취량을 1.31 mg/kg/bw으로 제시하였으며[6] 항산화 소재로서 에르고티오네인의 사용은 점차 증가될 것으로 사료된다.

에르고티오네인은 콩과식물 및 일부 박테리아에서 포함되어 있다고 알려져 있으나, 가장 많이 포함하고 있는 천연소재는 버섯으로 알려져 있다. 버섯은 아미노산, 당, 비타민 및 각종 미네랄 성분 등이 풍부하여 항암, 고혈압과 같은 질병에도 효능이 있는 것으로 알려져 있으며 다양한 페놀 및 플라보노이드 성분을 함유하고 있어 천연 항산화 소재로 오랫동안 연구되어 왔다[7-9]. 최근 들어 강한 항산화 효능을 보유하고 있는 에르고티오네인의 이용에 대한 관심이 증가되면서 다양한 버섯류 속의 에르고티오네인의 함량에 대한 분석 결과들이 보고되고 있으

며 실제적으로 양송이버섯(*Agaricus bisporus*), 표고버섯(*Lentinula edodes*), 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*), 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*), 잎새버섯(*Grifola frondosa*) 등의 버섯류는 0.21 ~ 2.6 mg/g 수준의 에르고티오네인 함량을 포함하고 있는 것으로 알려져 있다[10].

본 연구에서 사용된 맥송, 비산 2호, 백황 버섯은 유전자원 계통 간의 교잡종에 의해 개발된 아위느타리(*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*) 버섯으로 느타리속(*Pleurotus*)에 속하는 백색부후균(white rot fungi)의 일종인 버섯이다. 에르고티오네인의 강한 항산화 효능이 알려지고 버섯이 에르고티오네인을 가장 많이 함유하고 있는 천연소재로 알려지기 시작하면서 다양한 버섯류에 있어서 에르고티오네인 함량분석에 대한 연구가 보고되어 왔지만 맥송, 비산 2호, 백황 아위느타리버섯의 정확한 에르고티오네인의 함량 및 항산화 능력은 잘 알려져 있지 않은 현실이다. 더욱이 그동안의 많은 연구에서 제시된 버섯류 속의 에르고티오네인 함량은 서로 상이한 분석 조건으로 상대적인 함량을 비교하기가 어려울 뿐만 아니라, HPLC 크로마토그램 등의 구체적인 결과가 제시되고 있지 않아서 에르고티오네인의 함량이 정확히 정량되었는지에 대한 여부는 명확히 판단하기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 우선적으로 아위느타리버섯 열수 추출물을 이용하여 에르고티오네인의 함량을 정량할 수 있는 최적 HPLC 법을 확립하고자 하였으며, 이를 통하여 세 종류의 아위느타리버섯(맥송, 비산 2호, 백황) 열수 추출물의 에르고티오네인의 함량을 측정하였다. 그뿐만 아니라 맥송, 비산 2호, 백황 열수 추출물의 항산화 활성, 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하여 항산화 기능성 소재로서 가능성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 아위느타리버섯 추출물 제조

본 실험에 사용된 맥송(GW10-50), 비산 2호(GW10-68), 백황(KIMB-P1ft-15-81)은 충청북도 유진농원영농법인(Korea)에서 각 6 kg씩 구매하여 잘게 절단 후 정제수 12 L를 넣어 90 °C에서 8 h 동안 추출하였다. 상층액은 여과 후 감압 농축하였으며 동결건조법으로 분말화 후 최종적으로 366.6 g (수율 6.11%), 350.4 g (수율 5.84 %), 324.2 g (수율 5.40%)의 맥송, 비산 2호, 백황 열수 추출물 소재를 얻

을 수 있었으며, 에르고티오네인 함량 분석 및 항산화 효능 측정에 사용하였다.

## 2.2. 에르고티오네인 정량

### 2.2.1. 표준용액과 시험용액의 제조

표준용액은 L-ergothioneine (Sigma-Aldrich, USA) 3.87 mg을 증류수 25 mL에 녹여 사용하였다. 시험용액은 아위느타리버섯 열수 추출물 500 mg을 증류수 70 mL에 넣어 90 °C에서 10 min 동안 환류 냉각 후 100 mL 부피 플라스크에 정용하여 0.45  $\mu$ m membrane filter로 여과 후 이용하였다.

### 2.2.2. HPLC 분석 조건

아위느타리버섯 열수 추출물 속에 함유되어 있는 에르고티오네인의 정확한 함량을 측정하기 위해 서로 다른 네 가지의 HPLC 조건을 비교하여 최적의 분리 조건을 확립하였다. HPLC (Ailent 1260, Agilent Technologies, USA) 시스템을 이용하였으며, 이동상으로는 20 mmol/L ammonium acetate (pH 6.0 acetic acid)용액과 acetonitril을 15 : 85 (v/v)의 비율로 사용하였다. 검출 파장은 254 nm를 사용하였으며, 네 가지의 서로 다른 HPLC 조건은 Table 1에 나타내었다.

표준용액인 L-ergothioneine을 이용하여 검량선( $R^2 = 0.9956$ )을 작성하였으며 아위느타리버섯 열수 추출물 속의 에르고티오네인 함량은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Ergothioneine (mg/g)} = \frac{(A \times B \times C \times D)}{E}$$

A : 검량선 농도( $\mu$ g/mL), B : 시험용액 전량(mL),  
C : 표준품 순도, D : 희석 배수, E : 시료채취량(mg)

## 2.3. 아위느타리버섯 추출물의 항산화 능력 측정

아위느타리버섯 추출물의 항산화 효능을 알아보기 위해서 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Alfa Aesar Co., USA) 라디칼 소거활성 및 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) (Sigma-Aldrich, USA) 라디칼 소거활성을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거활성 실험은 Choi등의 방법을 일부 변형하여 사용하였다[11]. DPPH 라디칼 소거활성을 측정하기 위해서, 증류수에 희석된 아위느타리버섯 열수 추출물 용액(5 mg/mL) 0.5 mL과 에탄올에 용해시킨 DPPH 라디칼 용액(0.2 mM) 2.5 mL을 혼합한 후 암실에서 10 min 동안 반응시킨 뒤 분광광도계(Optizen POP, Mecasys, Korea)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 표준물질로는 ( $\pm$ )-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox) (Sigma-Aldrich, USA)를 이용하였으며, 표준 곡선( $R^2 = 0.999$ )을 작성하여 Trolox equivalent ( $\mu$ mol TE/g)으로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거활성 실험은 Tuberoso등의 방법을 일부 변형하여 사용하였다[12]. 2 mM ABTS 용액과 70 mM potassium persulfate 용액을 100 : 1의 비율로 혼합하여 16 ~ 18 h 동안 반응시켜 ABTS 라디칼 용액을 제조하였다. ABTS 라디칼 용액은 분광광도계를 이용하여 734 nm의 파장에서 0.7 ( $\pm 0.05$ )값을 갖도록 희석하였다. 희석시킨 ABTS 라디칼 용액 1.8 mL과 증류수에 희석된 아위느타리버섯 열수 추출물(0.5 mg/mL) 70  $\mu$ L를 혼합 후 암실에서 6 min 동안 반응 후, 734 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 표준물질 Trolox를 이용한 표준곡선( $R^2 = 0.996$ )을 작성하여 Trolox equivalent ( $\mu$ mol TE/g)으로 나타내었다.

Table 1. HPLC Conditions

|                      | (A)  | (B)  | (C)  | (D)   |
|----------------------|--|--|--|---|
| Detector             | UV   |  |  |   |
| Detection wavelength | 254 nm   |  |  |   |
| Mobile phase         | 20 mmol/L Ammonium acetate in DW (pH 6.0 acetic acid) : Acetonitrile = 15 : 85 |  |  |   |
| Column               | HILIC column<br>(4.6 mm x 250 mm, 5 $\mu$ m)                                   | Capcell pak A Q column<br>(4.6 mm x 250 mm, 5 $\mu$ m) | Capcell pak A Q column<br>(4.6 mm x 250 mm, 5 $\mu$ m) | Shodex HILIC column<br>(4.6 mm x 250 mm, 5 $\mu$ m) |
| Column temperature   | 40 °C  | 35 °C  | 25 °C  | 35 °C   |
| Flow rate            | 1.0 mL/min   | 0.7 mL/min   | 0.5 mL/min   | 1.0 mL/min  |

#### 2.4. 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Reis등의 방법을 일부 변형하여 사용하였다[13]. 0.2 N Folin & Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich, USA) 2.5 mL과 증류수에 희석된 아위느타리버섯 열수 추출물(0.5 mg/mL) 0.5 mL를 혼합한 후 상온에서 6 min 동안 반응시킨 후 7.5% (w/v) sodium carbonate 용액 1 mL를 첨가하여 실온에서 1 h 반응시켰다. 반응 용액은 분광광도계를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 폴리페놀 함량은 표준물질로 gallic acid (Sigma-Aldrich, USA)를 이용하여 표준곡선( $R^2 = 0.999$ )을 작성하여 gallic acid equivalent (mg GAE/g)으로 나타내었다.

총 플라보노이드 측정은 Kim등의 방법을 사용하였다[14]. 80% 에탄올 0.5 mL과 아위느타리버섯 열수 추출물 (10 mg/mL) 0.5 mL, aluminum nitrate 0.1 mL, potassium acetate 0.1 mL 그리고 증류수 2.8 mL를 상온에서 40 min 동안 반응 시킨 후 분광광도계를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 표준물질로 quercetin (Sigma-Aldrich, USA)을 이용하여 표준곡선( $R^2 = 0.999$ )을 작성하였으며, 이를 이용하여 quercetin equivalent (mg QE/g)으로 총 플라보노이드 함량을 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 아위느타리버섯 추출물의 에르고티오네인 함량 분석

에르고티오네인은 강한 항산화 능력을 보유하고 있는 천연 물질로 분자량 229.30 g/mol의 황(thiol) 구조를 포함하고 있는 변형 아미노산의 일종이다(Figure 1). 에르고티오네인은 인체 내에서는 합성되지 않으나 적혈구(erythrocytes), 골수(bone marrow), 간(liver) 및 강막(cornea of eyes) 등에서 높은 농도로 검출된다[15-17]. 이는 음식 등의 섭취에 의해 에르고티오네인이 신체에 축적된 것으로 각 조직에서 항산화 역할뿐만 아니라 여러 중요한 역할을 담당하고 있을 것으로 사료되어 구체적인 분자작용기작에

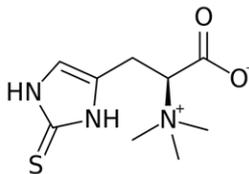


Figure 1. Chemical structure of ergothioneine.

관한 연구가 지속적으로 수행되고 있다[18-19]. 에르고티오네인의 생합성은 콩과식물 및 일부 박테리아에서 일어나는 것으로 알려져 있다. 하지만 에르고티오네인을 생합성을 통해 다량 함유하고 있는 천연소재는 버섯이 유일한 것으로 알려지고 있으며, 버섯류가 가지고 있는 항산화 효능과 버섯에 포함되어 있는 에르고티오네인의 연관성에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 따라서 버섯류에 함유되어 있는 에르고티오네인의 정확한 정량법의 확립은 버섯류 유래 소재의 항산화 능력을 평가 하는데 있어 중요한 기술이 될 것으로 사료된다. 본 연구에서는 기존에 보고된 균사체 배양액 속의 에르고티오네인 함량을 HPLC를 이용하여 정량하는 조건(HILIC Column, 4.6 mm x 250 mm, 40 °C, 1.0 mL/min)[20]을 기반으로 하여 아위느타리버섯 열수 추출물 속의 에르고티오네인 함량을 측정해 보았으나 base line 들뜸현상이 나타나 본 연구에

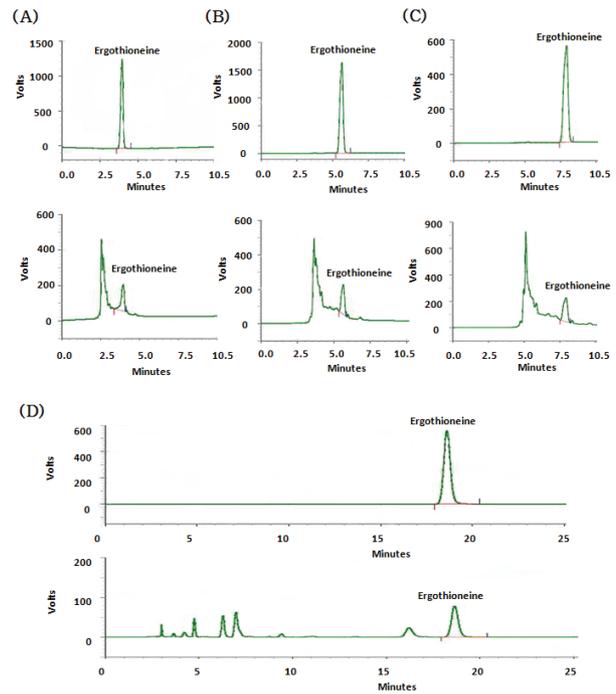


Figure 2. HPLC chromatogram of hot water extracts of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*. L-ergothioneine and hot water extracts of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* were separated with different HPLC conditions (A, B, C, and D are chromatograms which resulted from different HPLC conditions described in Table 1). Upper pannels were the chromatogram of L-ergothionein and lower pannels is that of hot water extracts of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* at each HPLC conditions.

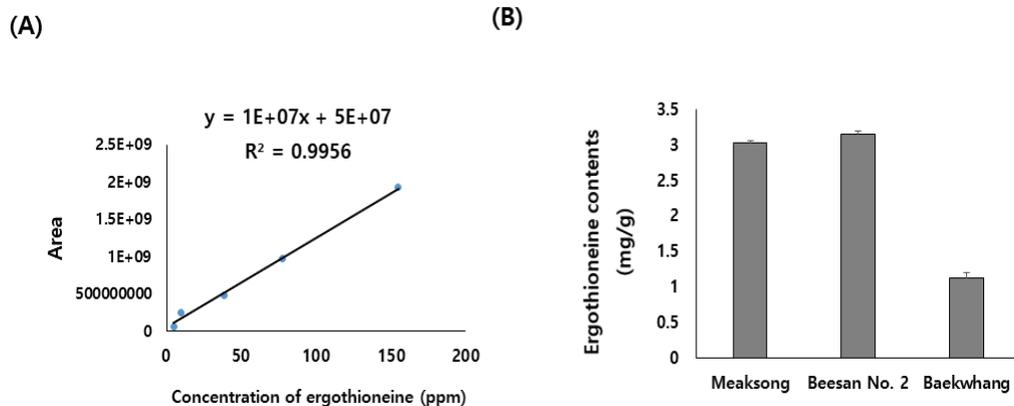
서 개발된 아위느타리버섯 열수 추출물에서 정확한 에르고티오네인의 함량을 정량하기에는 적합하지 않은 조건으로 판단되었다(Figure 2A). 이를 개선하기 위하여 column 및 유속을 변화시켜(Table 1) 에르고티오네인 피크가 들뜸현상 없이 안정적으로 분리되는 HPLC 조건(Shodex HILIC Column, 4.6 mm x 250 mm, 35 °C, 1.0 mL/min)을 확립하였다(Table 1, Figure 2D). 확립된 HPLC 분리 조건을 기반으로 하여 크로마토그램에 면적과 에르고티오네인의 농도를 변수로 하여 검량선을 작성하고 작성한 검량선의 상관계수(R<sup>2</sup>)값을 이용하여 직선성을 확인하였다 (Figure 3A). 이를 기준으로 아위느타리버섯 3종(맥송, 비산 2호, 백향) 열수 추출물의 에르고티오네인 함량을 산출하였으며, 비산 2호가 3.15 ± 0.05 mg/g으로 가장 높은 에르고티오네인 함량을 나타냈으며, 맥송 열수 추출물 속에는 3.04 ± 0.02 mg/g의 에르고티오네인이 포함되어 있는 것으로 확인되었으며, 백향 열수 추출물에는 1.13 ± 0.07 mg/g의 에르고티오네인이 포함되어 있는 것으로 확인되었다(Figure 3). 본 연구에서 사용된 비산 2호, 맥송 아위느타리버섯속의 에르고티오네인 함량은 기존 버섯류 속

의 에르고티오네인 함량(0.21 ~ 2.6 mg/g)[10] 보다 우수한 것으로 판단되며, 향후 에르고티오네인을 포함하는 천연 항산화 소재로 기능성 식품 및 화장품류 개발에 널리 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.2. 아위느타리버섯 추출물의 항산화 능력

생체 내 과하게 생성된 활성산소는 암, 심장질환, 치매와 같은 질병과 밀접하게 관련 있다고 알려져 있다. 항산화제는 이러한 활성산소에 수소 원자 또는 전자를 제공하여 라디칼을 소거하는 능력을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼 소거활성을 이용하여 각 버섯 시료의 항산화 효능을 평가하였다.

맥송, 비산 2호, 백향의 DPPH 라디칼 소거활성은 각각 17.01 ± 1.11, 17.92 ± 1.03, 7.17 ± 0.29 μmol TE/g으로 비산 2호의 DPPH 라디칼 소거활성은 백향에 비하여 약 2.5 배 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거활성 측정을 통하여 항산화 효능을 측정할 결과 맥송, 비산 2호 및 백향이 각각 34.75 ± 1.04, 36.66 ± 1.34, 24.96 ± 1.01 μmol TE/g으로 비산 2호가 가장 높은



**Figure 3.** Calibration curves of ergotioneine (A) by standard solution and the contents of ergotioneine in water extracts of Maesong, Beesan No.2 and Baewhang (B) (N = 3).

**Table 2.** Antioxidant activities and ergothioneine contents of *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*

| Samples      | Polyphenolic contents (mg GAE/g) | Flavonoid contents (mg QE/g) | Antioxidant capacity |                  |
|--------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|
|              |                                  |                              | DPPH (μmol TE/g)     | ABTS (μmol TE/g) |
| Meaksong     | 8.89 ± 0.07                      | 3.35 ± 0.4                   | 17.01 ± 1.11         | 34.75 ± 1.04     |
| Beesan No. 2 | 9.17 ± 0.11                      | 2.20 ± 0.25                  | 17.92 ± 1.03         | 36.66 ± 1.34     |
| Baekwhang    | 6.71 ± 0.05                      | 1.15 ± 0.08                  | 7.17 ± 0.29          | 24.96 ± 1.01     |

ABTS 라디칼 소거활성을 나타내었으며 백황이 가장 낮은 ABTS 라디칼 소거활성을 보였다(Table 2). 항산화 효능을 보이는 성분은 여러 가지가 보고되어 있지만 에르고티오네인 함량이 가장 적은 백황의 항산화 효능이 가장 낮은 것으로 나타나, 에르고티오네인 함량이 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성에 영향을 준 것으로 사료된다.

### 3.3. 아위느타리버섯 추출물 속의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

각종 천연물에 존재하고 있는 폴리페놀 및 플라보노이드는 천연물의 항산화 효능과 상관관계를 가지고 있는 것으로 보고되어 있어 맥송, 비산 2호 및 백황의 항산화 효능을 평가하기 위하여 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정하였다.

총 폴리페놀 함량은 비산 2호가  $9.17 \pm 0.11$  mg GAE/g 으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 맥송이  $8.89 \pm 0.07$  mg GAE/g의 함량을 보였으며 백황이 가장 낮은 함량인  $6.71 \pm 0.05$  mg GAE/g을 나타내었다. 총 플라보노이드 함량의 경우, 맥송이  $3.32 \pm 0.4$  mg QE/g로 가장 높은 함량을 보였으며 비산 2호가  $2.20 \pm 0.25$  mg QE/g 으로 나타났으며, 백황이  $1.15 \pm 0.08$  mg QE/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

## 4. 결 론

버섯에는 다당류, 아미노산, 폴리페놀뿐만 아니라 다양한 비타민 및 미네랄을 포함하고 있으며 높은 항산화 효능이 있는 것으로 알려져 있어, 천연 기능성 소재로서 많은 연구가 진행되어 왔다. 실제로 피부 세포주에 에르고티오네인을 처리하면 자외선에 의한 세포내 활성산소(ROS) 생성을 억제하는 것으로 알려져 있으며[21], 자외선에 의해 유도된 matrix metalloproteinase 1 (MMP-1) 활성을 억제하고 type I procollagen 분해를 억제 하는 것으로 보고되었다[22]. 이러한 결과들은 에르고티오네인이 자외선에 의한 피부노화를 억제할 수 있는 주요한 소재로 사용될 수 있다는 점을 시사하고 있다. 버섯에서의 항산화 능력은 주로 폴리페놀 및 플라보노이드계의 성분이 중요한 역할을 할 것으로 사료되었으나 최근 버섯이 에르고티오네인을 가장 많이 함유하고 있는 천연 소재로 알려지기 시작하면서 에르고티오네인의 이용에 대한 관심이 증가되고 있다. 본 연구에서는 아위느타리버섯 3종

류(맥송, 비산 2호, 백황)의 에르고티오네인 함량을 정량하기 위한 최적 HPLC 조건을 확립하였으며, 이를 이용해 아위느타리버섯 3종(맥송, 비산 2호, 백황)의 에르고티오네인의 함량을 측정하였다. 그뿐만 아니라 맥송, 비산 2호, 백황의 총 폴리페놀함량 및 총 플라보노이드 함량 측정과 함께 항산화 효능을 평가하여 에르고티오네인을 포함하는 항산화 천연소재로서 가치를 평가하였다. 본 연구에서 사용된 맥송 및 비산 2호 아위느타리버섯 열수 추출물은 기존의 버섯류에서 보고된 에르고티오네인 함량보다 높은 에르고티오네인 함량을 보유하고 있는 것으로 확인되었고 높은 항산화 활성을 보유하고 있는 것으로 밝혀져 향후 항산화 기능성 식품 및 화장품 소재로 이용될 가능성이 높을 것으로 사료된다. 그뿐만 아니라 본 연구에서 개발된 에르고티오네인의 함량 분석법은 향후 다른 버섯류 유래 소재로부터 정확한 에르고티오네인의 함량 분석에도 이용될 수 있을 것으로 사료되어 에르고티오네인을 포함하는 천연 소재 개발에 널리 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

## Reference

1. K. R. Martin and J. C. Barrett, Reactive oxygen species as double-edged swords in cellular processes: low-dose cell signaling versus high-dose toxicity, *Hum Exp Toxicol*, **21**(2), 71 (2002).
2. E. Birben, U. M. Sahiner, C. Sackesen, S. Erzurum, and O. Kalayci, Oxidative stress and antioxidant defense, *World Allergy Organ. J*, **5**(1), 9 (2012).
3. B. Halliwell, I. K. Cheah, and R. M. Y. Tang, Ergothioneine - a diet-derived antioxidant with therapeutic potential, *FEBS Lett.*, **592**(20), 3357 (2018).
4. I. K. Cheah, and B. Halliwell, Ergothioneine; antioxidant potential, physiological function and role in disease, *Biochim. Biophys. Acta.*, **1822**(5), 784 (2012).
5. I. K. Cheah, R. M. Tang, T. S. Yew, K. H. Lim, and B. Halliwell, Administration of pure ergothioneine to healthy human subjects: Uptake, metabolism, and effects on biomarkers of oxidative damage and inflammation, *Antioxid. Redox Signal.*, **26**(5), 193 (2017).
6. D. Turck, J. Bresson, B. Burlingame, T. Dean, S. Fairweather-Tait, M. Heinonen, K. I. Hirsch-Ernst, I.

- Mangelsdorf, H. J. McArle, A. Naska, M. Neuhäuser-Berthold, G. Nowicka, K. Pentieva, Y. Sanz, A. Siani, A. Sjödin, M. Stern, D. Tomé, M. Vinceti, P. Willatts, K. Engel, R. Marchelli, A. Pöting, M. Poulsen, J. R. Schlatter, R. Ackerl, and H. V. Loveren, Statement on the safety of synthetic L-ergothioneine as a novel food – supplementary dietary exposure and safety assessment for infants and young children, pregnant and breastfeeding women, *E. F. S. A Journal.*, **15**(11), 5060 (2017).
7. M. Y Kim, I. M. Chung, S. J. Lee, J. K. Ahn, E. H. Kim, M. J. Kim, S. L. Kim, H. I. Moon, H. M. Ro, E. Y. Kang, S. H. Seo, and H. K. Song, Comparison of free amino acid, carbohydrates concentrations in Korean edible and medicinal mushrooms, *Food Chem.*, **113**(2), 386 (2009).
  8. M. Zhang, S. W. Cui, P. C. K. Cheung, and Q. Wang, Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity, *Trends Food Sci. Technol.*, **18**(1), 4 (2007).
  9. J. L. Mau, H. C. Lin, and S. F. Song, Antioxidant properties of several specialty mushrooms, *Food Resl.*, **35**(6), 519 (2002).
  10. N. J. Dubost, B. Ou, and R. B. Beelman, Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity, *Food Chem.*, **105**(2), 727, (2007).
  11. Y. Choi, S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee, and J. Lee, Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom, *Food Chem.*, **99**(2), 381 (2006).
  12. C. I. G. Tuberoso, M. Boban, E. Bifulco, D. Budimir, and F. M. Pirisi, Antioxidant capacity and vasodilatory properties of Mediterranean food: The case of Cannonau wine, myrtle berries liqueur and strawberry-tree honey, *Food Chem.*, **140**(4), 686 (2013).
  13. F. S. Reis, A. Martins, L. Barros, and I. C. Ferreira, Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples, *Food Chem. Toxicol.*, **50**(5), 1201 (2012).
  14. E. J. Kim, H. J. Lee, H. J. Kim, H. S. Nam, M. K. Lee, H. Y. Kim, J. H. Lee, Y. S. Kang, J. O. Lee, and H. Y. Kim, Comparison of colorimetric methods for the determination of flavonoid in propolis extract products, *KOREAN J. FOOD SCI. THCHNOL.*, **37**(6), 918 (2005).
  15. D. B. Melville, W. H. Horner, and R. Lubschez, Tissue ergothioneine, *J. Biol. Chem.*, **206**(1), 221 (1954).
  16. T. K. Shires, M. C. Brummel, J. S. Pulido, and L. D. Stegink, Ergothioneine distribution in bovine and porcine ocular tissues, *Comp. Biochem. Physiol. C, Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.*, **117**(1), 117 (1997).
  17. H. B. Salt, The ergothioneine content of the blood in health and disease, *Biochem J.*, **25**(5), 1712 (1931).
  18. I. K. Cheah, L. T. Ng, L. F. Ng, V. Y. Lam, J. Gruber, C. Y. W. Huang, F. Q. Goh, K. H. C. Lim, and B. Halliwell, Inhibition of amyloid-induced toxicity by ergothioneine in a transgenic *Caenorhabditis elegans* model, *FEBS Lett.*, **593**(16), 2139 (2019).
  19. R. D. Williamson, F. P. McCarthy, S. Manna, E. Groarke, D. B. Kell, L. C. Kenny, and C. M. McCarthy, L-(+)-ergothioneine significantly improves the clinical characteristics of preeclampsia in the reduced uterine perfusion pressure rat model, *Hypertension*, **75**(2), 561 (2020).
  20. Q. Liu, W. Zhang, H. Wang, Y. Li, W. Liu, Q. Wang, D. Liu, N. Chen, and W. Jiang, Validation of a HILIC method for the analysis of ergothioneine in fermentation broth, *J Chromatogr Sci.*, **54**(6), 934 (2016).
  21. K. Obayashi, K. Kurihara, Y. Okano, H. Masaki, and D. B. Yarosh, L-ergothioneine scavenges superoxide and singlet oxygen and suppresses TNF-alpha and MMP-1 expression in UV-irradiated human dermal fibroblasts, *J Cosmet Sci.*, **56**(1), 17 (2005).
  22. Y. C. Hseu, Y. Vudhya Gowrisankar, X. Z. Chen, Y. C. Yang, and H. L. Yang, The antiaging activity of ergothioneine in UVA-irradiated human dermal fibroblasts via the inhibition of the AP-1 pathway and the activation of Nrf2-mediated antioxidant genes, *Oxid. Med Cell Longev.*, **2020**, 2576823 (2020).