The Korean Journal of Mycology
© The Korean Society of Mycology

한국균학회지
Kor. J. Mycol. 37(1) : 80-85 (2009)

노루궁뎅이버섯류의 톱밥재배와 항산화물질 비교 연구

유성열[1] · 이위영[2] · 가강현[1]*

[1]국립산림과학원 화학미생물과, [2]생물공학과

Comparative Study on the Sawdust Cultivation and the Antioxidants of *Hericium* spp.

Sung-Ryul Ryu[1], Wi-Young Lee[2] and Kang-Hyeon Ka[1]*

[1]*Division of Wood Chemistry and Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea*
[2]*Division of Biotechnology, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea*

(Received February 5, 2009. Accepted March 30, 2009)

ABSTRACT: As a preliminary study in order to develop new varieties of *Hericium* species, this study was carried out to investigate the optimal temperature for mycelial growth, to figure out the applicability to sawdust cultivation on *Quercus mongolica* substrate, and to analyze the antioxidant capacity of ergothioneine and polyphenols in *Hericium* strains preserved in Korea Forest Research Institute (KFRI). In the results of optimal temperature for mycelial growth of eight *Hericium erinaceus*, it was 20°C in a strain (KFRI 842), 25°C in five strains (KFRI 507, 508, 509, 843, 845), and 30°C in two strains (KFRI 582, 844). Optimal temperature for mycelial growth of *H. coralloides* (KFRI 713) was 25°C. Four strains (KFRI 508, 843, 844, 713) out of the total nine *Hericium* strains showed full mycelium growth within 20 days at the optimal temperature on PDA medium in petri-dish (85 mm in diameter). The other strains have need of more time for full mycelium growth. Mushroom production of *H. erinaceus* ranged from 215 to 384 g of fresh weight and its dry weight was 7 to 9% of it, whereas that of *H. coralloides* was 299 g of fresh weight and its dry weight was 10% of it. The contents of ergothioneine and polyphenols of *H. erinaceus* strains were different by strains and those were in the range of 1.6~3.7 mg/g dw. and 5.9~7.8 mg/g dw., respectively. On the other hand, those of *H. coraloides* were in the range of 1.7 mg/g dw. and 3.9 mg/g dw., respectively. From the results of correlation ($R^2 = 0.1$) between ergothioneine and polyphenols in the strains, it was found that the total contents of them differ by strains but the ratio of the two compounds was not very different in the strains.

KEYWORDS: Ergothioneine, *Hericium*, Polyphenols, Sawdust cultivation

노루궁뎅이류는 우리나라에서 재배 및 자연채취 하는 대표적인 식용버섯이다. 우리나라에서 널리 알려진 것은 노루궁뎅이(*H. erinaceus* (Bull.) Pers)와 수실노루궁뎅이(*H. ramosum* (Bull.) Pers로 주로 활엽수에서 버섯을 만든다. 후자인 경우, 우리나라에서는 전나무 생목의 상처 부위에서 발생한 보고도 있다고 하나(김 등, 2004), 아마도 죽어있는 부분에서 버섯이 발생하였을 것으로 여겨진다. 이들 버섯과 유사한 *H. abietis*와 *H. alpestre*는 침엽수에서 발생하고 있다(Hall *et al*., 2004; Flck, 1995). 우리나라에서는 노루궁뎅이 버섯류 4종(*H. caput-medusae, H. coralloides, H. erinaceus, H. ramosum*)이 알려져 있지만(이와 이, 2000), *H. caput-medusae*는 *H. erinaceus*이고, *H. ramosum*은 *H. coralloides*로 정정되어 실제는 2종이 분포하고 있다(http://www.indexfungorum.org).

노루궁뎅이는 균사 생장 및 자실체 발생(Ko *et al*., 2005; 고 등, 2004), 배양특성(고 등, 1997), 추출공정(이 등, 2007), 추출물(최 등, 2003; 정 등, 2007), 추출물의 제형가공(박 등, 2006) 등 다양한 연구가 국내에서 시도되고 있다. 아울러 노루궁뎅이에서 새로운 물질구명(Zhang *et al*., 2007), erinacines의 구조동정(Kawagishi *et al*., 2006; Kenmoku *et al*., 2000), 다당류 구조동정(Wang *et al*., 2004) 등이 연구되었고, 이들 물질들에 대한 신경세포 활성(Shimbo *et al*., 2005), 황산화 활성; Mau *et al*., 2002; 정 등, 2007), 대식세포 활성(Son *et al*., 2006) 등의 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

항산화물질인 ergothioneine (ERG)은 버섯에서 생합성이 이루어지나, 인간을 비롯한 동물 및 고등식물에서는 합성하지 못한다(Audley and Tan, 1968; Melville *et al*, 1956). 그래서 인체에서 직접적인 활성산소를 소거작용 하는 ERG는 버섯으로부터 얻을 수 있고, 인체에서 중요한 생리적 역할을 한다(Arduino *et al*. 1990; Akanmu *et al*. 1991; Aruoma *et al*. 1997; Jang, *et al*., 2003; Sakrak *et al*., 2008). 아울러 페놀성 화합물질은 식물뿐만 아니라 버섯의 항산화 기능 물질로 대표되고 있다(Cui *et al*., 2006). 최근에 Dubost 등(2007)은 버섯으로부터 ERG과 polyphenols 함량 분석방법을 보고

*Corresponding author <E-mail : kasymbio@korea.kr>

하였기에 버섯분야에 다양하게 적용할 수 있게 되었다.

본 연구의 목적은 상업적 가치가 높은 노루궁뎅이류 수집 균주들에 대하여 앞으로 신품종 개발을 위한 기초조사로 자실체 발생 특성과 항산화 활성을 나타내는 ergothioneine과 polyphenols 함량을 조사하였다.

재료 및 방법

PDA 배지에서 온도별 균사생장

본 실험에 사용된 균주는 국립산림과학원 임산버섯연구실에 보존되어 있는 9개의 노루궁뎅이류를 사용하였다(Table 1). 실험 균주들은 PDA 배지에서 14일간 배양한 것을 이용하였다. 온도별 균사생장 조사는 PDA 배지에서 자란 균주별 균사체의 조각 (직경 5 mm)을 페트리디쉬 (85 mm) 중앙부 부근에 접종하여 최저 5°C부터 최대 35°C까지 5°C간격으로 온도처리를 달리하여 30일간 조사하였다.

톱밥배지에서 버섯 발생

현재 노루궁엥이버섯류는 사탕수수박, 참나무톱밥, 면실박, 옥수수속대, 볏짚 등에 영양원을 첨가하여 재배되는데(Chang and Miles, 2004), 특히 참나무톱밥이 균사생장에 적합하였다(장과 노, 1999). 우리나라에서 쉽게 구할 수 있는 재료인 신갈나무톱밥을 주재료로 사용하고 첨가재료로서 미강을 4대 1의 무게비율로 혼합한 후 물을 첨가하여 65%의 함수율로 조정하였다. 1l의 Polypropylene병에 준비된 배지를 800 ml씩 넣고 잘 다진 후 막대기를 이용하여 정 가운데에 구멍을 뚫었다. 각 균주들의 처리는 10반복으로 실시하였다.

균 배양은 25°C시 항온기 암조건에서 수행하였고, 균사가 만연된 배양병은 균 긁기를 하지 않고 원기가 자연스럽게 형성될 때까지 기다렸다. 그리고 24시간 동안 4°C에서 저온자극을 준 후 17°C를 유지할 수 있는 공조발생실로 옮겨 배양병 마개를 개방하였다.

Table 1. *Hericium* strains used in this study

Strain	Species	Collected year	Origin	Source[a]
507	*H. erinaceus*	2000	Korea	KFRI
508	*H. erinaceus*	2000	China	KFRI
509	*H. erinaceus*	2000	China	KFRI
582	*H. erinaceus*	2001	Korea	KFRI
842	*H. erinaceus*	2002	Korea	KFRI
843	*H. erinaceus*	2005	Korea	KFRI
844	*H. erinaceus*	2006	Korea	KFRI
845	*H. erinaceus*	2005	Korea	KFRI
713	*H. coralloides*	2006	England	KACC 41743

[a]KFRI, Korea Forest Research Institute. KACC, Korean Agricultural Culture Collection

항산화물질 분석(ergothioneine, polyphenols)

톱밥재배에서 얻어진 노루궁뎅이류 버섯은 균주별로 동결건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 전체 ergothioneine과 페놀함량 분석용 시료로 사용하였다. Ergothioneine(ERG) 분석은 Dubost 등 (2007)의 방법으로 정량하였다. 분석방법은 동결건조한 0.2 g 시료에 20 ml cold ethanol extraction 용액 (10 mM DTT, 100 μM betaine, 100 μM MMI in 70% ethanol)을 첨가 및 교반하였다. 각 용액은 3분간 sonicate 후 여기에 1% SDS 함유 에탄올 용액 4 ml를 첨가하여 혼합 후, 원심분리 하였다. 상등액은 10 ml를 취해 동결 건조하고 여기에 10 ml 증류수 (pH를 7.3으로 조절한)를 첨가하여 녹인 후 원심분리하여 상등액을 EGR 함량 분석용으로 사용하였다. EGR 정량은 Econosphere C18 column (4.6 × 250 mm, 5 μm; Alltech Associates, IL. USA)을 장착한 HPLC (Thermo Electron C, Finnigan Surveyor System, Massachusetts USA)를 사용하였다. 이동상은 3% Acetonitrile 포함된 50 mM Sodium phosphate (0.1% triethylamine으로 pH 7.3 조절)로 유속(flow rate)은 0.7 ml/min로 하여 UV 검출기 254 nm에서 측정하였다.

총 페놀 화합물(total phenolic compound, TPC) 함량은 Fu 등(2002)의 방법을 수정하여 측정하였다. 분석방법은 동결건조한 0.5 g 시료에 80% 에탄올 용액을 60 ml를 첨가하여 환류 냉각 장치가 장착된 60°C의 항온 수조에서 1시간 동안 TPC를 추출하였다. 추출된 용액은 4500 rpm에서 원심분리하여 상등액을 TPC 분석용으로 사용하였다. TPC 농도는 Folin & Ciocalteu's Phenol 시약 용액 (FCR)을 사용해 측정하였다. 1 ml 추출용액은 10배 희석된 FCR시약 4 ml를 첨가하여 3분간 반응 시켰다. 반응액은 7.5% Sodium carbonate 용액을 5 ml 첨가하여 교반한 다음, 30분 후에 UV-VIS spetrophotometer (Agilent Tec, HP 8453, Germany)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. TPC의 정량은 Gallic acid를 사용하여 표준 곡선을 작성하여 사용하였다.

통계처리

균주사이의 생산성 차이와 항산화 물질인 ERG와 TPC의 차이비교는 통계 프로그램인 SAS (The SAS system ver. 8.1)을 이용하여 분산분석을 실시하였고, 유의차가 인정되면 유의수준 5%에서 던컨의 다중검정을 하였다. 또한 회귀분석은 polyphenols과 ergothioneine 사이의 상관성을 알아보기 위해 수행하였다.

결과 및 고찰

PDA 배지에서 온도별 균사생장

대부분의 균주는 85 mm 크기의 PDA배지에서 30일이 경과하면 균사생장을 완료하였다. 균사생장 최적온도는 20°C에서 KFRI 842, 25°C에서 KFRI 507, KFRI 508, KFRI 509, KFRI 713, KFRI 843, KFRI 845 그리고 30°C에서 KFRI 582와

Table 2. Temperature characteristics for mycelial growth of *Hericium* strains on PDA

Species	Strain	Optimal temperature			Temperature	
		Temperature (°C)	Day of culture	Maximum growth (mm)	5°C	35°C
H. erinaceus	507	25	30	39[a]	0[a]	0[a]
H. erinaceus	508	25	20	85	14	20
H. erinaceus	509	25	24	85	9	19
H. erinaceus	582	30	30	71	15	15
H. erinaceus	842	20	30	85	0	0
H. erinaceus	843	25	20	85	0	19
H. erinaceus	844	30	18	85	13	0
H. erinaceus	845	25	30	81	0	0
H. coralloides	713	25	20	85	0	17

[a]Values are mean of mycelial growth (n = 3). Petri-dish size is 85 mm in diameter.

KFRI 844로 균주별로 다르게 나타났다(Table 2). 특히, KFRI 507은 동종의 노루궁뎅이 중 가장 균사생장이 느렸다. 대부분의 균주들은 25°C에서 최적의 균사생장을 나타냈지만, 최저 5°C와 최고 35°C 범위에서는 균사생장이 활발하지 못했다(Chang and Miles, 2004). 이와 같은 현상은 일반적인 균사들의 온도 생장 특성과 비슷한 결과이다(森喜, 1992).

KFRI 507과 KFRI 842는 강원도 홍천 참나무류에서 수집된 버섯인데도 불구하고 최적 균사생장 온도범위가 다르게 나타난 것은 특이한 결과였다. 또한 KFRI 713을 제외한 8개 균주는 동종의 노루궁뎅이로서 국내의 북부지방과 남부지방 그리고 중국에서 수집된 버섯이지만 지역간 균사생장의 최적온도에 대한 특이점은 나타나지 않았다.

톱밥배지에서 버섯 발생

균주별 자실체는 흰색, 노란색, 유백색 등의 색깔과 생김새에 있어서 다양한 형상을 보였다(Fig. 1). 자실체의 색깔은 초기에 엷은 분홍색이었다가 생장함에 따라 점차 노란색과 유백색으로 변했다(김 등, 2000).

노루궁뎅이버섯류를 재배하고 있는 일본은 종균접종에서 수확적기까지의 기간은 단기(40~42일), 중기(44~46일), 장기

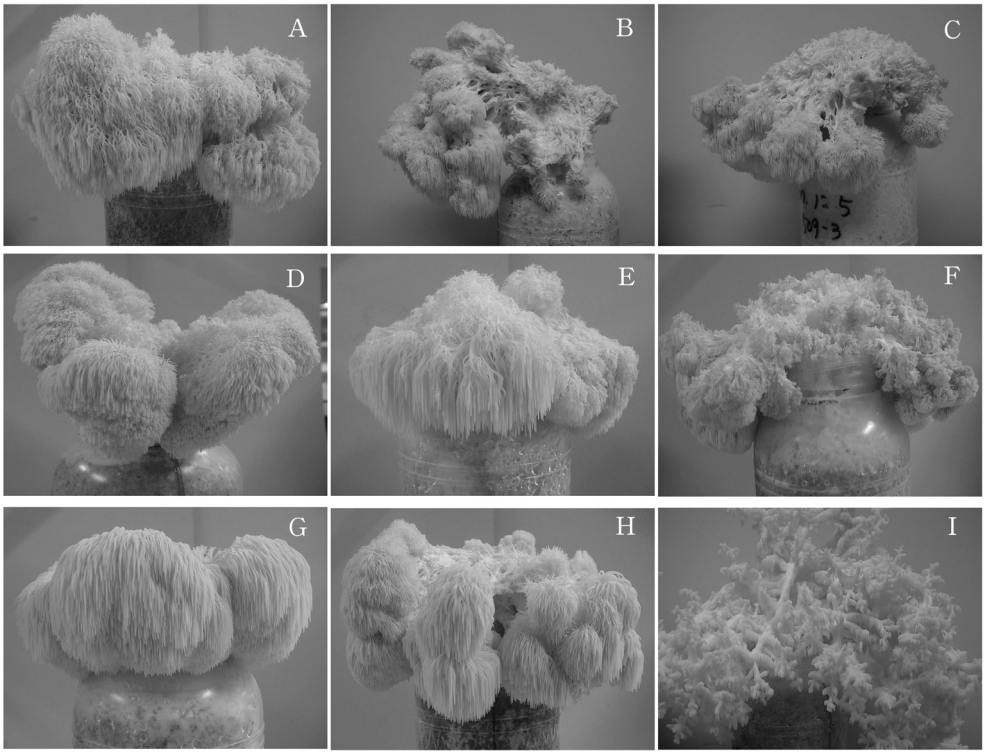

Fig. 1. Fruiting bodies on sawdust cultivation of *Hericium* spp. Bottle diameter is 9.5 cm. A, KFRI 507; B, KFRI 508; C, KFRI 509; D, KFRI 582; E, KFRI 842; F, KFRI 843; G, KFRI 844; H, KFRI 845; and I, KFRI 713.

(48~50일)로 나누고 있으며, 발생처리에서 수확까지 걸리는 시간은 단기(10~12일 미만), 중기(14~16일 미만), 장기(18~20일 미만)로 구분해 놓고 있다(http://www.hinsyu.maff.go.jp/). 본 실험에서 사용된 균주들은 접종 이후 균주별 발생처리는 47일 만에 이루어졌으며, 수확은 14일이 소요되었기 때문에 발생 최성기까지의 기간은 장기, 발생처리에서 수확까지의 기간은 중기로 판단내릴 수 있었다. 발생처리 결과 균주별 자실체는 발생 차수별 생산성 차이를 보였다(Table 3). 노루궁뎅이류의 1차 발생에서는 KFRI 713이 261 g으로 가장 높게 생산되었고, 나머지 균주들의 생산량은 149~205 g의 범위였다. 특히, KFRI 713은 산호침버섯(*H. coralloides*)으로 노루궁뎅이 (*H. erinaceus*)보다 높은 생산성을 보였다. 2차 발생에서의 노루궁뎅이류는 생산량 범위가 38~170 g의 범위로 나타나 1차 발생에 비해 생산량 변동 폭이 큰 것을 확인할 수 있었다. 그리고 1차 발생에서 가장 많은 생산량을 보였던 KFRI 713의 경우는 2차 버섯발생이 38 g 으로서 저조했다. 이러한 결과는 노루궁뎅이류가 1차 발생에 비해 2차 발생에서의 수확량이 저조했던 균주는 배양병에 톱밥의 밀도가 낮아 연 이은 버섯발생에 불리했기 때문이다. 3차 발생에서는 배지내부의 수분부족과 잡균오염으로 인해 버섯발생을 하지 못했다. 발생 차수를 거듭할수록 노루궁뎅이류의 버섯발생이 부진해 졌다. 따라서 장기간 버섯 수확을 위해서는 배양병에 톱밥밀도를 높일 필요가 있으며, 발생이 이루어진 이후 일정 기간의 휴양과 수분 공급이 이루어질 때 지속적인 버섯발생을 시킬 수 있으리라 판단된다.

한편 버섯의 건물율은 10% 미만을 나타냈는데, 등록품종인 표고가 10%이상을 보이는 것에 비해 낮았다(大森, 2000). 이 결과는 노루궁뎅이 버섯류가 표고에 비해 버섯조직이 더 연한 성질을 가지고 있다는 것을 의미한다.

항산화물질 분석(ergothioneine, polyphenols)

재배한 노루궁뎅이류에 함유되어 있는 ergothionine(ERG)과 페놀성 화합물(TPC)은 균주별로 비교 하였다. ERG의 함량은 균주별 1.7~3.6 mg/g 사이로 나타났다. 산호침버섯(KFRI 713)과 노루궁뎅이(KFRI 845)는 2 mg/g 이하로 낮게 함유되어 있었고, 나머지 균주들은 2.6~3.6 mg/g 사이로 균주별로 차이가 있었다(Fig. 2). 일반적으로 식용버섯의 ERG 함량은 버섯 종류에 따라 차이가 있지만 평균 2 mg/g (Dubost *et al.*, 2006; Dubost *et al.*, 2007)으로 노루궁뎅이류는 이보다는 높게 함유되어 있었다.

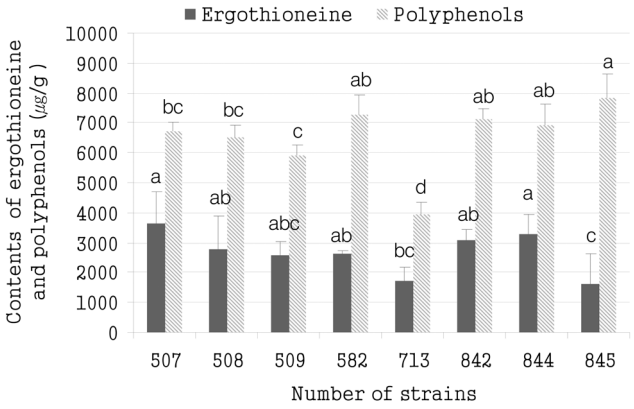

Fig. 2. Ergothioneine and polyphenols contents measured in the fruiting bodies of *Hericium* strains. Values are mean and standard deviation for three replicates. Values followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% probability by Duncan's multiple range test.

노루궁뎅이류의 TPC 함량은 균주별 3.9~7.8 mg/g까지 분포하였다. 그러나 산호침버섯(KFRI 713)은 3.9 mg/g으로 가장 낮았고, 모든 노루궁뎅이 균주는 6.2~7.8 mg/g 사이로 유사한 함량 분포를 나타냈다(Fig. 2). 일반적으로 표고 및 느타리의 TPC 함량은 평균 4.2 mg/g 내외로 노루궁뎅이는 이보다 다소 높았으나 양송이(8 mg/g)보다는 낮은 함량을 나타냈다(Dubost *et al.*, 2007).

항산화 물질인 ERG와 TPC 함량은 Fig. 3과 같이 균주 내에서는 상관관계($R^2 = 0.1$)가 없었다. 균주 간에는 TPC가

Table 3. Comparison of productivity of *Heiricum* strains on sawdust medium for 5 months

Strain	1st fruit body (g)[a]	2nd fruit body (g)	3rd fruit body (g)	Total yield	1st dry weight (g)
KFRI 507	162.9 ± 7.9c[b]	135.1 ± 34.5cd	86.3 ± 40.2a	384.3 ± 57.1a	13.8
KFRI 508	149.1 ± 15.2d	64.3 ± 104.1a	1.3 ± 4.1a	214.7 ± 103.5d	13.1
KFRI 509	168.8 ± 15.2c	169.6 ± 92.3ab	0	338.3 ± 98.1ab	14.1
KFRI 582	164.5 ± 12.1c	65.5 ± 84.8abc	10.2 ± 28.5a	240.2 ± 98.9cd	14.5
KFRI 713	260.7 ± 11.5a	37.9 ± 63.8d	0	298.6 ± 65.3abcd	24.3
KFRI 842	204.8 ± 26.8b	118.2 ± 95.8abc	39.1 ± 47.7a	362.2 ± 137.2ab	15.6
KFRI 843	164.3 ± 17.1c	82.8 ± 86.1cd	19.1 ± 39.3a	266.2 ± 104.1bcd	13.2
KFRI 844	169.1 ± 22.8c	139.5 ± 62.0bc	27.8 ± 55.8a	336.4 ± 81.5ab	12.7
KFRI 845	165.7 ± 11.8c	131.3 ± 73.9abc	22.9 ± 38.9a	319.9 ± 100.7abc	13.8

[a]Values are mean ± SD of the fresh weight of fruit bodies on 800 g sawdust medium (n = 10).
[b]Values followed by the same letter within a column are not significantly different at the 5% probability by Duncan's multiple range test.

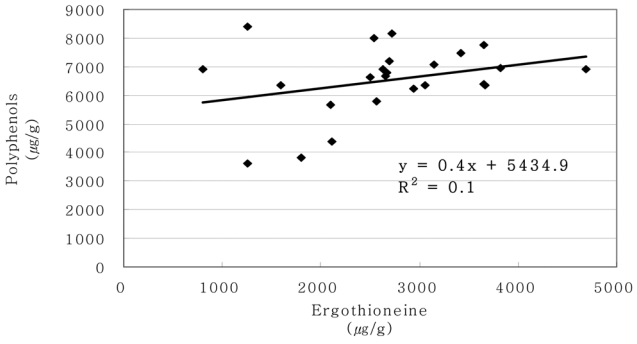

Fig. 3. Correlation between ergothioneine and polyphenols measured in the fruiting bodies of *Hericium* strains

ERG보다 많이 함유하고 있었으나, TPC가 많이 함유할 지라도 반드시 ERG를 많이 함유하지는 않았다. 그러나 Dubost 등(2007)은 버섯 종이 다른 것들의 분석에서 ERG와 TPC 함량 사이에 높은 상관관계(R^2= 0.86)를 보고하였다. 이와 같은 차이는 종내 균주간과 종간의 차이로 판단된다.

적요

신품종 개발을 위한 예비조사로써 본 연구는 국립산림과학원에서 보존중인 노루궁뎅이류의 균주를 이용하여 균사생장을 위한 최적온도, 신갈나무에 톱밥재배, 황산화 활성물질인 ergothioneine와 polyphenols에 대해 조사하였다. 노루궁뎅이의 균사생장 최적온도는 20°C에서 KFRI 842, 25°C에서 5개 균주(KFRI 507, 508, 509, 843, 845), 30°C에서 2균주(KFRI 582, 844) 이었다. 산호침버섯의 균사생장 최적온도는 25°C 이었다. 노루궁뎅이류 9개 균주 중 4개(KFRI 508, 843, 844, 713)는 25°C에서 20일내에 직경 85 mm의 페트리디쉬 PDA 배지를 채웠다. 그리고 나머지 균주들은 페트리디쉬를 채우는데 더 많은 시간이 필요하였다. 노루궁뎅이의 버섯 생산량은 149~205 g 범위 이었고 자실체 건물율은 7~9% 이었다. 산호침버섯은 261 g 이었고 건물율은 10% 이었다. 노루궁뎅이의 ergothioneine과 polyphenols는 1.6~3.7 mg/g과 5.9~7.8 mg/g 이었고, 균주별로 차이가 있었다. 산호침버섯은 1.7 mg/g의 ergothioneine과 3.9 mg/g의 polyphenols를 함유하고 있었다. Ergothioneine과 polyphenols은 균주 간 두 성분의 함량 차이는 나타났으나 함량비는 차이가 없었다(R^2= 0.1).

감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 일반과제(FP0801-2005-01) 연구비로 수행되었다.

참고문헌

고한규, 김동명, 박원목. 1997. 노루궁뎅이버섯 (*Hericium erinaceus*)의 새로운 균사배양기의 조성. 한국균학회지 25: 369-376.

고한규, 박혁구, 김성환, 박원목. 2004. 톱밥 및 농업부산물 이용 배지상에서 노루궁뎅이버섯 (*Hericium erinaceum*)의 균사생장 및 자실체형성. 한국균학회지 32: 89-94.

김광포, 김한경, 박정식, 유영복, 유창현, 전창성, 정종천, 조세연. 2000. 최신병해충방제도감 -재배기술과 이론-. 한국버섯연구회. p699-710.

김양섭, 석순자, 원항연, 이강효, 김완규, 박정식. 2004. 한국의 버섯 -식용버섯과 독버섯-. 동방미디어(주).

박수정, 홍주현, 윤광섭, 최용희. 2006. 노루궁뎅이버섯 추출물을 이용한 제형가공 및 품질특성. 한국식품저장유통학회 13: 569-573.

이경아, 정지은, 최용희. 2007. 노루궁뎅이버섯의 마이크로웨이브 추출공정 최적화. 산업식품공학 11: 195-202.

이태수, 이지열. 2000. 한국 기록종 버섯 재정리 목록. 임업연구원 연구자료 제163호.

장현유, 노문기. 1999. 노루궁뎅이버섯의 재배방법에 따른 수량성. 한국균학회지 27: 249-251.

정재현, 이광호, 이신영. 2007. *Hericium erinaceum* 균사체와 자실체 열수 추출물의 몇몇 in-vitro 및 in-vivo 생물활성. 한국생물공학회지 22: 22-29.

최미애, 박난영, 우승미, 정용진, 신승렬. 2003. 노루궁뎅이 버섯 및 추출물의 특성. 한국식품저장유통학회지 10: 560-564.

大森 淸壽. 2000. きのこ登錄品種200. 全國食用きのこ種菌協會.

森喜美男. 1992. 最新シイタケのつくり方. 日本きのこ硏究所.

Audley B. G. and Tan, C. H. 1968. The uptake of ergothioneine from the soil into the latex of *Hevea brasiliensis*. *Phytochemistry* 7: 999-2000.

Akanmu D., Cecchini, R., Aruoma, O. I. and Halliwell, B. 1991. The antioxidant action of ergothioneine. *Arch Biochemical and Biophysics* 288: 10-16.

Arduino A., Eddy, L. and Hochstein, P. 1990. The reduction of ferryl myoglobin by ergothioneine: a novel function for ergothioneine. *Arch Biochemical and Biophysics* 281: 41-43.

Aruoma O. I., Whiteman, M. E. and Halliwell, B. 1997. The antioxidant action of L-ergothioneine. Assessment of its ability to scavenge peroxynitrite. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 231: 389-391.

Chang, S. T. and Miles, P. G. 2004. Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press.

Cui Y., Kim, D. S. and Park, K. C. 2006. Antioxidant effect of *Inonotus obliquus*. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 79-85.

Dubost, N. J., Ou, B. and Beelman, R. B. 2007. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry* 105: 727-735.

Dubost N. J., Beelman R., D. and Royse D. 2006. Identification and quantification of ergothioneine in cultivated mushrooms using liquid chromatography mass spectroscopy. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 8: 215-222.

Fu, H.Y., Shieh, D.E. and Ho, C.T. 2002. Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *Journal of Food Lipids* 9: 35-46.

Flck, M. 1995. Welcher Pilz ist das?. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.,.

Hall, I. R., Stephenson, S. L., Buchanan, P. K., Wang, Y. and Cole, A. L. J. 2004. Edible and poisonous mushrooms of the world. Timber Press.

Kawagishi, H., Masui, A., Tokuyama, S. and Nakamura, T. 2006. Erinacines J and K from the mycelia of *Hericium erinaceum*. *Tetrahedron* 62: 8463-8466.

Kenmoku, H., Sassa, T. and Kato, N. 2000. Isolation of erinacine P, a new parental metabolite of cyathane-xylosides, from *Hericium erinaceum* and its biomimetic conversion into erinacines A and B. *Tetrahedron Letters* 41: 4389-4393.

Ko, H. G., Park, H. G., Park, S. H., Choi, C. W., Kim, S. H. and Park, W. M. 2005. Comparative study of mycelial growth and basidiomata formation in seven different species of the edible mushroom genus *Hericium*. *Bioresource Technology* 96: 1439-1444.

Mau, J.-L., Lin, H.-C. and Song, S.-F. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Research International* 35: 519-526.

Melville D. B., Genghof, D. S., Inamine, E. and Kovalenko. 1956. Ergothioneine in microorganisms. *Journal of Biological Chemistry* 233: 9-17.

Sakrak O., Kerem, M., Bedirli, A., Pasaoglu, H., Akyurek, N., Ofluoglu, E. and Gltekin, F. A. 2008. Ergothioneine modulates proinflammatory cytokines and heat shock protein 70 in mesenteri ischemia and reperfusion injury. *Journal of Surgical Research* 144: 36-42.

Shimbo, M., Kawagishi, H. and Yokogoshi, H. 2005. Erinacine A increases catecholamine and nerve growth factor content in the central nervous system of rats. *Nutrition Research* 25: 617-623.

Son, C. G., Shin, J. W., Cho, J. H., Cho, C. K., Yun, C. H., Chung, W. and Han, S. H. 2006. Macrophage activation and nitric oxide production by water soluble components of *Hericium erinaceum*. *International Immunopharmacology* 6: 1363-1369.

Wang, Z., Luo, D. and Liang, Z. 2004. Structure of polysaccharides from the fruiting body of *Hericium erinaceus* Pers. *Carbohydrate Polymers* 57: 241-247.

Zhang, A.-Q., Sun, P.-L., Zhang, J.-S., Tang, C.-H., Fan, J.-M., Shi, X.-M. and Pan, Y.-J. 2007. Structural investigation of a nevel fucoglucogalactan isolated from the fruiting bodies of the fungus *Hericium erinaceus*. *Food Chemistry* 104: 451-456.