

RESEARCH ARTICLE

한국의 표고 톱밥재배 품종의 에르고티오네인 함량 분석

김민준, 정연석, 김은진, 장영선*, 가강현

국립산림과학원 산림생명자원연구부 산림미생물연구과

Analysis of the Ergothioneine Content in the Fruiting Bodies of Sawdust-cultivated *Lentinula edodes* Cultivars in Korea

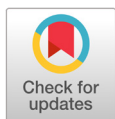
Min-Jun Kim, Yeun Sug Jeong, Eunjin Kim, Yeongseon Jang*, and Kang-Hyeon Ka

Forest Microbiology Division, Department of Forest Bio-resources, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Korea

*Corresponding author: idjys@korea.kr

ABSTRACT

Lentinula edodes is a type of mushroom widely consumed in East Asia, and many of the components contained in them are used as raw materials for pharmaceuticals or as health supplements. Ergothioneine, a sulfur-containing amino acid in *L. edodes*, is attracting attention due to its antioxidant and anti-inflammatory effects. *L. edodes* generally contain an ergothioneine content of about 200 to 800 mg per kg; there are some differences in this value depending on the cultivation conditions. In this study, 24 domestic sawdust-cultivated *L. edodes* cultivars were cultured under the same conditions, and the morphological characteristics and ergothioneine content of the fruiting bodies were investigated. The yield and morphological characteristics of the fruiting bodies were different in each cultivar. Taehyanggo and Sanjo 713ho had the largest and thickest pileus. The pileus of *L. edodes* had a higher ergothioneine content than the stipe. Sanjo 715ho had the highest ergothioneine content in the pileus and the stipe at 1,225 mg/kg and 753 mg/kg, respectively. An ergothioneine content of more than 1,000 mg/kg in the pileus was observed in Bambithyang, Sansanhyang, Sulbaekhyang, Taehyanggo, Sanjo 705ho, Sanjo 709ho, Sanjo 715ho, and Sanjo 716ho. These cultivars can be used as parental strains to develop new cultivars with enhanced ergothioneine functionalities.

Keywords: Ergothioneine, *Lentinula edodes*, Sawdust cultivation

OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249Kor. J. Mycol. 2022 December, 50(4): 301-310
<https://doi.org/10.4489/KJM.20220032>**Received:** September 05, 2022**Revised:** December 19, 2022**Accepted:** December 19, 2022

© 2022 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

에르고티오네인은 많은 식물과 동물에서 발견되는 안정적이고 강력한 항산화제이다[1]. 식품에서의 지질 산화는 품질과 풍미를 저하시키고 색상, 질감 및 영양가의 변화에도 영향을 미치며 [2], 살아있는 유기체에서 발생하는 지질 산화 과정에서 생성되는 활성산소가 건강 손상과 노화 촉진의 원인이 되는 것으로 잘 알려져 있다[3]. 또한 동맥경화와 흡연 그리고 당뇨병에서 지질 과

산화에 대한 저항성과 상관관계가 있다고 알려져 있다[4].

탁월한 항산화, 항염증 효과 등으로 인해 최근 에르고티오네인은 과학계에서 주목을 받고 있다[5]. 이러한 역할로 인해 다양한 질환과 수명과의 밀접한 관계가 있는데, 연구에 따르면 에르고티오네인 섭취율이 낮으면 만성 신경계 질환의 발병률이 높아지고 기대 수명 역시 짧아진다[6]. 일반적으로 사람들은 주로 에르고티오네인을 고기와 버섯을 통해 섭취하는데[7], 고기보다 버섯이 월등히 높은 에르고티오네인 함량을 보인다[8]. 대표적으로 잎새버섯, 양송이, 느타리, 새송이 그리고 표고 등이 에르고티오네인을 가지고 있는 것으로 보고되었고, 이들 중 표고버섯은 우리나라 대표적인 식용 버섯으로 전체 버섯 생산량의 약 15.4%를 차지하며 두번째로 많은 양의 에르고티오네인을 함유하고 있다[9].

표고는 원목과 톱밥을 사용하여 생산된다. 톱밥재배는 원목재배에 비해 월등히 짧은 재배 기간을 가지고 활엽수 자원을 완벽히 사용할 수 있으며 재배과정을 기계화할 수 있는 등의 장점이 있다. 현재까지 국내에 다양한 톱밥재배 표고 품종이 존재하지만 이들의 특성이나 성분을 비교 분석한 연구 자료는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 24개 표고 품종을 동일한 환경과 배지 조건에서 자실체를 발생시키고 형태적 특성과 에르고티오네인을 분석하여 형태적 특성이 우수하고 높은 에르고티오네인 함량을 가지는 기능성 표고 신품종 육종 등에 기초자료를 축적하기 위해 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

표고 균주

실험에 사용된 균주는 국립산림과학원에서 출원한 표고품종 10개(산림10호: NIFoS 169, 산백향: NIFoS 2778, 산마루1호: NIFoS 2924, 밤빛향: NIFoS 3404, 산산향: NIFoS 3420, 설백향: NIFoS 3876, 산장향: NIFoS 4167, 태향고: NIFoS 4317, 만추향: NIFoS 4329)와 산림조합중앙회 산림버섯연구소에서 출원한 표고품종 15개(산조701호: NIFoS 2462, 산조702호: NIFoS 2463호, 참아람: NIFoS 2464, 산조704호: NIFoS 2465, 산조705호: NIFoS 2466, 산조706호: NIFoS 2467, 산조707호: NIFoS 2468, 산조709호: NIFoS 2470, 산조710호: NIFoS 2471, 산조711호: NIFoS 5663, 산조712호: NIFoS 5664, 산조713호: NIFoS 5665, 산조715호: NIFoS 5666, 산조716호: NIFoS 5667, 산조717호: NIFoS 5668)이다. 모두 톱밥재배용 품종으로 국립산림과학원에 보관되어 있는 균주를 사용하였다. Potato dextrose agar (PDA; Difco, Detroit, Mi, USA) 평판배지에 보관 균주를 접종하고 25°C에서 7일 간 성장한 균사 가장자리를 다시 PDA 평판배지에 계대 배양하여 25°C 배양실에서 20일간 배양한 뒤 접종원으로 사용하였다.

톱밥배지 제작 및 배양

실험에 사용한 톱밥 배지 재료는 참나무톱밥 85% (상수리나무와 신갈나무 1:1, w:w)에 밀기울 15%의 비율로 혼합하였고 함수율을 65%로 조절하여 약 2.2 kg 사각배지(20 cm×15 cm×10 cm)를 제작하였다. 121°C에서 90분간 고압 멸균하여 만든 사각배지에 10 mm×10 mm 크기의 균사체 조각을 4개씩 접종하였다. 24개 균주를 접종한 모든 사각 톱밥 배지는 CO₂ 1,000 ppm, 온도 25°C

배양실에서 암배양 60일, 명배양(300 Lux) 40일로 총 100일 배양 후 발생실(온도 $18 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $85 \pm 5\%$)에서 발생작업을 실시하였다.

자실체 특성 조사

100일간 배양이 완료된 톱밥배지는 비닐봉지를 개봉하여 발생을 진행하였고 발생실 내부온도 18°C , 습도 80%를 유지하였다. 생육중기의 자실체를 배지와 근접하여 절단하여 수확하였다. 수확한 자실체는 표고버섯 갓과 대를 분리하였고 품종 출원을 위한 UPOV (The International Union for the Protection of New Varieties of Plants, 국제 신품종 보호 연맹) 지침에 따라 갓의 직경 및 두께, 대의 길이 및 굵기, 주름살 넓이를 측정하였고[10], 색차색도계(chromameter CR-10 konica Minolta, Japan)를 사용하여 L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값을 측정하였다.

에르고티오네인 함량 조사

자실체 형태적 특성 조사가 완료된 표고 자실체는 55°C 의 건조기에서 3일 동안 건조시키고 막자살과 막자를 이용하여 고운 가루로 만들었다. 에르고티오네인 추출은 Kim 등[11]이 사용한 방법을 바탕으로 수행하였다. 1 g 건조 표고 가루를 20 mL의 추출 용액(10 mM dithiothreitol [DTT], 100 μM betaine in ethanol, 100 μM 2-mercapto-1-methyl-imidazole [MMI] in 70% ethanol)에 침지하여 1시간 초음파 처리하고 다시 1시간동안 와류하였다. Sodium dodecyl sulfate (SDS) 4 mL를 첨가 후 25°C , 3,000 g에서 10분동안 원심분리 한 뒤에 상층액을 40°C 에서 5 mL로 증발시키고 0.2 μm CA 필터(3 mm, Lida, Kenosha, WI, USA)에 여과시켰다. Ultimate3000 HPLC (Thermo Dionex, Germering, Germany)을 사용하여 분석하였고, Inno C-18 컬럼(4.6×250 mm, 5 μm ; Youngjinbiochrom, Seongnam, Korea)을 사용하였다. 트리에틸아민 1 mL/L와 30% 아세토니트릴 30 mL/L가 포함된 인산염(0.5 M)이 용리제로 사용되었고, 이동상의 유속은 1 mL/min로 10 μL 를 주입하여 수행하였다. 254 nm의 파장에서 모니터링 하였고 Authentic L-ergothioneine (Sigma, St. Louis, USA)을 사용하여 표준곡선을 계산하고 에르고티오네인 함량을 정량화하였다.

통계분석

자실체 형태적 특성과 에르고티오네인 함량 결과값의 품종별 상관관계를 알아보기 위하여 SPSS 프로그램(PASW Statistics 18; SPSS INC., Chicago, IL, USA)으로 분산분석 후 Tukey test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 사후분석 및 검증하였다.

결과 및 고찰

품종별 자실체 특성

국내 표고 톱밥재배용 품종 24개를 동일한 조건으로 접종, 배양하여 자실체를 발생시켰다(Fig. 1). 2.2 kg 사각배지에서 모두 자실체가 발생했다. 그러나 산조711호의 경우 다른 계통과 달리 발이 는 됐지만 일반적인 자실체의 형태로 발달하지 않고 기형인 상태로 자라며 크게 성장하지 못하는 특징을 보였으므로 자실체 형태적 특성조사에서는 제외시켰다. 또한 산조712호 자실체의 갓은 동일조건

에서 유일하게 화고가 발생하는 특징을 보였다. Table 1의 자실체 생산량은 산림과학원에서 개발한 만추향이 1,471.1 g/2.2 kg 으로 가장 높았고 반대로 산조716호는 98.3 g/2.2 kg으로 약 15배 적은 생산량을 보이며 품종간 편차가 큰 것을 확인 할 수 있었다. 일반적으로 산림조합 개발품종을 재배하는 경우 봉형 배지를 하우스에서 재배하는 방식을 많이 사용한다[12]. 본 연구에서는 사각배지를 판넬 재배사 내 선반에 올려 재배하였고 발생실 온도를 $18\pm1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $85\pm5\%$ 로 고정하여 발생시켰다. 품종별 생육 특성에 따라 자실체 발이 및 생장에 영향을 받은 것으로 사료된다.



Fig. 1. Morphological comparison of fruiting bodies of sawdust-cultivated *Lentinula edodes* cultivars in Korea

Table 1. Fruiting body yield of sawdust-cultivated *Lentinula edodes* cultivars in Korea.

Sawdust-cultivated <i>Lentinula edodes</i> cultivars in Korea	Yield (g/2.2 kg)
Strain of National Institute of Forest Science	
NIFoS 169 (Sanlim 10ho)	111.8±28.9
NIFoS 2778 (Sanbaekhyang)	1,050.9±55.0
NIFoS 2924 (Sanmaru 1ho)	654.1±38.4
NIFoS 3404 (Bambithyang)	1,112.3±129.8
NIFoS 3420 (Sansanhyang)	1,556.2±127.9
NIFoS 3876 (Sulbaekhyang)	509.5±24.5
NIFoS 4167 (Sanjanghyang)	757.6±71.8
NIFoS 4317 (Taehyanggo)	498.9±75.8
NIFoS 4329 (Manchuhyang)	1,471.1±91.9
Strain of National Forestry Cooperative Federation	
NIFoS 2462 (Sanjo 701ho)	1,155.5±92.8
NIFoS 2463 (Sanjo 702ho)	1,220.6±36.9
NIFoS 2464 (Chamaram)	1,440.1±54.6
NIFoS 2465 (Sanjo 704ho)	817.1±70.9
NIFoS 2466 (Sanjo 705ho)	965.4±85.6
NIFoS 2467 (Sanjo 706ho)	761.5±41.3
NIFoS 2468 (Sanjo 707ho)	835.3±101.5
NIFoS 2470 (Sanjo 709ho)	1,048.7±38.1
NIFoS 2471 (Sanjo 710ho)	1,132.9±90.9
NIFoS 5663 (Sanjo 711ho)	28.3±7.1
NIFoS 5664 (Sanjo 712ho)	1,163.7±40.3
NIFoS 5665 (Sanjo 713ho)	1,152.5±28.9
NIFoS 5666 (Sanjo 715ho)	954.6±25.3
NIFoS 5667 (Sanjo 716ho)	98.3±5.4
NIFoS 5668 (Sanjo 717ho)	1,017.1±80.6

Values are expressed as mean±standard deviation (n=5).

자실체 갓을 색도계로 측정한 결과는 Table 2와 같다. 명도값을 나타내는 L값은 참아람이 가장 낮았고 산조716호가 가장 높게 나타났으며 적색과 녹색의 정도를 나타내는 a값은 산조707호, 황색과 청색의 정도를 나타내는 b값은 산조716호의 가장 높게 나타났다. 표고 자실체의 갓 직경, 갓 두께, 대 길이, 대 굵기, 주름살 넓이를 조사 결과는 Table 3에 나타내었다. 갓 직경은 태향고가 가장 컸으며 설백향이 가장 작았다. 갓 두께는 산조713호가 가장 두꺼웠고 만추향이 가장 얇았다. 대의 길이는 밤빛향이 가장 길었으며 산림10호가 가장 짧았고, 대 굵기는 산조705호가 가장 두껍고 설백향이 가장 얇았다. 주름살 넓이는 산조709호가 가장 넓었으며 설백향과 산조716호에는 주름살이 존재하지 않아 측정이 불가능했다.

자실체 부위별 에르고티오네인 함량

에르고티오네인은 무색 무취의 다소 특이한 베타인 아미노산으로 L-히스티딘으로부터 중간 전구체인 헤르시닌을 거쳐 시스테인에서 유래된 황의 결합을 통해 생합성되며[13], 생물에 따라 합성경로에는 약간의 차이를 보이기도 한다[14]. 버섯에서는 현재까지 팽이버섯과 잎새버섯에서 에르고티오네인 생합성에 관여하는 효소가 확인되었다[15,16]. 표고 에르고티오네인 합성에

관여하는 효소는 아직까지 밝혀지지 않았으므로 분자 매커니즘에 대한 이해와 연구가 필요하다. 생체 내 에르고티오네인의 대표적인 역할은 항산화제, 항염증제, 방사선에 대한 보호제 그리고 질병예방 등이 있으며 이러한 이점으로 매우 가치있게 여겨진다[13].

본 연구에서는 국내 톱밥재배 품종 24개의 자실체 갓과 대를 분리하여 각각의 에르고티오네인 함량을 분석하였다. 그 결과 품종마다 에르고티오네인 함량이 상이한 것을 확인 할 수 있었다. 품종간 기능성 물질 함량 차이는 기존의 표고버섯의 성분과 항산화 특성 분석 연구를 통해 확인됐다. 5가지 표고품종(산림2호, 산림4호, 산림5호, 산림7호, 산림9호)의 일반성분, 아미노산, 무기산, 아미노산 그리고 유리당 분석 연구와[17], 9가지 품종(다산향, 천백고, 풍년고, 수향고, 백화향, 천장1호, 천장2호, 산림5호, 산림7호)의 항산화 활성을 비교한 결과를 통해 품종별 차이를 확인하였다[18]. 또한 버섯 자실체 부위별로도 기능성 물질의 함량 차이가 존재했다. 베타글루칸의 경우 자실체 갓보다 대에서 높은 함량을 확인 할 수 있었지만 표고 자실체의 에르고티오네인 함량의 경우 갓 부위가 대 부위보다 약 절반 가량 높은 것을 확인 할 수 있었다. 24개 품종 중 산조715호에서 1,225 mg/kg으로 가장 높은 에르고티오네인 함량이 확인되었고 대 부위는 산조711호에서 753 mg/kg으로 함량이 가장 높았다(Fig. 2).

Table 2. Chromaticity of fruiting bodies from sawdust-cultivated *Lentinula edodes* cultivars in Korea.

Sawdust-cultivated <i>Lentinula edodes</i> cultivars in Korea	L	a	b
Strain of National Institute of Forest Science			
NIFoS 169 (Sanlim 10ho)	48.8±0.6	8.6±0.7	18.2±0.2
NIFoS 2778 (Sanbackhyang)	37.5±9.1	9.9±1.5	13.5±3.2
NIFoS 2924 (Sanmaru 1ho)	41.8±8.6	9.7±1.7	14.9±3.0
NIFoS 3404 (Bambithyang)	29.8±2.6	10.7±1.9	11.3±1.9
NIFoS 3420 (Sansanhyang)	45.6±8.6	9.7±1.5	15.7±3.1
NIFoS 3876 (Sulbackhyang)	44.5±4.7	10.7±0.8	18.2±2.2
NIFoS 4167 (Sanjanghyang)	42.7±6.5	10.8±2.7	15.6±1.4
NIFoS 4317 (Tachyanggo)	41.9±9.9	8.7±1.2	14.0±3.1
NIFoS 4329 (Manchuhyang)	38.5±6.9	10.3±1.6	14.3±2.2
Strain of National Forestry Cooperative Federation			
NIFoS 2462 (Sanjo 701ho)	35.2±6.7	10.3±1.6	13.9±3.0
NIFoS 2463 (Sanjo 702ho)	36.9±5.3	10.1±1.5	13.9±1.8
NIFoS 2464 (Chamaram)	29.5±8.7	11.1±2.5	11.9±3.2
NIFoS 2465 (Sanjo 704ho)	40.6±8.9	8.7±0.9	15.5±3.9
NIFoS 2466 (Sanjo 705ho)	36.9±4.9	10.7±1.6	15.5±3.1
NIFoS 2467 (Sanjo 706ho)	34.7±7.4	9.8±1.4	13.1±2.6
NIFoS 2468 (Sanjo 707ho)	29.7±8.0	12.9±3.6	16.8±5.3
NIFoS 2470 (Sanjo 709ho)	33.6±4.3	10±2.3	12.0±2.5
NIFoS 2471 (Sanjo 710ho)	39.2±5.4	9.7±1.2	14.6±1.6
NIFoS 5663 (Sanjo 711ho)	42.4±1.6	10±0.5	16.1±0.3
NIFoS 5664 (Sanjo 712ho)	36.1±5.6	11.7±1.8	14.1±1.4
NIFoS 5665 (Sanjo 713ho)	50.3±4.6	9.8±0.8	18.0±1.3
NIFoS 5666 (Sanjo 715ho)	43.2±5.9	11.5±1.4	17.0±2.0
NIFoS 5667 (Sanjo 716ho)	55.2±1.2	9.0±0.6	21.2±1.3
NIFoS 5668 (Sanjo 717ho)	32.8±3.5	10.9±1.7	12.3±2.8

Values are expressed as mean±standard deviation (n≥3).

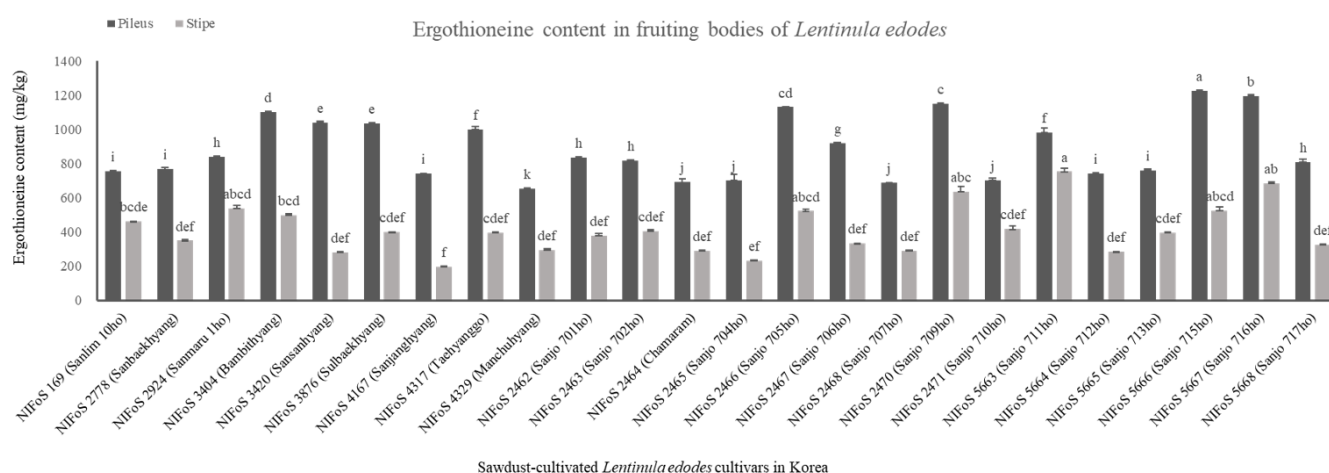
L: lightness; a: red/green value; b: blue/yellow value.

Table 3. Fruiting body characteristics of sawdust-cultivated *Lentinula edodes* cultivars in Korea.

Sawdust-cultivated <i>Lentinula edodes</i> cultivars in Korea	Weight (g/ea)	Pileus length (mm)	pileus diameter (mm)	Stipe length (mm)	Stipe diameter (mm)	Gill width (mm)
Strain of National Institute of Forest Science						
NIFoS 169 (Sanlim 10ho)	21.2±7.6efg	58.9±11.2efg	14.5±2.1ijk	28.3±5.5j	16.5±3.2cde	3.4±0.3ab
NIFoS 2778 (Sanbaekhyang)	32.1±17.2cde	61.9±15.3def	15.7±2.7fghijk	42.1±10.9defg	15.1±2.9cdefg	0.9±0.7h
NIFoS 2924 (Sanmaru 1ho)	20.6±11.1efg	51.1±11.5gh	17.7±3.9cdef	32.3±9.7hij	15.0±4.6cdefg	2.9±1.1bc
NIFoS 3404 (Bambithyang)	60.5±25.1a	72.6±13.5ab	17.7±3.4cdef	56.2±12.2a	14.9±3.8defgh	1.4±0.5gh
NIFoS 3420 (Sansanhyang)	58.6±31.2a	67.7±17.6abcde	17.5±5.5defg	43.9±9.9cdefg	12.6±1.8hi	2.5±0.3cd
NIFoS 3876 (Sulbaekhyang)	13.1±4.7gh	42.6±8.2h	19.1±4.1bcd	38.0±8.5gh	9.5±2.4j	-
NIFoS 4167 (Sanjanghyang)	35.6±27.0bcd	72.0±20.1abc	17.2±2.9defgh	41.0±7.9defg	14.8±2.8defg	1.4±1.1gh
NIFoS 4317 (Taehyanggo)	62.4±29.2a	75.4±19.7a	14.4±2.8ijk	48.0±17.4bcd	19.8±2.0b	3.7±1.4ab
NIFoS 4329 (Manchuhyang)	35.5±16.1bcd	62.4±10.6cdef	12.9±3.6k	47.9±10.6bcd	13.8±3.0efgh	1.4±0.6gh
Strain of National Forestry Cooperative Federation						
NIFoS 2462 (Sanjo 701ho)	45.9±21.8b	71.9±16.8abc	17.9±3.5cdef	48.7±13.5bcd	15.7±3.5cde	2.4±0.7cde
NIFoS 2463 (Sanjo 702ho)	34.1±10.9bcd	65.8±9.9bcdef	13.8±2.5jk	45.8±8.1bcdef	13.0±3.0fgh	2.4±0.7cde
NIFoS 2464 (Chamaram)	37.9±14.2bcd	65.2±13.9bcdef	20.2±3.7bc	46.5±13.9bcdef	11.7±2.9ij	3.5±1.1ab
NIFoS 2465 (Sanjo 704ho)	32.4±16.0cde	56.0±12.4fg	13.4±2.8jk	47.0±12.2bcde	16.8±5.2cd	2.2±0.9cdefg
NIFoS 2466 (Sanjo 705ho)	34.1±15.5bcd	58.8±13.3efg	16.6±2.7defghi	50.1±14.3abc	24.1±7.0a	2.6±0.7cd
NIFoS 2467 (Sanjo 706ho)	34.9±16.6bcd	63.5±14.4bcdef	15.1±4.3ghijk	52.1±8.5ab	14.6±3.0defg	2.5±0.9cd
NIFoS 2468 (Sanjo 707ho)	40.5±14.2bc	64.5±12.6bcdef	18.6±5.3bcde	38.9±10.7fgh	14.8±4.5efgh	1.6±0.9efgh
NIFoS 2470 (Sanjo 709ho)	38.1±17.3bcd	64.3±12.9bcdef	16.4±2.4efghij	53.2±11.1ab	16.2±3.9cde	3.9±0.6a
NIFoS 2471 (Sanjo 710ho)	45.8±16.2b	72.3±12.7abc	18.1±3.1cdef	37.5±9.8gh	17.7±7.6bc	2.2±0.8cdefg
NIFoS 5663 (Sanjo 711ho)	3.1±1.8h	-	-	-	-	-
NIFoS 5664 (Sanjo 712ho)	28.3±8.9cdef	56.3±7.2fg	14.9±3.0hijk	41.4±7.5defg	11.3±2.4ij	2.0±0.6defg
NIFoS 5665 (Sanjo 713ho)	29.7±10.7cdef	59.7±9.8defg	23.2±2.4a	29.9±8.4	16.1±3.9cde	1.6±0.7efgh
NIFoS 5666 (Sanjo 715ho)	41.0±18.1bc	69.1±13.4abcd	18.8±3.3bcde	41.9±8.7defg	16.1±3.4cde	1.5±0.5fgh
NIFoS 5667 (Sanjo 716ho)	27.3±4.6def	63.8±10.8bcdef	20.6±0.9b	39.7±3.4	25.1±0.1a	-
NIFoS 5668 (Sanjo 717ho)	29.5±9.2cdef	62.5±8.1cdef	20.8±2.8b	36.8±8.1ghi	14.5±2.4defg	1.9±0.6defg

Values are expressed as mean±standard deviation (n≥3).

Means with different letters are significantly different (p<0.05).

**Fig. 2.** Ergothioneine contents of fruiting bodies of sawdust-cultivated *Lentinula edodes* cultivars in Korea. Values are expressed as mean±standard deviation (n≥3). Means with different letters are significantly different (p<0.05).

표고 신품종 육종을 위한 방법에는 이핵균사 일핵균사간의(Di-Mon)교배와 일핵균사간의(mono-mono) 교배법이 있다. Di-Mon 교배의 장점은 우선 단포자 분리의 어려움이 줄어들어 편리하며 한쪽 모균주의 단포자가 얻어지지 않을 때에도 교배가 가능하다. 이러한 장점으로 한쪽 모균주가 자실체를 형성하지 않거나 포자를 만들지 않는 경우도 교배에 사용할 수 있다[19]. 국립산림과학원에서 Di-Mon 교잡으로 육종한 표고 품종은 산림7호, 수향고, 천백고, 풍년고 등이 있다[20-23]. 단포자 교배는 Di-Mon 교잡에 비해 교잡 확인이 빠르다. 단포자 균주는 이핵균주 생성에 높은 확률로 영향을 주며 자실체 발생과 생산량에 영향이 준다는 보고가 있었으며[24], Ka [25] 등은 우량하다고 판단되는 균주에 일정 특정 단포자가 반복적으로 포함되는 것으로 확인하였다. 이로 미루어보아 단포자는 자실체 품질에 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 기존의 연구에서 단포자 교잡으로 얻은 11개 균주에서 자실체를 발생시키고 에르고티오네인 함량을 확인한 결과 모균주보다 높은 에르고티오네인 함량을 가지는 교잡균주를 확인할 수 있었고 이를 통해 기능성 물질 역시 단포자에 의해 영향을 받는다는 사실을 확인할 수 있었다[11]. 이번 실험을 통해 확인된 생산량이 높고 자실체의 형태가 우수한 품종과 에르고티오네인 함량이 높은 균주 간 교잡을 통해 에르고티오네인 함량이 높고 형태적으로도 우수한 교잡 품종 육성이 가능할 것으로 기대한다.

적요

본 연구에서는 국내 톱밥 재배 표고품종 24개를 같은 조건에서 배양하고 자실체를 발생시켜 형태적인 특성과 버섯의 대표적인 기능성 물질인 에르고티오네인의 함량을 조사하였다. 자실체 생산량과 형태적 특성은 품종별로 차이를 보였으며 에르고티오네인 함량이 높은 갓 부위의 경우 태향고와 산조713호가 각각 가장 크고 두껍게 측정되었다. 품종별 자실체 부위 에르고티오네인 함량 측정 결과 표고는 갓이 대보다 높은 에르고티오네인 함량을 가진다는 것을 확인할 수 있었다. 갓 부위는 산조715가 kg당 1,225 mg으로 가장 높았고 대 부위는 산조711가 kg당 753 mg으로 가장 높은 에르고티오네인 함량이 확인되었다. 갓 부위의 에르고티오네인 함량이 kg당 1,000 mg 이상인 품종은 밤빛향, 산산향, 설백향, 태향고, 산조705호, 산조709호, 산조715호 그리고 산조716호로 이들 품종을 모균주로 선발하여 에르고티오네인의 기능성 강화 신품종 개발에 이용할 것이다.

CONFLICT OF INTERESTS

No conflict of interest was reported by the author(s).

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Golden Seed Project of ‘Breeding of new strains of shiitake for cultivar protection and substitution of import [213007-05-5-SBH10]’ provided by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ministry of Oceans and Fisheries, Rural Development Administration and Korea Forest Service and a grant from the General Project (FP0800-2020-01) of the National Institute of Forest Science, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Aruoma O, Spencer J, Mahmood N. Protection against oxidative damage and cell death by the natural antioxidant ergothioneine. *Food Chem Toxicol* 1999;37:1043-53.
2. Shahidi F. Prevention of lipid oxidation in muscle foods by nitrite and nitrite-free compositions. Washington, D.C.: ACS Publications; 1992.
3. Aruoma OI. Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease. *J Am Oil Chem. Soc* 1998;75:199-212.
4. Diaz M, Free B, Vita J, Keaney Jr J. Mechanisms of diseases antioxidants and atherosclerotic. *Heart Disease* 1997;1997:408-18.
5. Halliwell B, Cheah IK, Tang RM. Ergothioneine– a diet-derived antioxidant with therapeutic potential. *FEBS letters* 2018;592:3357-66.
6. Beelman RB, Kalaras MD, Phillips AT, Richie JP. Is ergothioneine a ‘longevity vitamin’ limited in the American diet? *J Nutr Sci* 2020;9:e52.
7. Jang JH, Aruoma OI, Jen LS, Chung HY, Surh YJ. Ergothioneine rescues PC12 cells from β -amyloid-induced apoptotic death. *Free Radic Biol Med* 2004;36:288-99.
8. Ramirez-Martinez A, Wesolek N, Yadan JC, Moutet M, Roudot AC. Intake assessment of L-ergothioneine in some European countries and in the United States. *Hum Ecol Risk Assess* 2016;22:667-77.
9. Dubost NJ, Ou B, Beelman RB. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chem* 2007;105:727-35.
10. Öztürk C, Atila F. Changes in lignocellulosic fractions of growing substrates during the cultivation of *Hypsizygus ulmarius* mushroom and its effects on mushroom productivity. *Sci Hortic* 2021;288:110403.
11. Kim MJ, Jeong YS, Jang Y, Ka KH. Selection of functional *Lentinula edodes* strains with high ergothioneine content using mono-mono hybridization. *Kor J Mycol* 2021;49:507-14.
12. Lee WH, Kim SG, Kang SJ, Kim IY, Kwon HW, Ko HK. Selection of *Lentinula edodes* mushroom cultivars suitable for cylindrical sawdust media. *J Mushroom* 2018;37:81.
13. Cheah IK, Halliwell B. Ergothioneine; antioxidant potential, physiological function and role in disease. *Biochim Biophys Acta-Mol Basis Dis* 2012;1822:784-93.
14. Borodina I, Kenny LC, McCarthy CM, Paramasivan K, Pretorius E, Roberts TJ, van der Hoek SA, Kell DB. The biology of ergothioneine, an antioxidant nutraceutical. *Nutr Res Rev* 2020;33:190-217.
15. Yang X, Lin S, Lin J, Wang Y, Lin JF, Guo LQ. The biosynthetic pathway of ergothioneine in culinary-medicinal winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Agaricomycetes). *Int J Med Mushrooms* 2020;22:171-81.
16. Yu YH, Pan HY, Guo LQ, Lin JF, Liao HL, Li HY. Successful biosynthesis of natural antioxidant ergothioneine in *Saccharomyces cerevisiae* required only two genes from *Grifola frondosa*. *Microb Cell Factories* 2020;19:1-10.
17. Kim KJ, Im SB, Yun KW, Je HS, Ban SE, Jin SW, Jeong SW, Koh YW, Cho IK, Seo KS. Content of proximate compositions, free sugars, amino acids, and minerals in five *Lentinula edodes* cultivars collected in Korea. *J Mushroom* 2017;15:216-22.
18. Seo S, Jang Y, Ryoo R, Ka KH. Antioxidant properties of water extracts from *Lentinula edodes* cultivars grown on oak log. *Kor J Mycol* 2018;46:51-7.

19. Shin PG, Yoo YB, Kong WS, You CH, Oh SJ. Characterization of intraspecific hybrids by Di-mon crossing in *Pleurotus eryngii*. J Mushroom 2004;2:109-13.
20. Bak WC, Lee BH, Ka KH. Characteristics of new shiitake strain. Kor J Mycol 2010;38:25-8.
21. Bak W, Park Y, Lee B, Ka K. Cultural characteristics of newly bred *Lentinula edodes* strain "Soohyangko". J Mushroom 2013;11:9-14.
22. Park W, Park Y, Lee B, Ka K, Park J. Characteristics of newly bred Shiitake strain Chunbaegho. Korean J Mycol 2013;41:28-32.
23. Park Y, Bak WC, Koo CD, Lee BH. Cultural characteristics of new cultivar of *Lentinula edodes*, Poongnyunko. Kor J Mycol 2015;43:26-32.
24. Ha BS, Kim S, Ro HS. Isolation and characterization of monokaryotic strains of *Lentinula edodes* showing higher fruiting rate and better fruiting body production. Mycobiology 2015;43:24-30.
25. Ka KH, Ryoo R, Jang Y, Park Y, Jeong YS, Kang JJ, Heo G, Jeon SM. Characteristics of fruiting bodies formed upon monohybrid cross of *Lentinula edodes* strains. Kor J Mycol 2019;47:173-9.