

액체종균에 의한 표고의 수확 주기에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성

이수정¹ · 류지현² · 김인수^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과·농업생명과학연구원

²양산부산대학교병원 의생명융합연구원

Physicochemical characteristics and antioxidant activities of *Lentinula edodes* cultivated with liquid spawn according to harvest cycle

Soo-Jung Lee¹, Ji-Hyeon Ryu², and In-Soo Kim^{1*}

¹Department of Food Science and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, 50612, Korea

ABSTRACT: The physicochemical characteristics and antioxidant activities of *Lentinula edodes* cultivated with liquid spawn were compared according to the harvest cycle (1–3 cycles). There was no significant difference in moisture content. The crude lipid and crude protein contents tended to decrease according to harvest cycle. The content of β -glucan was the highest in mushrooms after one cycle. The β -glucan content in cycles 2 and 3 was 68.5% and 62.3% that of the content after cycle 1, respectively. Mineral content in the pileus and stipe was similar. The mineral content was highest in the pileus after two cycles. Composition and contents of free amino acids tended to decrease according to the harvest cycle. Contents of essential amino acids were higher in mushroom after one cycle. Total phenol content was highest in the pileus (31.96 mg/100 g) and the stipe (21.10 mg/100 g) after one cycle and tended to decrease with subsequent cycles. The flavonoid content was 11.13 mg/100 g after one cycle and significantly decreased according to the harvest cycle. Antioxidant activities were also highest after one cycle and significantly decreased according to the harvest cycle. When compared to *L. edodes* cultured for one cycle, *L. edodes* cultivated with liquid spawn for three cycles was considered to have similar marketability in terms of quality characteristics.

KEYWORDS: Antioxidant activity, β -Glucan, Harvest cycle, *Lentinula edodes*

J. Mushrooms 2020 September, 18(3):234-243
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2020.18.3.234>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Soo-Jung Lee(Instructor), Ji-Hyeon Ryu(Researcher), and In-Soo Kim(Professor)

*Corresponding author

E-mail : iskim@gnu.ac.kr

Tel : +82-51-772-1437, Fax : +

Received August 27, 2020

Revised September 14, 2020

Accepted September 22, 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.

서론

표고(*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler)는 우리나라를 비롯하여 일본, 중국 등의 동남아시아 지역에서 주로 재배되고 있으나 최근에는 미국, 캐나다 및 네덜란드 등의 서구 나라에서도 관심이 높으며(Moon *et al.*, 2015), 전 세계적으로 2번째로 중요한 식용 버섯으로써 주목을 받고 있다. 우리나라에서는 버섯 사업 중 생산액 1위 및 생산량 4위를 차지하는 주요 임산 버섯으로 재배 농가, 재배 면적 및 생산량이 매년 증가하고 있는 고소득 작목으로 자리매김되고 있다(Kang *et al.*, 2004).

표고의 생산은 원목 수급과 노동력 등의 문제로 원목재배

가 봉지를 이용한 톱밥재배로 빠르게 전환되고 있는 추세에 있으며, 현재 국내 표고 생산량의 약 35%가 톱밥 재배로 이루어지고 있다(Korea forest service, Statistical yearbook of forestry, 2018). 더욱이 표고의 톱밥 재배 시 액체종균의 사용은 고체종균에 비하여 배지 점유속도가 빠르고 균일한 균사 생산이 가능하여 배지의 생산 기간이 단축될 수 있다는 장점이 보고되어 있다(Kawai *et al.*, 1996).

표고는 효능 측면에서 혈중 콜레스테롤 수준의 감소(Park *et al.*, 2011), 항당뇨(Sharma *et al.*, 2013), 혈압 조절, 면역증강, 간 보호 및 비만 억제 등의 다양한 생리활성이 밝혀져 있어(Kim *et al.*, 2019) 현대인의 식생활에서 수요가 더욱 증가되고 있는 추세에 있다. 한편 일반적으로 버섯류는 수분 함량이 높고 조직이 연하여 수확 후 빠르게 변색되어 신선한 상태가 장기간 유지되기 어렵기 때문에 표고의 경우 전통적으로 건조품으로 유통되고 있는데, 최근에는 채취 시기가 이르고 표고의 외형에 대한 소비자의 선호도에 따라 생표고의 생산과 소비가 증가되고 있다. 특히 표고의 톱밥재배는 생표고 생산에 적합한 방법으로써 표고는 수확 시기에 따라 시장가격에도 차이를 보이고 있는 실정이다.

버섯의 재배는 크게 배지에 대한 균사의 배양과 자실체의 생육으로 구분되는데, 표고는 톱밥재배 시 균사의 배양 기간이 배지의 조성에 따라 86~123일 정도 소요되며(Lee *et al.*, 2018), 자실체의 생육 기간은 10~20일 정도로 짧다(Jang *et al.*, 2011) 균사의 배양 기간이 훨씬 길게 소요된다. 게다가 버섯의 생육 단계에서 영양, 생식, 생장은 모두 수분으로부터 비롯되며 수분은 주로 배지로부터 공급되므로 배지의 함수율, 배양실 및 생육실의 조건, 조도, 환기 정도 및 침수시간 등에 따라 버섯의 품질은 상당한 차이를 보일 수 있다(Oh *et al.*, 2018).

따라서 표고의 생육 단계에서 수확 주기가 길어짐에 따라 배지의 노화가 발생되며, 버섯의 생산이 지속되더라도 배지의 오염이나 저급품의 생산은 불가피할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 선행연구(Lee *et al.*, 2019b)에서 개발된 액체종균을 이용하여 생육된 표고의 이화학적 특성 및 향산화 활성을 수확 주기에 따라 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

시험균주 및 종균 배양

표고의 공시균주는 '추재 2호'를 사용하였으며, 톱밥 봉지배지는 톱밥:소맥피:미강을 혼합한 후(8:1:1, w:w:w) 180×300 mm 크기의 내열성 polypropylene 봉지에 2 kg 이 되도록 압착시켜 121°C에서 3시간 살균 후 중심부 온도가 15°C로 될 때까지 냉각시켰다. 냉각된 배지에 대두박 배양액으로 배양된 액체종균을 45 mL 접종한 후 21±1°C에서 90일동안 배양시켰다.

버섯 발생 및 생육관리

배양이 완료된 배지는 온도 17~18°C, 습도 85~90%로 조절된 재배사에 입상한 후 봉지를 개봉하여 버섯 생육을 유도하였다. 1주기 버섯은 배지의 자체 수분에 의해 버섯 발생을 유도하였으며, 1주기 버섯 수확이 완료된 후 10일간의 휴지기(온도, 15~16°C; 습도, 40~50%)를 유지시킨 다음 24시간 관수하여 수분을 충분히 보충한 후 뒤집기 작업을 하였다. 그 후에 재차 24시간동안 추가적으로 관수하여 원래대로 뒤집기한 후 2주기 버섯 발생을 유도하였으며, 3주기 버섯도 상기의 과정을 반복한 후 수확하였다.

일반성분 분석

일반성분으로 수분 함량은 105°C 상압가열 건조법, 회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 soxhlet추출법 및 조단백질 함량은 semimicro-Kjeldahl법으로 각각 분석하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 회분, 조지방 및 조단백질 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

β-Glucan 정량

β-Glucan 함량은 Megazyme kit (Mushroom and Yeast β-glucan Assay Procedure K-YBGL, Co. Wicklow, Bray, Ireland)를 이용하였으며, 총 glucan 함량은 마쇄된 표고 0.2 g에 37% HCl 1.5 mL를 혼합하여 30°C 수욕상에서 45분간 교반한 다음 3차 증류수 10 mL를 가하고 100°C 수욕상에서 2시간 교반하였다. 이를 상온으로 냉각한 후 2 N KOH 10 mL 및 0.2 M sodium acetate buffer (pH 5.0)를 가하여 100 mL로 정용한 후 원심분리(1,500×g, 10 min)하여 상등액을 얻었다. 상등액 0.1 mL에 exo-1,3-β-glucan (20 U/mL)+β-glucosidase (4 U/mL) 용액 0.1 mL를 가하고 40°C 수욕상에서 1시간 반응시켰다. 여기에 GOPOD (glucose oxi-dase/peroxidase, Megazyme) 시약 3 mL를 넣고 40°C에서 20분간 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 한편 α-glucan 함량은 마쇄된 표고 0.1 g에 2 N KOH 2 mL를 혼합하여 빙수중에서 20분간 교반하였다. 여기에 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8) 8 mL 및 amyloglucosidase 용액 0.2 mL를 가하고 40°C 수욕상에서 30분간 교반한 후 원심분리(1,500×g, 10 min)하여 상등액을 얻었다. 상등액 0.1 mL에 0.2 M sodium acetate buffer(pH 5.0) 0.1 mL와 GOPOD 시약 3 mL를 넣고 40°C에서 20분간 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로써 glucose(1 mg/mL)를 사용하여 GOPOD 시약과 반응시킨 반응액의 흡광도를 측정하여 정량하였으며, β-glucan 함량은 총 glucan 함량에서 α-glucan 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

무기물 정량

무기물은 마쇄된 표고 1 g에 진한 황산과 질산을 각각 10 mL씩 가하여 hot plate상에서 완전 분해시킨 후 3차

증류수로 희석하여 Inductively Coupled Plasma (ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co., Melville, NY, USA)로 분석하였다.

구성아미노산 및 유리아미노산 정량

구성아미노산은 분해용 시험관에 마쇄된 표고 0.5 g을 취하고 6 N HCl 3 mL를 혼합한 다음 7분간 질소가스를 충전시켜 110°C의 heating block에서 24시간 분해한 후 여과하여 농축하였으며, 이를 pH 2.2 sodium citrate 완충 용액으로 10 mL로 정용하여 0.2 µm membrane filter 및 sep-pak C₁₈ cartridge에 여과시켜 아미노산 자동분석기 (Amino acid analyzer 835, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

유리아미노산은 마쇄된 표고 5 g에 에탄올 50 mL를 가하여 2회 반복 추출한 다음 80% 에탄올로 재차 추출하였다. 이후 여과액을 모두 모아 농축시켜 pH 2.2 lithium citrate 완충용액을 가하여 10 mL로 정용하여 0.2 µm membrane filter 및 sep-pak C₁₈ cartridge로 여과시켜 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835)로 분석하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 정량

총 페놀 함량 분석을 위하여 마쇄된 표고 20 g에 80% 메탄올을 가하여 100 mL로 만들어 초음파 추출기(U105, Lab Korea, Gongju, Korea)로 10분씩 3회 반복 추출하여 여과액을 얻었다. 이 여과액 1 mL에 동량의 Folin-ciocalteau 시약 및 10% Na₂CO₃ 용액을 차례로 혼합하여 실온의 암실에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(Gutfinger, 1981). 플라보노이드 함량은 상기의 여과액 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 검량선으로부터 계산하였다.

항산화 활성 측정

표고의 항산화 활성은 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 라디칼 소거활성 및 ferric-reducing antioxidant potential (FRAP)에 의한 환원력으로 각각 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 5 mg%의 DPPH 용액에 표고의 80% 메탄올 추출액을 동량으로 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시켜 냉암소에서 12~16시간 반응시킨 다음 415 nm에서 흡광도가 1.5±0.05가 되도록 증류수로 희석한 것을 ABTS 기질용액으로 하였으며, 이 용액 100 µL에 80% 메탄올 추출액 50 µL를 가하여 실온에서 5분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re *et al.*, 1999). 각 라디칼의 소거활성(%)은 $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 계산하였다.

환원력은 상기의 시료 추출액 40 µL, 증류수 40 µL, FRAP 기질용액 100 µL를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시켜 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며, FeSO₄·7H₂O (Sigma-Aldrich Co.)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 수욕상에서 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

일반성분 함량

액체종균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 일반성분의 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은

Table 1. Proximate composition of *Lentinula edodes* according to harvest cycle (g/100 g)

	Moisture	Ash	Crude lipids	Crude protein	Carbohydrate
1 cycle	88.19±0.11 ^{NS}	1.21±0.08 ^a	0.37±0.02 ^b	3.92±0.33 ^b	6.32±0.38 ^{NS}
2 cycle	88.05±0.50	1.34±0.04 ^b	0.23±0.02 ^a	3.59±0.16 ^b	6.80±0.47
3 cycle	88.15±0.51	1.40±0.06 ^b	0.26±0.01 ^a	3.12±0.06 ^a	7.07±0.50

All values are mean±SD ($n=3$)

^{a,b}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).

NS; not significant.

88.05~88.19 g/100 g으로 수확 주기에 따른 유의차를 보이지 않았으며, 회분 함량은 1주기에 비해 2~3주기 버섯에서 유의적으로 많았다. 조지방 함량은 1주기 버섯에서 유의적으로 높았으며, 조단백질 함량은 1~2주기 버섯이 3주기 버섯에 비해 유의적으로 높은 함량으로 조지방 및 조단백질 함량은 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이였다.

5품종의 표고에서 수분, 조지방 및 조섬유 함량에서 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았으나, 가용성 무질소물, 회분 및 조단백질 함량은 품종간에 유의적인 차이가 있었다고 보고되어 있다(Kim *et al.*, 2017). 산느타리버섯은 수확 주기에 따른 수확량이 배지의 총 질소량 및 탄소량과 상관성이 높은 것으로 보고되어 있는데(Lee *et al.*, 2020), 본 연구에서 수확 주기가 경과됨에 따른 표고의 조지방 및 조단백질 함량 감소도 배지 중의 영양원 감소에 따른 것으로 사료된다.

β-Glucan 함량

액체종균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 glucan 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 수확 주기에 따른 표고의 총 glucan 함량은 1주기 버섯(13.64 g/100 g)에서 유의적으로 높았으며, 수확 주기가 경과될수록 유의적인 감소를 보였다. α-Glucan 함량은 1~2주기 버섯에서 1.24 g/100 g으로 동일한 수준이었으며, 3주기 버섯에서는 유의적으로 감소된 수준이었다. β-Glucan 함량은 1주기 버섯에서 12.40 g/100 g으로 이는 총 glucan 함량의 91%에 해당되는 함량이었다. 2 및 3주기 버섯에서는 각각 8.49 g/100 g 및 7.73 g/100 g으로 이는 1주기 버섯의 68.5% 및 62.3%에 해당되었다.

β-Glucan은 곡류 중 보리 및 귀리에 많으며(Havrlentova and Kraic, 2006), 버섯 중에는 표고에 46%, 느타리버섯에 27~38%, 큰느타리버섯에는 17%정도 함유된 것으로 보고되어 있다(Manzi and Pizzoferrato, 2000). 특히 국내산 표고에서 β-glucan 함량은 25~44% 정도이며(Bak *et al.*, 2014), 수입산 표고에 비해 더 많은 함량인 것으로 보고된 바 있다(Kim and Seo, 2016). 더욱이 렌티난(lentinan)은 β-1,3-D-glucan으로 표고의 대표적인 생리활성 물질로 면역, 항암 및 위암 치료제로 알려져 있다(Oba *et al.*, 2009).

β-Glucan 함량은 버섯의 발생온도에 따라 차이를 보이는데, 저온(13~15°C)에서 생육된 표고에서 42.4%로 가장 많았으며, 고온에서 생육된 표고에서는 30% 미만으로 가장 낮았다는 보고(Park *et al.*, 2016)로 볼 때 본 연구에서 액체종균에 의한 표고의 생육 온도가 17~18°C로써 이는 표고의 생육 및 β-glucan의 함량 증가에 적절한 것으로 생각되나, 버섯의 종균 특성, 배양, 배지의 조성 및 생육 조건 등의 여러 요인에 의해 glucan의 함량에 차이를 보이는 것으로 생각된다.

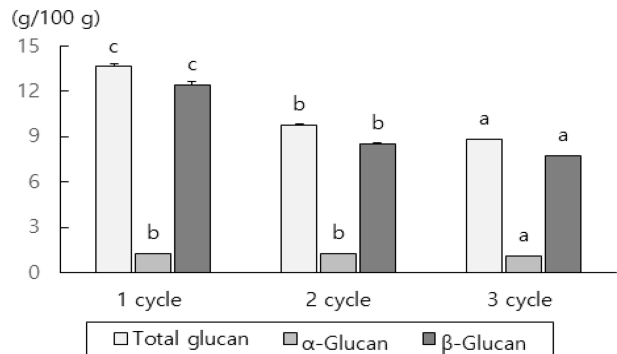


Fig. 1. Content of β-glucan in *Lentinula edodes* according to harvest cycle.

All values are mean±SD (n=3)

^{a-c}Means with different superscripts in the sample according to harvest cycle are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

반면 본 연구에서 액체종균으로 생육된 표고에서 β-glucan의 함량이 수확 주기에 따라 감소되는 경향이나, 3주기 수확 시에도 60% 이상의 잔존율을 보이는 바, 3주기 버섯도 상급품으로 손색은 없을 것으로 여겨진다.

무기물 함량

액체종균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 무기물의 함량을 버섯의 갓과 대로 구분하여 비교한 결과는 Table 2와 같다. 무기물의 총량은 갓(443.37~505.17 mg/100 g)과 대(442.17~458.88 mg/100 g)에서 비슷한 함량이었다. 갓의 무기물 함량은 2주기 버섯에서 유의적으로 높았으며, 1주기 및 3주기 버섯간에는 유의차가 없었다. 대의 무기물 함량은 수확 주기에 따른 유의차가 없었다. 버섯의 무기물 조성은 칼륨(K)이 200 mg/100 g 이상으로 가장 많았으며, 다음으로 인(P)은 128.63~159.17 mg/100 g의 범위였다. 그 외 무기물은 40 mg/100 g 미만이었으며, 칼슘(Ca)은 갓에서 34.72~35.04 mg/100 g, 대에서는 32.32~32.81 mg/100 g으로 버섯의 부위 및 수확 주기에 따른 두드러진 차이를 보이지 않았다.

표고의 수확 주기에 따른 무기물 조성에서 인의 함량이 가장 많았고 다음으로 칼륨이었으며, 무기물의 총량은 생육 초기에 비해 성숙되어질수록 감소되는 경향이였으나, 칼륨, 나트륨 및 마그네슘의 함량이 부위에 따라 큰 차이를 보이지는 않았다는 보고가 있다(Cho *et al.*, 2002). 본 연구에서는 표고의 무기물 중 칼륨이 가장 많아 상기 보고와는 상이한 결과였는데, 이는 버섯 배지의 조성에 따른 차이인 것으로 생각된다. 반면에 버섯의 갓과 대에서 무기물 조성이 유사하며 수확 주기가 경과됨에 따른 무기물 함량의 감소 경향은 본 연구와 유사한 것으로 생각된다.

구성아미노산 함량

Table 2. Mineral contents of *Lentinula edodes* according to harvest cycle (mg/100 g)

	Pileus			Stipe		
	1 cycle	2 cycle	3 cycle	1 cycle	2 cycle	3 cycle
K	222.30±6.71	256.60±4.20	239.40±5.61	229.37±1.42	213.70±10.14	234.70±3.75
Ca	34.72±0.64	35.03±0.39	35.04±0.41	32.81±0.96	32.57±0.83	32.32±0.49
Mg	22.07±0.33	24.52±0.20	22.31±0.25	24.84±0.60	24.32±0.49	25.41±0.17
Na	24.40±0.15	22.18±0.26	16.55±0.18	19.94±0.39	19.89±0.55	19.12±0.17
Fe	0.30±0.01	0.37±0.04	0.27±0.01	0.25±0.00	0.29±0.01	0.25±0.00
Mn	8.08±0.43	4.88±0.18	4.33±0.07	4.44±0.03	6.27±0.18	4.23±0.04
Al	2.77±0.05	2.42±0.09	2.04±0.07	1.22±0.02	2.50±0.09	1.15±0.03
P	128.63±2.97	159.17±0.23	129.07±1.27	146.00±0.50	142.63±5.26	140.33±1.86
Total	443.37±10.02 ^a	505.17±4.56 ^b	449.00±6.24 ^a	458.88±3.67 ^{NS}	442.17±17.08	457.51±5.51

All values are mean±SD ($n=3$)

^{a,b}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

NS; not significant.

Table 3. Contents of composition amino acids in *Lentinula edodes* according to harvest cycle (mg/100 g)

	Pileus			Stipe		
	1 cycle	2 cycle	3 cycle	1 cycle	2 cycle	3 cycle
Aspartic acid	179.91	175.61	147.28	178.41	152.11	128.58
Threonine*	92.64	101.54	74.92	92.39	79.77	66.45
Serine	95.82	114.67	77.42	91.02	79.56	66.38
Glutamic acid	333.16	249.42	243.59	325.35	224.22	191.10
Proline	71.31	62.50	57.27	69.52	58.37	48.73
Glycine	105.53	87.26	84.05	104.05	88.92	74.57
Alanine	135.59	111.47	110.17	140.69	114.20	96.77
Cystine	8.25	8.02	6.32	8.29	6.85	5.76
Valine*	112.21	95.99	92.44	110.55	94.72	78.63
Methionine*	32.30	26.34	27.08	28.45	23.61	19.40
Isoleucine*	93.12	76.45	75.80	90.81	75.96	62.56
Leucine*	148.31	127.89	121.32	145.29	123.61	101.32
Tyrosine	43.66	35.78	36.21	40.04	0	26.64
Phenylalanine*	220.82	177.85	187.55	236.22	253.81	198.19
Histidine*	52.40	41.43	40.70	51.12	41.36	34.69
Lysine*	159.76	140.96	130.15	187.87	187.99	122.87
Arginine	117.13	93.53	89.49	117.33	89.33	78.33
Essential amino acids*	911.56	788.43	749.96	942.70	880.83	684.12
Essential/Total (%)	45.53	45.66	46.82	46.73	51.99	48.83
Total amino acids	2001.93	1726.69	1601.77	2017.40	1694.39	1400.98

액체종균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 구성아미노산의 함량을 갖과 대로 구분하여 비교한 결과는 Table 3과 같다. 총 아미노산 함량은 갖에서 1601.77~2001.93 mg/100 g(평균 1776.80 mg/100 g), 대에서는 1400.98~2017.40 mg/100 g(평균 1704.26 mg/100 g)으로 버섯의 부위에 따른 큰 차이는 없었으나, 수확 주기가 경과됨에

따라 감소되는 경향이였다. 구성 아미노산 조성은 glutamic acid의 함량이 가장 많았으며, 다음으로 phenylalanine의 순이였다. 필수아미노산 함량은 1주기 버섯에서 가장 많았으며 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이였다. 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 갖에서는 수확 주기에 따라 증가되는 경향이였는데, 대에서는 2주기

Table 4. Contents of free amino acids in *Lentinula edodes* according to harvest cycle (mg/100 g)

	Pileus			Stipe		
	1 cycle	2 cycle	3 cycle	1 cycle	2 cycle	3 cycle
Aspartic acid	19.53	18.63	14.64	14.64	14.52	13.19
Threonine	9.53	9.34	11.27	11.27	10.79	10.17
Serine	7.74	9.30	8.77	8.77	8.45	7.37
Asoarragine	4.48	4.19	4.22	4.22	4.10	3.28
Glutamic acid	63.62	62.99	59.10	59.10	58.69	57.00
Glycine	18.32	16.50	13.86	13.86	13.65	12.45
Alanine	26.68	28.78	28.76	28.76	28.61	26.93
Valine	7.79	7.86	7.79	7.79	7.23	6.06
Cysteine	1.22	1.32	1.22	1.22	1.19	1.05
Methionine	1.63	1.76	1.64	1.79	1.66	1.49
Systathionine	2.13	2.18	1.93	1.96	1.78	1.56
Isoleucine	6.73	6.89	7.10	6.80	6.52	5.54
Leucine	18.88	19.82	19.81	19.51	19.30	17.67
Phenylalanine	9.15	8.94	8.56	9.55	8.24	6.92
GABA	17.46	17.33	17.02	15.03	13.48	11.83
Ornithine	4.60	4.34	4.11	4.03	3.96	2.76
Lysine	6.14	6.01	5.97	5.86	5.76	4.40
Histidine	10.55	9.47	9.00	8.69	8.49	6.69
Arginine	19.16	20.90	20.56	19.86	19.63	17.19
Asp+Glu	83.15	81.62	73.74	73.74	73.21	70.19
Asp+Glu/Total (%)	32.56	31.81	30.06	30.38	31.01	32.87
Total amino acids	255.34	256.55	245.33	242.71	236.05	213.55

Asp+Glu; aspartic acid + glutamic acid.

버섯에서 다소 높게 나타났다.

표고는 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본에서도 가장 많이 이용되는 버섯 중의 하나로써 탄수화물, 단백질, 무기질 및 필수아미노산을 비롯한 영양성분을 골고루 함유하고 있는 대표적인 버섯으로 알려져 있다(Yim *et al.*, 1991). 표고에는 해독작용, 뇌 진정효과 및 당과 지질대사에 도움이 되는 glutamic acid, 체내 중금속 제거 효능 및 식품의 감칠맛 성분으로 작용하는 aspartic acid(Hong *et al.*, 1989), 골다공증의 예방이나 치료 및 피로회복에 관여하는 leucine 및 면역기능 증가에 도움이 되는 arginine 등의 아미노산 함량이 주류를 이루는 것으로 보고된 바 있는데(Eghianruwa *et al.*, 2011), 본 연구에서도 유사한 경향이였다.

8종의 표고 건조분말 중 구성아미노산 함량은 8318.66~17672.59 mg/100 g이었으며, 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율이 27.92~37.67%로 보고된 바 있는데(Kim and Seo, 2016), 본 연구에서 표고의 필수아미노산 비율은 이보다 더 높은 수준이었다. 한편 구성아미노산 중 glutamic acid, aspartic acid 및 arginine의 순으로 높았다

는 보고(Kim and Seo, 2016)와 glutamic acid, isoleucine, aspartic acid, phenylalanine의 순으로 높았다는 보고(Kwon *et al.*, 1987)로 볼 때 glutamic acid 함량이 가장 많았다는 것은 본 연구와 잘 일치한 결과였으나, 그 외 성분에서는 다소간의 차이를 보였다. 또한 느타리와 팽이버섯을 것과 대로 구분하였을 때 갖의 구성아미노산 함량은 대보다 더 높았다고 보고되어 있으며(Kim *et al.*, 2014), 느타리버섯의 아미노산 조성이 배지 조성에 의해 차이를 보이지는 않으나, 수확 시기가 늦어질수록 대부분의 아미노산 함량은 감소되었다고 보고되어 있다(Mendez *et al.*, 2005). 본 연구결과 1~3주기의 수확기동안 버섯의 부위에 따른 아미노산의 총량은 비슷한 수준으로 액체종균으로 생육시킨 표고에서 3주기 수확은 버섯의 품질 저하에 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

유리아미노산 함량

액체종균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 유리아미노산의 함량을 것과 대로 구분하여 비교한 결과는 Table 4와 같다. 총 유리아미노산 함량은 갖에서 245.33~

256.55 mg/100 g, 대에서는 213.55~242.71 mg/100 g으로 갓이 대에 비해 다소 높았으며, 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이였다. 유리아미노산 중 glutamic acid가 가장 많았고, 다음으로 alanine이었으며, aspartic acid, leucine, GABA 및 arginine은 갓에서 수확 주기에 따른 큰 차이를 보이지는 않았으나, 대에서는 1~2주기 버섯에 비해 3주기 버섯에서 감소된 경향이였다. 버섯의 맛 성분과 관련된 aspartic acid와 glutamic acid의 함량은 갓이 대에 비해 다소 많았으며, 수확 주기에 따라 감소되는 경향이였다. 반면에 총 아미노산에 대한 aspartic acid와 glutamic acid의 함량비는 수확 주기에 따라 갓에서는 감소되는 경향이이나 대에서는 오히려 상반된 경향을 보였다.

유리아미노산은 단백질이나 펩티드와 같은 결합형 아미노산에 비해 단독분자로 존재하는 상태로 그 함유 비율에 따라 식품의 맛과 품질을 결정하는 요인이 될 수 있으며, 또한 신경전달물질과 같은 중요한 생물학적 기능 및 면역 기능 강화와 관련된 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2014). 8종의 표고 중 유리아미노산의 함량은 histidine, glutamic acid 및 arginine의 순으로 많았으며, 특히 표고의 감칠맛 성분으로 알려진 glutamic acid는 톱밥배지에서 생육된 국내산 버섯에서 가장 많았으나, 원목재배 버섯에서 가장 낮은 함량이었다는 보고도 있다(Kim and Seo, 2016). 한편 표고의 유리아미노산 중 cystine이 가장 많았다는 보고(Park and Na, 2005)로 볼 때 본 연구에서는 glutamic acid가 가장 많아 상기의 보고와는 다소간의 차이를 보였다.

따라서 본 연구에서 표고의 수확 주기에 따른 유리아미노산 함량은 구성아미노산 함량과 비슷한 패턴으로 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이었는데, 1주기 버섯에 비해 3주기 버섯의 유리아미노산 총량은 갓에서 3.9%, 대에서 12.0%의 감소에 불과하여 3주기 버섯도 상품적 가치가 높을 것으로 기대된다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

액체중균으로 생육된 표고의 수확 주기에 따른 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 갓과 대로 구분하여 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 총 페놀 함량은 1주기 버섯의 갓에서 31.96 mg/100 g, 대에서 21.10 mg/100 g으로 가장 높았으며, 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이였으나, 갓에서 2~3주기 버섯간에는 유의차가 없었다. 플라보노이드 함량은 1주기 버섯의 갓에서 11.13 mg/100 g이었으나 수확 주기가 경과됨에 따라 유의적으로 감소되었으며, 대의 경우에는 9.08~9.84 mg/100 g으로 수확 주기에 따른 유의차를 보이지 않았다.

표고의 생육과정에서 빛 요인으로써 광과장은 자실체의 총 페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거활성에 영향을 주지 않았다는 보고가 있다(Back *et al.*, 2013). 참나무의 수종을 달리한 톱밥배지 조건에서 생육된 표고의 추출물에서 총

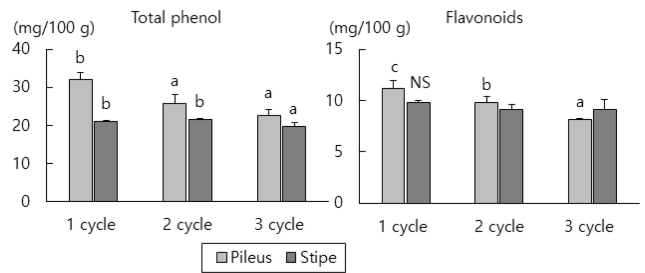


Fig. 2. Content of total phenols and flavonoids in *Lentinula edodes* according to harvest cycle.

All values are mean±SD (n=4)

^{a-c}Means with different superscripts in the sample according to harvest cycle are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

NS; not significant.

페놀 함량은 2.37~3.12 mg/g이었으며, 플라보노이드 함량은 0.48~0.84 mg/g으로 배지 조성에 따라 유의차를 보였으며, 그 외에 영양성분, 생육 환경, 추출 방법 및 추출 용매 등도 관여하는 것으로 보고되어 있다(Seo *et al.*, 2017).

표고 건조분말을 다양한 용매로 추출하였을 때 총 페놀 함량은 에탄올 추출물에서 2.12 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 아세톤 및 에틸아세테이트 추출물에서는 각각 1.81 mg GAE/g, 1.53 mg GAE/g으로 추출 용매에 따라 차이는 있으나, 통계적인 유의차는 아닌 것으로 보고되어 있다(Han *et al.*, 2015). 오히려 극성 용매를 이용한 표고 추출물에서 폴리페놀 함량이 더 많았다는 보고도 있다(Cheung *et al.*, 2003). 한편 표고는 폴리페놀 중 비플라보노이드 계열의 페놀산 함량이 더 많은 것으로 보고되어 있는데(Ferreira *et al.*, 2009), 본 연구에서도 총 페놀 함량에 대한 플라보노이드 함량의 비율이 갓에서 34.8~36.2%, 대에서는 42.4~46.6%로 비플라보노이드 계열의 폴리페놀 함량이 많아 상기의 보고와 유사한 결과였다.

따라서 수확 주기가 경과됨에 따라 표고의 총 페놀 및 플라보노이드 함량의 감소는 불가피하나 갓에 비해 대에서 감소 정도가 적어 3주기 버섯에서도 이들 성분에 의한 생리활성은 유지될 것으로 추정된다.

항산화 활성

액체중균으로 생육된 표고를 갓과 대로 구분하여 수확 주기에 따른 항산화 활성을 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성 및 FRAP법에 의한 환원력으로 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 100 mg/mL농도 조건의 표고 추출물에서 DPPH 라디칼 소거활성은 갓과 대에서 수확 주기가 경과됨에 따라 유의적으로 감소되는 경향이였는데, 1~2주기 버섯의 갓에서는 70% 이상, 3주기 버섯에서는 56.86%의 소거활성이었으며, 대에서는 27.50~31.90%에 불과하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼 소거활성과 유사한 경향으로 부위에 관계없이 1주기 버섯은 2~3주기에 비해

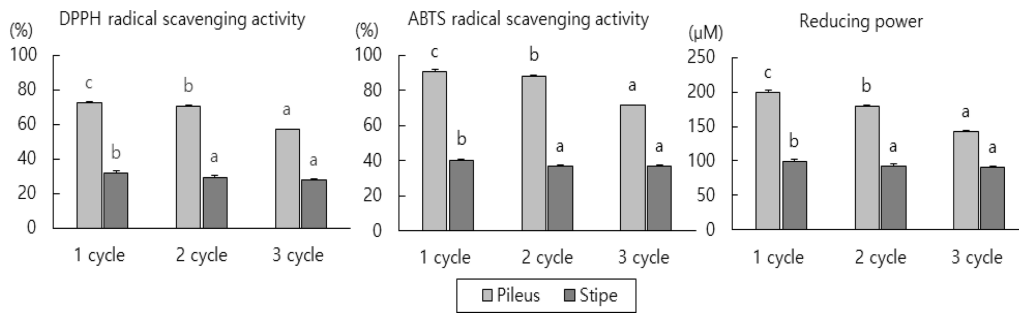


Fig. 3. Antioxidant activities in *Lentinula edodes* according to harvest cycle.

All values are mean±SD (n=4)

^{a-c}Means with different superscripts in the sample according to harvest cycle are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

유의적으로 높은 활성이었다. 특히 수확 주기에 관계없이 갓은 70% 이상이었으나, 대에서는 50% 미만의 소거활성이었다. 수확 주기에 따른 표고의 환원력은 갓과 대에서 1주기 버섯에서 유의적으로 높았으며, 수확 주기가 경과됨에 따라 유의적으로 감소되었는데, 대에서는 2~3주기 버섯간에 유의차가 없었다.

표고의 열수 및 에탄올 추출물에서 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성은 에탄올 추출물에서 항산화 활성이 더 높았다는 보고가 있다(Kim and Jeong, 2009). 또한 표고를 다양한 용매로 추출하였을 때 DPPH 라디칼 소거활성은 에틸아세테이트 추출물에서 49.9%로 가장 높았으며, 다음으로 아세톤 및 에탄올 추출물로서 각각 46.5%, 25.0%였는데, 이들 용매 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 에탄올 추출물에서 98.5%, 아세톤 추출물에서 97.2%였다는 보고도 있다(Han *et al.*, 2015). 일반적으로 반응속도가 빠르게 진행되는 ABTS 라디칼 소거활성은 극성 및 비극성 물질 모두와 반응하므로 라디칼 소거에 관여하므로 DPPH 라디칼 소거에 비해 높은 활성을 보인다는 보고(Huang *et al.*, 2005)는 본 연구와 잘 일치하는 결과였다. 또한 표고에서 라디칼 소거활성 및 환원력 등의 항산화 활성이 총 페놀 함량에 의존적이라는 보고(Jang *et al.*, 2015)로 볼 때 본 연구에서 표고의 수확 주기별 항산화 활성도 이와 잘 일치한 결과라 생각된다.

FRAP법에 의한 환원력은 라디칼 소거활성과는 달리 철 이온의 환원력에 의한 항산화 활성을 나타내는 것으로(Yu *et al.*, 2011), 식물체에서 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성간에는 높은 상관성을 가진다는 보고가 있다(Moon *et al.*, 2003). 느타리버섯 추출물에서 라디칼 소거활성과 환원력간에 상관성은 낮았으나(Lee *et al.*, 2019a) 본 연구에서 표고 추출물의 라디칼 소거활성은 환원력과 유사한 경향인 것으로 생각된다.

한편 버섯은 페놀 화합물, 테르펜, 다당류 및 스테로이드 등의 항산화 효과를 가지는 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있으나(Islam *et al.*, 2016), 버섯의 품종, 배양

및 생육 조건 등의 요인은 항산화 활성에 상당한 차이를 보이는 것으로 보고되어 있다(Woo *et al.*, 2012).

따라서 본 연구에서 액체종균으로 생육된 표고의 항산화 활성도 균주의 배양 및 생육 조건 등에 따른 차이일 것으로 추정되나, 3주기 수확 시까지 버섯의 품질특성에는 두드러진 차이를 보이지는 않았으며, 항산화 활성이 감소되는 것으로 볼 때 수확 주기가 더 길어질 경우 버섯의 기능성 감소가 현저할 것으로 예상되나, 3주기 버섯은 1주기 버섯에 비해 품질특성면에서 손색은 없을 것으로 사료된다.

적 요

액체종균으로 생육된 표고의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 수확 주기에 따라 비교하였다. 수확 주기가 경과됨에 따라 수분 함량은 유의차가 없었으나, 조지방 및 조단백질 함량은 감소되는 경향이었다. β -Glucan 함량은 1주기 버섯에서 가장 많았으며, 2 및 3주기 버섯은 1주기 버섯의 68.5% 및 62.3% 수준이었다. 무기물은 버섯의 갓과 대에서 비슷한 함량이었으며, 2주기 버섯의 갓에서 무기물 함량은 가장 많았다. 구성 및 유리아미노산은 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이었으며, 필수아미노산 함량은 1주기 버섯에서 가장 많았다. 총 페놀 함량은 1주기 버섯의 갓에서 31.96 mg/100 g, 대에서 21.10 mg/100 g으로 가장 높았으며, 수확 주기가 경과됨에 따라 감소되는 경향이었다. 플라보노이드 함량은 1주기 버섯의 갓에서 11.13 mg/100 g이었으며 수확 주기가 경과됨에 따라 유의적으로 감소되었다. 또한 항산화 활성도 1주기 버섯에서 가장 높았으며, 수확 주기가 경과됨에 따라 유의적으로 감소되는 경향이었다. 따라서 액체종균으로 생육된 표고의 3주기 버섯은 품질특성면에서 1주기 버섯에 비해 시장성에 손색이 없을 것으로 생각된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Back IS, Lee YH, Jang MJ, Jeoung YK, Lee HB, Chi JH. 2013. Effects of cultural characteristics of *Lentinula edodes* according to LED wavelength with sawdust substrate cultivation. *J Mushroom Sci Prod* 11: 226-229.
- Bak WC, Park JH, Park YA, Ka KH. 2014. Determination of glucan contents in the fruiting bodies and mycelia of *Lentinula edodes* cultivars. *Mycobiology* 42: 301-304.
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VEC. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem* 81: 249-255.
- Cho DB, Hyun KH, Choi JH, Na KC, Seo JS, Kang SK, Kim YD. 2002. Chemical compositions of *Lentinula* in growth stage – A study on application plan of *Lentinula* I. *Korean J Plant Res* 15: 128-134.
- Eghianruwa Q, Odekanyin O, Kuku A. 2011. Physicochemical properties and acute toxicity studies of a lectin from the saline extract of the fruiting bodies of the shiitake mushroom, *Lentinula edodes* (Berk). *Int J Biochem Mol Biol* 2: 309-317.
- Ferreira IC, Barros L, Abreu RM. 2009. Antioxidants in wild mushrooms. *Curr Med Chem* 16: 1543-1560.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- 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.
- Havrlentova M, Kraic J. 2006. Content of β-D-glucan in cereal grains. *J Food Nutr Res* 45: 97-103.
- Hong JS, Kim YH, Kim MK, Kim YS, Sohn HS. 1989. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, and *Lentinus edodes*. *Korean J Food Sci Technol* 21: 58-62.
- Huang D, Ou B, Prior RL. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem* 53: 1841-1856.
- Islam T, Yu X, Xu B. 2016. Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China. *LWT Food Sci Technol* 72: 423-431.
- Jang HL, Lee JH, Hwang MJ, Choi YM, Kim HR, Hwang JB, Nam JS. 2015. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities between *Lentinula edodes* and new cultivar *Lentinula edodes* GNA01. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1484-1491.
- Jang, MJ, Lee YH, Lee HB, Liu JJ, Ju YC. 2011. Comparison in cultural characteristics on different nutritions in bag cultivation of *Lentinula edodes*. *J Mushroom Sci Prod* 9: 105-109.
- Kang MY, Kim S, Yun HJ, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of the extracts from browned oak mushroom (*Lentinus edodes*) with unmarketable quality. *Korean J Food Sci Technol* 36: 648-654.
- Kawai G, Kobayashi, H, Fukushima Y, Ohsaki K. 1996. Effect of liquid mycelial culture used as a spawn on sawdust cultivation of shiitake (*Lentinula edodes*). *Mycoscience* 37: 201-207.
- Kim CH, Jeong JG. 2009. Antioxidant activities and the effect of reducing serum alcohol concentration of *Lentinus edodes*. *Kor J Herbology* 24: 159-164.
- Kim JK, Jo SW, Kim EJ, Jeong DY. 2019. Development of an apple/pear pomace fermented with *Lentinula edodes* Mycelia. *Korean J Food Sci Technol* 51: 286-294.
- 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 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 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.
- Korea Forest Service, Statistical yearbook of forestry. 2018.
- Kwon JH, Byun MW, Cho HO, Kim YJ. 1987. Effect of chemical fumigant and γ-rays on the physicochemical properties of dried oak mushrooms. *Korean J Food Sci Technol* 19: 273-278.
- Lee AS, Lee JH, Won HS, Hwang SJ, Jung TS, Hong DK. 2020. Relationship between chemicals in substrates and yield of *Pleurotus pulmonarius*. *J Mushrooms* 18: 135-140.
- Lee KW, Jeon JO, Kim MJ, Kim IJ, Jang MJ, Park HS. 2018. Effects of difference in medium composition on the growth of *Lentinula edodes*. *J Mushrooms* 16: 267-271.
- Lee SJ, Kim HH, Kim SH, Kim SH, Sung NJ. 2019a. Physicochemical characteristics and antioxidant activities in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated with liquid spawn. *J Mushrooms* 17:24-33.
- Lee SJ, Kim HH, Kim SH, Kim SH, Sung NJ. 2019b. The effect of different culture conditions of liquid spawn on the quality characteristics of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). *J Mushrooms* 17: 99-106.
- Manzi P, Pizzoferrato L. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem* 68: 315-318.
- Mendez LA, Sandoval Castro CA, Belmar Casso R, Capetillo Leal CM. 2005. Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J Food Comp Anal* 18: 447-450.
- Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35: 493-498.
- Moon JW, Lee CJ, Cheong JC, Kong WS, Kim KJ. 2015. Characteristic of a new variety *Lentinula edodes*, 'Nongjin-go'. *J Mushrooms* 13: 228-232.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis

- from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
- Oba K, Kobayashi M, Matsui T, Kodera Y, Sakamoto J. 2009. Individual patient based meta-analysis of lentinan for unresectable/recurrent gastric cancer. *Anticancer Res* 29: 2739-2745.
- Oh TS, Park YJ, Lee MH, Kim TK, Kim CH, Jang MJ. 2018. Effects of growth characteristics of 'Nongjingo' (*Lentinula edodes*) according to relative humidity with sawdust cultivation. *J Mushrooms* 16: 263-266.
- Park JS, Na HS. 2005. Quality characteristics of Jocheong containing various level of *Lentinus edodes* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1082-1090.
- Park YA, Bak WC, Ka KH, Koo CD. 2016. Comparison of β -glucan contents of *Lentinula edodes* cultivated on sawdust according to medium composition and fruiting temperature. *Kor J Mycol* 44: 296-299.
- Park YA, Lee KT, Bak WC, Kim MK, Ka KH, Koo CD. 2011. Eritadenin contents analysis on various strains of *Lentinula edodes* using LC-MS/MS. *Kor J Mycol* 39: 239-242.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Riceevans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Seo SY, Park YA, Jang YS, Ka KH. 2017. Antioxidant properties of *Lentinula edodes* after sawdust bag cultivation with different oak substrates. *Kor J Mycol* 45: 121-131.
- Sharma VP, Kumar S, Kumar R, Singh R, Verma D. 2013. Cultural requirements, enzyme activity profile, molecular identity and yield potential of some potential strains of shiitake (*Lentinula edodes*). *Mushroom Res* 22: 105-110.
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HI, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 302-309.
- Yim SB, Kim MO, Koo SJ. 1991. Determination of dietary fiber contents in mushrooms. *Korean J Soc Food Sci* 7: 69-76.
- 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.