Journal of Mushrooms 한국버섯학회지 Research Article

액체종균으로 배양된 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)의 이화학적 특성 및 항산화 활성

이수정[1] · 김훈환[2] · 김선호[3] · 김성희[1,2] · 성낙주[2,4]*

[1]경상대학교 농업생명과학연구원
[2]경상대학교 식품영양학과
[3](주)귀담버섯
[4]경상대학교 기초과학연구소

Physico-chemical characteristics and antioxidant activities in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn

Soo-Jung Lee[1], Hun-Hwan Kim[2], Seon-Ho Kim[3], Sung-Hee Kim[1,2], and Nak-Ju Sung[2,4]*

[1]*Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea*
[2]*Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea*
[3]*Guydam mushroom Co., Ltd., Hadong-Gun 52314, Korea*
[4]*Research Institute of Natural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea*

ABSTRACT: The physicochemical characteristics of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) cultivated using liquid spawn (MLS) were compared with those of commercial mushrooms cultivated using solid spawn. The color intensity of the two types of mushrooms showed no remarkable difference. The hardness of the MLS-cultivated mushrooms was significantly higher, but their moisture content (86.80%) was significantly lower than that of the commercial mushrooms. Mineral contents in MLS-cultivated mushrooms (421.17 mg/100 g) were significantly higher than those in the commercial mushrooms (333.26–362.78 mg/100 g); in particular, the potassium (K) content was the most abundant in the former. The amino acid content in the MLS-cultivated mushrooms (4,695.22 mg/100 g) was about 1.4–2.0 times that in the commercial mushrooms. The essential amino acid contents and sum of aspartic acid and glutamic acid were higher in the MLS-cultivated mushrooms than in the commercial mushrooms. The β-glucan content in the MLS-cultivated mushrooms was 1.1–2.3 times higher than that in the commercial mushrooms. The total phenol and flavonoid contents and the DPPH and ABTS radical-scavenging activities of the MLS-cultivated mushrooms were significantly higher than those of the commercial mushrooms; however, the reducing power showed an opposite trend. Therefore, MLS-cultivated mushrooms contained higher amounts of valuable components and higher antioxidant activities than commercial mushrooms.

KEYWORDS: Antioxidant activity, Commercial mushroom, β-Glucan, Liquid spawn, *Pleurotus ostreatus*

J. Mushrooms 2019 March, 17(1):24-33
http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.1.24
Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
© The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
E-mail : snakju@gnu.ac.kr
Tel : +82-55-772-1431, Fax : +82-55-772-1439

Received November 13, 2018
Revised December 13, 2018
Accepted March 19, 2019

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.

서 론

우리나라에서 식용으로 애용되고 있는 버섯은 느타리, 표고, 양송이 및 송이버섯 등이며, 이들 버섯류는 현재 인공재배법이 보급되어 연중 대량생산이 가능해졌다(Yang *et al*., 1996). 특히 느타리버섯은 국내에서 재배면적 및 생산량이 많은 버섯으로 2015년에는 연간 총 생산량의 37.3%를 차지하였다(MAFRA, 2016).

버섯은 풍미가 뛰어나고 탄수화물, 단백질, 지질, 무기질, 비타민 및 무기질 등의 각종 영양소를 다양하게 함유하고 있을 뿐만 아니라 생리활성 물질도 풍부하여 예로부

터 식용 및 약용으로 널리 이용되어 온 식품 중의 하나이다(Bano and Rajarathnam, 1988). 또한 버섯의 β-glucan은 면역 활성체 기능, 항산화 활성, 생체조직 재생과 치유 기능, 항생제, 항균, 항바이러스 및 대식세포를 자극하여 돌연변이 세포를 인식하고 공격하는 항종양 효과가 알려져 있다(Nakajima *et al*., 2002; Hui *et al.*, 2001).

느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 육질이 백색이고 유연하며, 영양학적으로도 우수한 식품으로 인정받고 있으며(Kim *et al*., 1998), 느타리버섯의 주된 영양소는 필수아미노산, 비타민 및 무기질 등의 함량이 풍부하고, 열량이 낮아 건강식품으로 꾸준히 이용되고 있다(Kang *et al*., 2000; Cho *et al*., 2001). 느타리버섯의 품질특성에 관한 연구로는 일반성분 및 지질성분에 관한 연구(Kwon and Uhm, 1984), 자실체 및 균사체 추출물의 항산화 활성 비교(Jung *et al.*, 1996), 품종별 느타리버섯류의 영양성분과 생리활성의 비교(Um *et al*., 2010) 등에 관한 보고가 있다. 배지에 관한 연구로는 국내에서 느타리버섯의 병재배를 위한 적절한 배지 개발에 관한 연구가 수행된 바 있다(Jang and Lee, 2014; Kang and Chun, 1988).

느타리버섯은 재배방식이 발달됨으로써 품질이 균일하며 생산성이 높은 혼합배지를 이용한 연구가 수행되고 있으며(Hong, 1978), 더욱이 느타리버섯의 재배 규모는 초기의 보급단계에 비해 현재 입병량이 1일 4~5만병으로 증대된 바, 향후 버섯 생산기간의 단축, 생산원가의 절감 및 대량생산을 위해 액체종균의 사용은 불가피한 실정이라 생각된다. 따라서 국내에서 느타리버섯의 액체종균 배양액은 주로 대두박 및 당분을 혼합하여 사용되고 있으나(Jang *et al.*, 2008), 이에 관한 체계적인 연구는 미비한 실정이다.

따라서 선행연구에서 느타리버섯 '흑타리'를 이용하여 액체종균 배양액을 개발한 바(Lee *et al*., 2018), 본 연구에서는 액체종균에 의해 배양된 느타리버섯의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 평가하기 위하여 시판되고 있는 고체종균에 의한 느타리버섯과 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료의 추출

느타리버섯은 ㈜귀담버섯에서 대두박 배양액에서 10일간 배양시킨 액체종균을 미송톱밥과 미강(8:2, w/w)이 혼합된 1100 mL용 polypropylene병(함수율 60~65%)에 20 mL 접종하여 배양한 후 10일간 생육시킨 것을 수확하여 실험에 사용하였다. 시판 버섯은 지역의 농산물 시장 및 대형할인점에서 판매되고 있는 것으로 고체종균으로 재배됨을 확인 후 신선도가 양호하며 저온유통 판매되고 있는 것을 구입하였다. 버섯은 실험실에 옮겨 마쇄한 즉시 실험에 사용하였으며, 버섯 추출물은 마쇄된 시료 20 g에 80% 메탄올을 가하여 100 mL로 만들어 초음파 추출기(U105, Lab Korea, Gongju, Korea)에서 10분간 2회 및 실온에서 3시간 추출한 후 여과하여 일정 농도로 조절하여 항산화 활성의 측정에 사용하였다.

색도 측정

버섯의 색도는 갓과 대를 분리하여 색차계(CR 301, Minolta Co., Osaka, Japan)로 색도를 측정하였다. 이때 표준색판의 L값은 96.94, a값은 0.36, b값은 0.21이었다.

조직감 측정

버섯의 대 부위를 일정 크기(1×1×1 cm)로 자른 후 texture meter (TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England)로 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness), 탄력성(springness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness) 및 복원성(resilience)을 10회 이상 측정하여 평균±표준편차로 나타내었다. 분석 조건으로 probe는 50 mm stainless cylinder를 사용하였으며, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, trigger force 5.0 g, test distance 5.0 mm로 하였다.

일반성분 분석

버섯의 일반성분으로 수분 함량은 105°C 상압가열 건조법, 회분은 550°C 직접회화법, 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법 및 조지방은 soxhlet 추출법으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 회분, 조단백질 및 조지방 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

무기질 정량

버섯의 무기질은 100 mL용 분해용 플라스크에 시료 1 g과 진한 황산 및 질산을 각각 10 mL씩 혼합하여 hot plate 상에서 완전 분해시킨 다음 증류수로 희석하여 Inductively Coupled Plasma (ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co., Melville, NY, USA)로 분석하였다.

구성아미노산 정량

분해용 시험관에 마쇄한 버섯 시료 0.5 g과 6 N HCl 3 mL를 혼합한 다음 7분간 질소가스를 충전시켜 110°C heating block에서 24시간 분해한 후 여과하여 농축하였으며, sodium citrate buffer (pH 2.2)를 넣어 10 mL로 정용한 후 0.2 μm membrane filter와 sep-pak C_{18} cartridge에 여과시켜 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

β-Glucan 정량

버섯의 β-glucan 함량은 Megazyme kit (Mushroom and Yeast β-glucan Assay Procedure K-TBGL, Co. Wicklow, Bray, Ireland) 시약을 이용하였으며, 마쇄한 버섯 0.1 g을 사용하여 Kim and Seo(2016)의 방법에 따라 총 glucan 및 α-glucan 함량을 측정하였으며, β-glucan 함

Table 1. Color intensity of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)	ΔE
Pileus				
MLS	64.25±3.55^{D}	3.37±0.61^{A}	11.45±2.27^{A}	65.39±3.57^{D}
Com-P1	38.20±3.95^{A}	5.44±0.24^{C}	13.65±1.57^{B}	40.94±4.11^{A}
Com-P2	60.13±2.09^{C}	3.96±0.14^{B}	15.17±0.58^{C}	62.14±2.05^{C}
Com-P3	42.83±1.15^{B}	5.80±0.16^{D}	15.30±0.53^{C}	45.85±1.20^{B}
Com-P4	65.50±2.45^{D}	4.24±0.34^{B}	19.05±0.77^{D}	68.36±2.34^{E}
Stipe				
MLS	93.64±0.25^{D}	0.54±0.08^{B}	5.25±0.28^{A}	93.79±0.24^{D}
Com-P1	84.47±2.16^{B}	0.55±0.34^{B}	11.57±1.03^{C}	85.27±2.04^{B}
Com-P2	91.38±1.45^{C}	0.37±0.27^{AB}	6.03±1.23^{A}	91.59±1.39^{C}
Com-P3	72.75±3.13^{A}	1.72±0.28^{C}	14.57±2.41^{D}	74.25±2.99^{A}
Com-P4	90.73±0.61^{C}	0.16±0.27^{A}	9.84±1.47^{B}	91.27±0.51^{C}

All values are mean±SD (n=10)
$^{A-E}$Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
MLS; *Pleurotus ostreatus* mushroom cultivated with liquid spawn
Com-P1~4; *Pleurotus ostreatus* mushroom purchased from local market.

량은 총 glucan 함량에서 α-glucan 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 정량

총 페놀 함량은 느타리버섯의 80% 메탄올 추출액 1 mL에 동량의 Folin-ciocalteu 시약 및 10% Na_2CO_3용액을 차례로 가한 다음 실온의 암실에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(Gutfinger, 1981). 플라보노이드 함량은 상기 추출액 1 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 ethanol 4.3 mL를 차례로 가한 후 실온의 암실에서 40분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(Moreno *et al.*, 2000). 총 페놀 및 플라보노이드 정량은 표준물질로 각각 gallic acid 및 quercetin (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 산출하였다.

항산화 활성 측정

항산화 활성은 DPPH (1,1–diphenyl–2–picrylhydrazyl), ABTS (2,2'–azino-bis–3–ethylbenzothiazoline–6–sulfonate) 라디칼 소거활성 및 환원력을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 5 mg%의 메탄올에 용해한 DPPH 용액에 동량의 시료를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시켜 냉암소에서 12～16시간 반응시킨 다음 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석한 것을 ABTS 기질용액으로 사용하였으며, 이 용액 100 μL에 시료 추출물을 50 μL 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켜 414 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re *et al.*, 1999). 각 라디칼의 소거활성(%)은 [1-(시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도)]×100으로 계산하였다. 환원력은 FRAP (ferric-reducing antioxidant potential ability)법에 따라 시료 추출액 40 μL, 증류수 40 μL, FRAP 기질용액 100 μL를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시켜 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, $FeSO_4·7H_2O$를 표준물질로 하여 작성한 검량선에 의해 계산하였다. 이때 FRAP 기질용액은 pH 3.6의 300 mM acetate 완충용액, 10 mM TPTZ-40 mM HCl 용액, 20 mM ferric chloride를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합한 후 37°C water bath에서 5분간 반응시킨 것을 사용하였다(Benzie and Strain, 1996).

통계분석

실험결과는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균±표준편차로 산출하였으며, 실험구별 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 하여 $p<0.05$의 유의수준에서 Duncan's multiple range tests로 사후검정을 하였다.

결과 및 고찰

색도

대두박이 함유된 배양액으로 배양시킨 액체종균을 접종하여 병재배한 느타리버섯('흑타리')의 품질특성을 평가하기 위하여 고체종균으로 재배된 시판 느타리버섯과 색도를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 버섯의 갓 부위에서

Table 2. Textural characteristics of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

	MLS[1)]	Com-P1	Com-P2	Com-P3	Com-P4
Hardness (g/cm^3)	453.93±27.3^{D}	391.85±27.8^{C}	312.66±11.5^{B}	280.29±28.7^{A}	330.81±48.5^{B}
Adhesiveness (g·s)	0.14±0.1^{NS}	0.14±0.1	0.14±0.1	0.12±0.0	1.12±0.0
Chewiness (g)	317.33±42.6^{C}	268.33±24.3^{B}	249.47±23.2^{AB}	237.29±39.6^{A}	273.19±38.3^{B}
Springness (%)	0.92±0.0^{B}	0.88±0.0^{B}	0.93±0.0^{B}	0.83±0.1^{A}	0.89±0.0^{B}
Gumminess (g)	346.24±49.1^{B}	305.70±38.4^{A}	276.62±38.1^{A}	271.45±41.5^{A}	307.70±45.0^{A}
Cohesiveness (%)	0.78±0.04^{BC}	0.74±0.09^{A}	0.80±0.03^{C}	0.74±0.05^{AB}	0.78±0.04^{BC}
Resilience	0.494±0.05^{C}	0.438±0.04^{B}	0.505±0.04^{C}	0.342±0.04^{A}	0.496±0.03^{C}

[1)]Refer to the Table 1
All values are mean±SD (n=8)
[A-D]Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
NS; not significant.

명도(L값)는 액체종균으로 재배된 MLS에서 64.25로 고체종균으로 재배된 시판 버섯(38.20~65.50)과는 유의적인 차이를 보였으나, 시판 버섯 중 Com-P4와는 유의차가 없었다. 적색도(a값)는 4종의 시판 버섯에서 3.96~5.80의 범위로 MLS가 유의적으로 낮았다. 황색도(b값)는 갓 부위에서 시판 버섯이 MLS에 비해 유의적으로 낮았다. 전체적인 색차는 MLS가 Com-P1 및 Com-P3에 비해 현저한 차이를 보였으나, 그 외 시판 버섯과는 대차를 보이지 않았다.

버섯의 대 부위에서 명도(L값)는 MLS에서 93.64로 고체종균으로 재배된 시판 버섯(72.75~91.38)보다 유의적으로 높아 밝은 것으로 평가되었다. 적색도(a값)는 Com-P3을 제외하면 두드러진 차이를 보이지 않았다. 황색도(b값)는 MLS에서 가장 낮았는데, 이는 Com-P2와 유사한 수준이었으며, 그 외 시판 버섯은 유의적으로 높은 경향이었다. 버섯 대 부위의 전체적인 색차는 MLS와 Com-P2 및 Com-P4간에 대차가 없는 것으로 판단되었다.

버섯은 장기간 저장될 경우 polyphenol oxidase에 의해 품질저하를 초래하게 되는데, 저장기간이 길어질수록 갓의 색이 어두워져 버섯의 외관적 품질 평가에 주 요인으로 작용될 수 있다. 시판 느타리버섯의 등급에 따른 색도 비교에서 상급품 버섯의 대 부위에서 명도값은 55.4~68.2의 범위로(Lee *et al*., 2013), 본 연구에서 사용된 느타리버섯은 이보다 높은 값을 보여 대 부위의 색도가 밝아 신선도 측면에서 볼 때 갈변이 초래되지 않은 것으로 판단되었다. 따라서 시판 버섯간에 색도 차이는 버섯의 품종, 배양환경 및 유통기간 등에 의존적이라 판단된다.

조직감

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 조직감을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 경도(hardness)는 MLS에서 453.93 g/cm^{3}으로, 시판 버섯(280.29~391.85 g/cm^3)에 비해 유의적으로 높아 MLS는 시판 버섯에 비해 조직이 치밀한 것으로 판단되었다. 점착성(adhesiveness)은 시료간에 유의차가 없었으며, 씹힘성(chewiness) 및 검성(gumminess)은 MLS가 시판 버섯에 비해 유의적으로 높았다. 탄력성(springness), 응집성(cohesiveness) 및 복원성(resilience)에서 MLS는 시판 버섯 Com-P2 및 Com-P4와 유사한 경향이었다.

느타리버섯 '흑타리' 품종은 '춘추 2호'에 비해 씹힘성, 탄력성 및 부서짐성이 높아 조직이 치밀하고 질겨 식감이 우수한 것으로 보고된 바 있다(Choi *et al*., 2015). 종균을 달리한 동일 품종의 버섯에서 액체종균에 의한 버섯은 고체종균에 의한 버섯에 비해 씹힘성(chewiness)과 탄력성(springness)이 유의적으로 높았다는 보고도 있다(Lee *et al*., 2018). 따라서 본 연구에서 액체종균으로 재배된 느타리버섯은 고체종균으로 재배된 시판 버섯에 비해 경도 및 씹힘성이 높아 소비자의 선호도가 높을 것으로 여겨진다.

일반성분 함량

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 일반성분 함량을 비교한 결과는 Table 3과 같다. 버섯의 수분 함량은 MLS에서 86.80%이었으며, 시판 버섯은 90.44~92.08%로 MLS가 유의적으로 낮았다. 회분 및 조단백질 함량은 MLS에서 시판 버섯보다 유의적으로 높았으며, 조단백질 함량의 경우 시판 버섯간에는 대차를 보이지는 않았다. 조지방 함량은 모든 시료에서 0.5% 미만이었다. 탄수화물 함량은 시판 버섯에서 3.60~5.40%의 범위로 MLS에서 유의적으로 높은 수준이었다.

아위, 큰느타리 및 느타리버섯의 영양성분 비교에서 느타리버섯 중 수분 함량은 91.3%, 회분은 0.6%, 조단백질은 1.2%, 조지방은 0.2%였다는 보고(Hong *et al*., 2004)로 볼 때 본 연구에 사용된 느타리버섯의 조단백질 함량은 이보다 상당히 높은 함량이었다.

단백질의 최종 대사산물인 아미노산은 식품에서 영양적

Table 3. Proximate composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

(%)

	Moisture	Ash	Crude protein	Crude lipids	Carbohydrate
MLS[1)]	86.80±0.18^{A}	1.46±0.20^{C}	5.07±0.23^{C}	0.30±0.00^{E}	6.37±0.22^{D}
Com-P1	92.08±0.38^{D}	1.14±0.08^{B}	3.06±0.11^{A}	0.12±0.01^{A}	3.60±0.19^{A}
Com-P2	90.44±0.59^{B}	0.78±0.13^{A}	3.21±0.13^{AB}	0.18±0.00^{D}	5.40±0.71^{C}
Com-P3	91.35±0.20^{C}	0.86±0.07^{A}	3.28±0.11^{AB}	0.13±0.01^{B}	4.38±0.28^{B}
Com-P4	91.12±0.37^{C}	0.98±0.04^{AB}	3.46±0.06^{B}	0.16±0.00^{C}	4.27±0.43^{AB}

[1)]Refer to the Table 1
All values are mean±SD (n=3)
[A-E]Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
Carbohydrate = 100?(moisture+ash+crude lipids+crude protein).

Table 4. Mineral contents of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

(mg/100 g)

	MLS[1)]	Com-P1	Com-P2	Com-P3	Com-P4
K	251.27±6.05	210.32±1.98	195.25±3.12	205.87±4.03	216.80±3.50
Ca	10.60±0.12	10.62±0.07	10.25±0.08	11.17±0.22	10.95±0.13
Mg	14.25±0.14	13.63±0.15	12.70±0.11	12.52±0.22	13.41±0.19
Na	11.77±0.12	10.47±0.20	12.41±0.11	13.14±0.30	10.96±0.14
Mn	2.21±0.04	1.92±0.04	2.04±0.03	2.18±0.01	4.20±0.04
Fe	0.09±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.00	0.07±0.00
Al	1.04±0.01	0.85±0.02	1.13±0.03	0.88±0.01	0.74±0.06
P	129.95±1.02	91.52±2.58	99.42±2.24	97.13±0.72	105.65±1.36
Total	421.17±4.63^{D}	339.36±2.59^{AB}	333.26±4.37^{A}	342.93±3.58^{B}	362.78±4.56^{C}

[1)]Refer to the Table 1
All values are mean±SD (n=3)
[A-D]Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

기능뿐만 아니라 식품의 맛이나 기능성에 관여하며(Mau *et al.*, 1997), 느타리버섯의 지질 함량은 약 0.5% 정도로 중성지방이 33.8%, 인지질이 46.5%로 일반 식물에 비해 인지질의 함량이 높다는 보고(Kwon and Uhm, 1984)로 볼 때 액체종균으로 재배된 느타리버섯은 고체종균으로 재배된 시판 버섯에 비해 영양성분의 함량이 많은 것으로 판단된다.

무기질 함량

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 무기질은 총 8종이 검출되었으며, 무기질의 총량은 MLS(421.17 mg/100 g)에서 시판 버섯(333.26~362.78 mg/100 g)에 비해 유의적으로 많은 함량이었다. 무기질의 구성분으로는 칼륨(K)의 함량이 가장 많았는데, 이는 총 무기질 함량의 58.6~62.0%로 MLS에서는 59.7%였다. 마그네슘(Mg), 철분(Fe) 및 인(P)의 함량은 MLS가 시판 버섯에 비해 다소 높은 수준이었다.

무기질은 인체 구성분의 약 4% 정도에 불과하나, 체내에서 합성되지 않아 반드시 식품으로 섭취되어야 하는 영양소이다(Bea *et al.*, 2008). 특히, 칼륨(K)은 이뇨작용을 촉진시키고(Hwang *et al.*, 1997), 철분(Fe)은 유해한 활성산소 저해에 관여하며(Lee *et al.*, 2003), 인(P)은 신진대사를 활성화시켜 세포의 노화방지에 영향을 주는 성분으로 알려져 있는 바(Lee *et al*., 2009), 본 연구에서 액체종균으로 재배된 느타리버섯은 시판 버섯에 비해 무기질의 함량이 높아 이들 성분에 기인된 체내 생리활성에 도움이 될 것으로 사료된다.

구성 아미노산의 조성

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 구성 아미노산 조성을 비교한 결과는 Table 5와 같다. 총 18종의 아미노산이 검출되었으며, 구성 아미노산의 총량은 MLS에서 4,695.22 mg/100 g으로 시판 버섯에 비해 1.4~2.0배나 많은 수준이었다. 특히 시판 버섯 Com–P3에 비해서는 2배 정도 높은 함량이었다.

Table 5. Contents of composition amino acids of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

(mg/100 g)

	MLS[1)]	Com-P1	Com-P2	Com-P3	Com-P4
Aspartic acid	357.14	213.18	187.21	172.64	247.85
Threonine*	203.47	130.88	115.83	95.23	143.20
Serine	188.02	115.75	111.25	89.41	138.44
Glutamic acid	714.19	369.38	366.95	366.31	345.47
Proline	158.16	101.90	93.71	0.00	123.26
Glycine	194.80	136.85	125.29	96.00	161.65
Alanine	319.82	237.37	172.38	145.14	256.41
Cystine	13.34	8.59	5.32	4.45	8.61
Valine*	234.42	145.08	138.78	104.12	171.67
Methionine*	53.33	27.06	33.72	27.37	38.28
Isoleucine*	186.87	113.63	102.45	79.08	142.70
Leucine*	279.47	174.17	157.03	118.72	228.22
Tyrosine	141.71	96.97	91.93	57.80	102.21
Phenylalanine*	470.23	375.64	296.53	265.49	355.75
Histidine*	118.00	92.17	59.36	57.57	76.80
Lysine*	325.19	261.33	217.98	152.78	233.03
Ammonium chloride	483.53	403.85	335.53	398.78	342.61
Arginine	253.53	131.36	126.13	107.56	141.10
Aspartic acid + Glutamic acid	1071.33	582.56	554.16	538.95	593.32
(Ratio to total, %)	(22.8)	(18.6)	(20.2)	(23.1)	(18.2)
Essential amino acids*	1870.98	1319.96	1121.68	900.36	1389.65
(Ratio to total, %)	(39.8)	(42.1)	(41.0)	(38.5)	(42.7)
Total amino acids	4695.22	3135.16	2737.38	2338.45	3257.26

[1)]Refer to the Table 1

필수아미노산의 함량은 총 아미노산에 대해 38.5~42.7%의 범위로 MLS는 39.8% 수준으로 시판 버섯인 Com-P1, 2, 및 4에 비해서는 다소 낮은 경향이었으나, 필수 아미노산의 함량은 시판 버섯에 비해 높은 수준이었다. 또한 버섯의 감칠맛을 내는 주요 성분으로 알려진 aspartic acid와 glutamic acid의 함량은 MLS에서 1,071.33 mg/100 g인 반면에 시판 버섯에서는 538.95~593.32 mg/100 g의 범위로 이 또한 총 아미노산 함량에 대해 18.22~23.1%의 수준으로 MLS에서는 22.8% 정도였다.

동일한 버섯이더라도 생산지, 발육단계, 발생 환경 및 재배 시기 등에 따라 아미노산의 함량에 차이가 큰 것으로 알려져 있다(Joo, 2008). 느타리버섯 신품종인 노랑느타리와 분홍느타리에서 구성 아미노산은 cysteine의 함량이 가장 많았으며, 다음으로 glycine, glutamic acid의 순이었으며, phenylalanine은 검출되지 않은 것으로 보아 동일한 느타리버섯임에도 불구하고 품종에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 판단되었다(Noh *et al.*, 2008). 또한, 느타리버섯에서 갓의 색깔에 따른 구성 아미노산의 조성 비교에서도 다량으로 함유된 구성 아미노산이 glutamic acid인 것과 아미노산의 조성비는 갓의 색깔과 상관성이 없었으며(Kim *et al*., 2014), 18품종의 느타리버섯에서 구성 아미노산 조성은 품종에 따라 상당한 함량차는 보이나, glutamic acid가 대부분의 버섯에서 가장 많았다는 보고(Um *et al.*, 2010)는 본 연구와 유사한 경향이었다.

본 연구에서 재배된 느타리버섯은 톱밥배지에서 병재배된 것으로 시판 버섯에 비해 필수아미노산 함량이 많으며, 또한 MLS에서는 단맛을 나타내는 것으로 알려진 glycine, tyrosine 및 alanine(Solms, 1969)의 함량이 높았으며, 아미노산의 맛을 변화시키거나 강화시키는데 관여하는 glutamic acid(Lee *et al.*, 2006)의 함량이 높아 시판 버섯에 비해 영양 뿐아니라 맛의 측면에서도 선호도가 높을 것으로 판단된다.

β-Glucan 함량

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 β-glucan 함량을 비교한 결과는 Table 6

Table 6. Content of glucan of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

(mg/100 g)

	Total glucan	α-glucan	β-glucan
MLS[1)]	55.85±2.59^{E}	1.30±0.03^{C}	54.55±2.57^{E}
Com-P1	24.43±0.91^{A}	0.43±0.01^{A}	24.00±0.90^{A}
Com-P2	48.57±1.58^{D}	0.84±0.02^{B}	47.73±1.56^{D}
Com-P3	34.04±1.27^{C}	0.84±0.02^{B}	33.20±1.25^{C}
Com-P4	31.02±1.04^{B}	0.82±0.03^{B}	30.20±1.01^{B}

[1)]Refer to the Table 1
All values are mean±SD (n=3)
[A-E]Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 7. Content of total phenols and flavonoids of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

(mg/100 g)

	Total phenol	Flavonoid
MLS[1)]	65.95±3.14^{E}	28.88±2.82^{D}
Com-P1	40.97±2.11^{A}	16.02±0.72^{A}
Com-P2	45.36±2.93^{B}	17.27±1.05^{AB}
Com-P3	55.37±1.89^{C}	23.12±2.04^{C}
Com-P4	60.82±1.17^{D}	19.56±2.27^{B}

[1)]Refer to the Table 1
All values are mean±SD (n=4)
[A-E]Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

과 같다. 총 glucan 함량은 MLS에서 55.85 mg/100 g으로 유의적으로 높았으며, 시판 버섯은 24.43~48.57 mg/100 g의 범위였다. α- 및 β-Glucan 함량은 총 glucan과 유사한 경향으로 MLS가 시판 버섯에 비해 약 1.5~3.0배 및 1.1~2.3배 정도 높은 수준이었다. 시판 버섯은 MLS에 비해 glucan의 함량이 유의적으로 낮았으나, Com-P2는 여타의 시판 버섯에 비해서는 유의적으로 높은 수준이었다.

동결건조된 느타리버섯의 품종별 β-glucan 함량은 19.03~37.67%의 범위였으며, 이는 꽃송이버섯보다는 낮은 함량이었으나 잎새, 영지 및 송이버섯에 비해서는 높은 함량이었다(Um *et al.*, 2010). 국산 및 수입산 표고버섯의 β-glucan 함량은 국내산 버섯에서 많았으며, 수집 지역에 따른 차이는 버섯 조직의 노화 정도에 기인된 것으로 추정한 보고도 있다(Kim and Seo, 2016). 또한 주요 식용버섯 중 β-glucan 함량은 표고버섯에서 가장 높았으며, 느타리버섯은 송이, 새송이 및 상황버섯과 비슷한 수준이었다는 보고도 있다(Choi *et al*., 2010).

미국 FDA에서는 매일 3 g의 수용성 β-glucan을 섭취할 경우 심혈관 질환의 예방에 도움이 될 것으로 보고한 바 있는데(FDA, 2005), 본 연구에서 액체종균으로 재배된 느타리버섯에서 β-glucan의 함량이 고체종균으로 재배된 시판 버섯에 비해 높게 평가되어 이로인한 기능성도 기대되어진다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 고체종균으로 재배된 시판 버섯의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 비교한 결과는 Table 7과 같다. 총 페놀 함량은 MLS에서 65.95 mg/100 g으로 시판 버섯(40.97~60.82 mg/100 g)에 비해 유의적으로 높은 함량이었다. 플라보노이드 함량도 MLS (28.88 mg/100 g)에서 시판 버섯(16.02~23.12 mg/100 g)에 비해 유의적으로 높았다.

대표적인 항산화성 물질인 페놀성 물질들은 식물체에서 주요 항산화 성분으로 작용하며 이는 유리 라디칼의 소거인자로써 항산화 작용에 관여하게 된다(Michalak *et al*., 2006). 동결건조된 느타리버섯에서 품종에 따른 총 페놀 함량을 HPLC로 분석한 결과 20.19~39.13 mg/100 g으로 품종간에 상당한 함량 차이를 보였다는 보고가 있다(Um *et al.*, 2010). 따라서 본 연구에서 액체종균으로 재배된 버섯은 시판 버섯에 비해서 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 높아 이들에 의한 항산화 활성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

항산화 활성

액체종균으로 재배된 느타리버섯과 시판 버섯의 항산화 활성을 비교한 결과는 Table 8과 같다. 버섯의 80% 메탄올 추출물을 20~200 mg/mL의 농도로 조정하여 DPPH, ABTS 라디칼 소거활성과 환원력을 측정하였으며, DPPH 및 ABTS 라디칼을 50% 소거하는데 요구되는 시료의 농도(EC_{50})로 나타낸 결과, DPPH 라디칼 소거활성은 MLS에서 97.30 mg/mL이었으며, 시판 버섯에서는 100 mg/mL 이상이었다. ABTS 라디칼 소거활성은 MLS에서 50.87 mg/mL, 시판 버섯에서는 53.86~72.05 mg/mL의 범위로 MLS의 라디칼 소거활성은 시판 버섯에 비해 유의적으로 높았다. 환원력은 표준품으로 사용한 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$의 50 μM에 해당되는 농도($EC_{50\ \mu M}$)로 나타내었으며, MLS에서는 147.61 μM인 반면에 시판 버섯에서는 96.34~130.11 μM의 범위로 MLS의 환원력은 라디칼 소거활성과는 상반된 경향으로 시판 버섯에 비해 유의적으로 낮았다.

영지버섯 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 시료 중의 총 페놀 함량과 높은 상관관계를 보였으나(R=0.969), FRAP에 의한 환원력은 R=0.718의 상관성을 보였다고 보고되어 있다(Kim *et al*., 2017). 느타리버섯의 자실체와 액체배양된 균사체의 가열 유지에 대한 항산화 활성을 비교한 결과에서 자실체의 활성이 더 우수하여 자실체 중

Table 8. Effective concentration values for antioxidant activities in 80% methanol extracts of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn experimentally and cultivated with solid spawn commercially

	DPPH radical scavenging[2)]	ABTS radical scavenging[2)]	Reducing power by FRAP[3)]
MLS[1)]	97.30±10.84[A]	50.87±4.36[A]	147.61±1.06[C]
Com-P1	164.90±5.34[D]	61.48±5.14[B]	129.19±2.05[B]
Com-P2	133.99±4.60[C]	72.05±3.46[C]	130.11±2.81[B]
Com-P3	118.76±2.21[B]	53.86±3.40[A]	116.48±4.73[B]
Com-P4	139.86±9.38[C]	54.32±1.86[A]	96.34±19.81[A]

[1)]Refer to the Table 1
[2)]Effective concentration values (EC, mg/mL) were calculated from the regression lines using five different concentrations (20, 50, 100, 150 and 200 mg/mL) and their data were presented as 50% scavenging activity.
[3)]Reducing power values (EC, μM) was measured at 50 μM equivalent of $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.
[A-D]Each value represents mean±SD (n=4). Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

페놀성 화합물 이외 물질에 의한 영향이 더 큰 것으로 추정된 바 있다(Jung *et al*., 1996). 25종의 느타리버섯의 동결건조물에 대한 DPPH 라디칼 소거활성은 품종간에 상당한 차이가 있으나 전반적으로 50%미만의 소거활성이었으며, 이들 버섯의 총 페놀 함량은 8~10 mg/g의 범위인 것으로 보고되어 있다(Cho *et al*., 2014).

FRAP법에 의한 환원력은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과는 달리 철이온의 환원력에 의한 항산화 활성을 측정한 것으로(Yu *et al*., 2011), 식물체에서 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성간에 높은 상관관계를 나타낸다는 보고가 있는데(Moon *et al.*, 2003), 본 연구 결과 버섯의 라디칼 소거활성은 FRAP에 의한 환원력과 상이한 경향을 보여 버섯 중의 항산화 물질은 일반 식물체의 항산화성 물질과는 다소간의 차이를 보이는 것으로 추정된다. 환원력에 의한 항산화 활성은 산화반응의 촉매제로 작용하는 금속 이온을 환원시키는 능력을 의미하는데, 시료 중 유리 라디칼을 소거할 수 있는 페놀 화합물의 함량과 금속이온을 포집할 수 있는 물질의 함량차에 따라 항산화 활성에 차이를 보인다는 보고(Woo *et al*., 2010)는 본 연구 결과와 유사한 것으로 사료된다.

적 요

액체종균으로 재배된 느타리버섯의 품질특성을 평가하기 위해 고체종균으로 재배된 시판 버섯과 비교한 결과, 버섯의 색도는 두드러진 차이가 없었다. 버섯의 경도는 액체종균으로 재배된 느타리버섯(MLS)이 시판 버섯에 비해 유의적으로 높았다. 버섯의 수분 함량은 MLS(86.80%)가 시판 버섯에 비해 유의적으로 낮았다. 무기질 함량은 MLS (421.17 mg/100 g)에서 시판 버섯(333.26~362.78 mg/100 g)에 비해 유의적으로 많았으며, 특히 칼륨(K)의 함량이 가장 많았다. 아미노산의 함량은 MLS(4,695.22 mg/100 g)가 시판 버섯의 1.4~2.0배 수준이었으며, MLS는 필수 아미노산 및 aspartic acid와 glutamic acid의 함량이 시판 버섯에 비해 높은 경향이었다. MLS의 β-glucan 함량은 시판 버섯에 비해 1.1~2.3배 정도 높은 수준이었다. 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 MLS에서 시판 버섯에 비해 유의적으로 높았다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 MLS에서 시판 버섯에 비해 유의적으로 높았으나, 환원력은 상반된 경향이었다. 따라서, MLS는 고체종균으로 재배된 시판 버섯에 비해 유용한 성분의 함량이 더 많고 항산화 활성이 우수한 것으로 평가된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부에서 시행한 농식품 창업·벤처지원 바우처 연구사업(117013-2)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

References

Bae YK, Cho MS. 2008. Analysis of hair tissue mineral contents according to body mass index. *Kor J Food Nutr* 21:256-262.

Bano Z, Rajarathnam S. 1988. *Pleurotus* mushrooms. Part Ⅱ. Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation, and role as human food. *Crit Rev Food Sci Nutr* 27:87-158.

Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 230:70-79.

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200.

Cho JH, Park HS, Han JG, Lee GH, Sung GH, Jhune CS. 2014. Comparative analysis of anti-oxidant effects and polyphenol contents of the fruiting bodies in oyster mushrooms. *J Mushrooms* 12:311-315.

Cho SH, Lee SD, Ryu JS, Kim NG, Lee DS. 2001. Change in quality of king oyster mushroom during modified atmosphere storage. *Kor J Postharvest Sci Technol* 8:367-373.

Choi JI, Lee YH, Ha TM, Jeon DH, Chi JH, Shin PG. 2015. Characteristics of new mid-high temperature adaptable oyster mushroom variety 'Heuktari' for bottle culture. *J Mushrooms* 13:74-78.

Choi SJ, Lee YS, Kim JK, Kim JK, Lim SS. 2010. Physiological activities of extract from edible mushrooms. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 39:1087-1096.

FDA (Food and Drug Administration). 21 CFR Part 101. 2005. Food labeling: Health claims; Soluble dietary fiber

from certain foods and coronary heart disease. *Federal Register* 70:76150-76162.
Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968.
Hong JS. 1978. Studies on the physio-chemical properties and the cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J Appl Biol Chem* 21:150-184.
Hong KH, Kim BY, Kim HK. 2004. Analysis of nutritional components in *Pleurotus ferulea*. *Kor J Food Sci Technol* 36:563-567.
Hui LC, Guei RC, Chin CC, Jeng LM. 2001. Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordycps millitaris* mycelia. *Food Chem* 74:203-207.
Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1997. Survey for approximate composition and mineral content of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 29:671-679.
Jang MJ, Lee YH, Ju YC. 2008. Development of simple colorimetric method for detecting contamination of liquid spawn of oyster mushroom by pH indicator. *Kor J Mycol* 36:9-15.
Jang MJ, Lee YH. 2014. Effect of nutrient substrates on *Pleurotus ostreatus* in bottle culture. *J Mushrooms* 12:367-370.
Joo OS. 2008. Chemical components and physiological activities of neungee mushroom (*Sarcodon aspratus*). *Kor J Food Preserv* 15:864-871.
Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC. 1996. Antioxidant effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 28:464-469.
Kang TS, Chun BI. 1988. Studies on the production of liquid spawn of *Pleurotus ostreatus*. Research report, The Institute of Industrial Technology, Kangweon Nat'l University 8:13-21.
Kang, MS, Kang TS, Kang AS, Shon HR, Sung JM. 2000. Studies on mycelial growth and artificial cultivation of *Pleurotus eryngii*. *Kor J Mycol* 28:73-80.
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.
Kim JY, Lee SH, Chung SK. 2017. β-Glucan contents and antioxidant capacities of water and ethanol extracts from *Ganoderma lucidum* depending on pH value. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:56-60.
Kim KJ, Seo KS. 2016. Free sugar, amino acid, and beta-glucan content in *Lentinula edodes* strains collected from different area. *J Mushrooms* 14:27-33.
Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomudulatory activities of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42:382-387.
Kwon YJ, Uhm TB. 1984. A study on the lipid components in oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *J Kor Soc Food Sci Nutr* 13:175-180.
Lee CJ, Oh JA, Cheong JC, Jhune CS, Moon JW, Kong WS, Suh JS. 2013. Quality standard of *Pleurotus ostreatus* in a market and changes of mushroom quality during storage. *J Mushroom Sci Prod* 11:287-291.
Lee KJ, Yun IJ, Kim HY, Park YH, Ham HJ, Park YH, Joo JH, Lim SH, Kim KH. 2009. Analysis of general components and vitamin and mineral contents of the mushroom *Agrocybe chaxingu*. *Kor J Food Preserv* 16: 549-553.
Lee SH, Kim NW, Shin SR. 2003. Studies on the nutritional components of mushroom(*Sarcodon aspratus*). *Korean J Food Preserv* 10:65-69.
Lee SJ, Kim HH, Kim SH, Kim IS, Sung NJ. 2018. Culture conditions of liquid spawn and the growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. *J Mushrooms* 16:162-170.
Lee YS, Kim JB, Shin SR, Kim NW. 2006. Analysis of nutritional components of *Lepista nuda*. *Korean J Food Preserv* 13:375-381.
Mau JL, Chyau CC, Li JY, Tseng YH. 1997. Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity. *J Agric Food Chem* 45:4726-4729.
Michalak A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Pol J Environ Stud* 15:523-530.
Ministry for Agriculture, Food, Rural Affairs (MAFRA). 2016. The actual putout of oil seeds and cash crops in 2015, Republic of Korea. pp. 63.
Mizuno M, Morimoto M, Minato K, Tsuchida H. 1998. Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 62:434-437.
Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Kor J Food Sci Technol* 35:493-498.
Moreno MIN, Isla MI, Sanpietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Enthropharmacol* 71:109-114.
Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2:1205-1211.
Noh HJ, Suh JS, Kwon JS, Weon HY, Lee SY, Yoo YB, Jhune CS, Jang KY, Seok SJ. 2008. Analysis of amino acids in Golden mushroom: "Gumbit" (*Pjeurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*) and Pink mushroom : "Noeul"(*Pjeurotus salmoneostramineus*). *J Mushroom Sci Prod* 6:111-114.
Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237.
Solms J. 1969. The taste of amino acids, peptides and proteins. *J Agric Food Chem* 17:686-688.
Um SN, Jin GE, Park KW, Yu YB, Park KM. 2010. Physiological activity and nutritional composition of Pleurotus species. *Kor J Food Sci Technol* 42:90-96.
Woo JH, Shin SL, Jeong HS, Lee CH. 2010. Antioxidant effect of extracts obtained from three Chrysanthemum

species. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 39:631-636.
Yang HC, Song CH, Kweon MH. 1996. Mycelial new material, food functional technology. Hanlimwon, Seoul, Korea. pp. 187-189.
Yu MH, Chae IG, Jung YT, Jeong YS, Kim HI, Lee IS. 2011. Antioxidative and antimicrobial activities of methanol extract from *Rosmarinus officinalis* L. and their fractions. *J Life Sci* 21:375-384.