

갈색 느티만가닥버섯의 영양특성 및 생리기능성 분석

Zanabaatar Bolormaa¹, 강민구¹, 서건식², 이영욱³, 이종수^{1*}

¹배재대학교 바이오·의생명공학과, ²한국농수산대학, ³참맛버섯영농조합

Analysis of Nutritional Characteristics and Physiological Functionality of *Hypsizygus marmoreus* (Brown cultivar)

Zanabaatar Bolormaa¹, Min-Gu Kang¹, Geon-Sik Seo², Young-Wook Lee³ and Jong-Soo Lee^{1*}

¹Department of Biomedical Science & Biotechnology, PaiChai University, Daejeon 302-735, Korea

²Korea National College of Agricultural and Fishery, Hwasung, Kyonggi-do 445-893, Korea

³Chammat Mushroom Farm Corp., Yeosu, Kyonggi-do 469-842, Korea

(Received May 17 2012. Revised June 4 2012. Accepted June 17 2012)

ABSTRACT: In order to apply into functional food or medicinal industry, nutritional characteristics and physiological functionality of *Hypsizygus marmoreus* (brown cultivar) were investigated. Fruiting body of *H. marmoreus* contained 27.3% of crude protein, 55.8% of total sugar and 11,109.3 mg/100 g dry weight of malic acid. Furthermore, 66.7% of antihypertensive angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activity and 37.3% of anti-gout xanthin oxidase inhibitory activity showed in the water extract from *H. marmoreus*. The economically ACE inhibitory activity (81.4%) was obtained when the fruiting body of *Hypsizygus marmoreus* was extracted with distilled water of 50 °C for 12 h, even though maximal ACE inhibitory activity (84.4%) was showed the extracts from 70 °C for 12 h.

KEYWORDS: *Hypsizygus marmoreus* (brown cultivar), Nutrition, Physiological functionality

서 론

최근 많은 버섯들의 다양한 생리기능성이 탐색되어 기존의 항균작용, 혈당강화작용, 항암작용, 항염증작용, 항산화성 외에도 비늘버섯(Koo *et al.*, 2006), 왕송이버섯(Lee *et al.*, 2004), 능이버섯(Kang *et al.*, 2011), 노랑느타리버섯(Jang *et al.*, 2011) 등의 항고혈압성 활성과 차가버섯 균사체 추출물의 혈소판 응집 저해활성(Hyun *et al.*, 2006), 일부 버섯 중의 항치매활성(Seo *et al.*, 2008, Lee *et al.*, 2009), 혈관신생 억제활성(Jeong *et al.*, 2006), 고지혈증 예방효과(Yu *et al.*, 2007), 항통풍효과(Zanabaatar *et al.*, 2010)와 상항버섯의 항비만성 lipase 저해활성(Lee *et al.*, 2010) 등이 보고되었다. 따라서 그동안 식용 및 일부 약용으로 이용 되어 왔던 많은 버섯들이 각종 건강식품의 원료나 대체의약 소재로 그 이용이 크게 확대되고 있다.

느티만가닥버섯은 담자균류, 주름버섯목, 송이과에 속하며, 독특한 질감과 좋은 맛을 함유한 식용버섯이다. 이 버섯은 한국, 일본, 중국, 북유럽과 동아시아에 주로 분포

하고 있으며, 일반적으로 너도밤나무, 단풍나무, 고사목의 그루터기에서 잘 생육하는 것으로 알려져 있다. 느티만가닥 버섯은 일본에서 처음으로 인공 재배한 것으로 알려져 있는데 2008년에 108,104톤이 생산되어 131,107톤을 생산한 팽이버섯 다음으로 생산과 소비가 많은 버섯이다(Ohashi, 2010). 우리나라에서도 2002년부터 일본의 타카라주조와 기술제휴로 (주) 풀무원에서 시험재배를 시작하여 생산 보급하였으며 현재는 몇몇 시설재배 농장에서 재배 생산하고 있고 그 생산량과 재배량이 점차 증가하고 있다. 느티만가닥버섯의 품종은 대부분 일본에서 도입한 품종을 재배하고 있으며 야생버섯을 조직분리하여 재배에 적용한 갈색품종과 교배에 의해 육성된 백색품종이 재배되고 있다.

느티만가닥버섯은 항종양효과와 항산화 효과(Matsuzawa *et al.*, 1997; Matsuzawa *et al.*, 1998) 외에도 항종양성 다당류인 β (1-3)-D-glucan을 함유하고 있는 것으로 보고되어 있다(Ikekawa, 1995; Akavia *et al.*, 2009). Mori 등(2008)은 느티만가닥버섯 분말로 제조한 식이보충제가 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추주는 강력한 항동맥경화 효과 있다고 보고하였다. 그러나 느티만가닥버섯의 항고혈압 활성과 항통풍 활성 등 생리기능성 연구는 매우 미흡한 실정

*Corresponding author <E-mail : biotech8@pcu.ac.kr>

이고, 국내에서는 백색 느티만가닥버섯의 생리활성에 대하여 보고된 바 있다(Zanabaatar *et al.*, 2011).

따라서, 본 연구에서는 느티만가닥버섯의 유용한 생리 기능성 물질의 탐색을 위하여 한국 농수산대학에서 인공 재배한 갈색 품종의 영양특성과 생리기능성을 측정된 후 우수 생리기능성으로 선발된 항고혈압성 안지오텐신 전환 효소 저해물질의 최적 추출조건을 선발하였다.

재료 및 방법

시험버섯 및 분석시약

갈색 느티만가닥버섯은 한국농수산 대학에서 인공 재배 한 갈색 품종 자실체를 분양받아 즉시 동결건조 하여 분쇄 한 후 분말로 사용하였다.

안지오텐신 전환효소(ACE)저해활성 측정을 위한 ACE 는 rabbit lung acetone powder(Sigma Co., USA)를 0.3 M NaCl이 포함된 sodium borate 완충용액(pH 8.3)으로 4 °C에서 12시간 추출하여 사용하였고 기질로는 hippuryl-L-histidyl-L-leucine(Hip-His-Leu, Sigma Co., USA)을 사용 하였다. 또한 Fibrinogen, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), pyrogallol 등은 Sigma사(St. Louis, Mo, USA) 제품을 사용하였고 그 밖에 각종 시약은 분석용 특급을 사용하였다.

느티만가닥버섯 추출물 제조

갈색 느티만가닥 버섯의 건조 자실체 분말(50 g)을 1.5 l 의 물과 에탄올에 각각 첨가 하여, 12시간동안 50 °C에서 진탕 추출하였다. 이 추출액을 5,000 rpm 에서 30분 동안 원심분리한 후 상등액을 Whatman No. 41 여과지와 멤브레인 필터(0.45 µm, Nalgene, U.S.A)로 여과하여 각각의 여과액을 얻은 후 이들을 동결 건조하여 물과 에탄올 추출물로 각각 사용하였다.

생리기능성 분석

항고혈압성 angiotensin I-converting enzyme(ACE) 저해활성은 Cushman과 Cheung(1971)의 방법을 일부 변형 하여 측정하였다. 추출물 1 mg을 함유한 시료 50 µl에 ACE 용액 150 µl(2.8 unit)와 100mM sodium borate 완충용액(pH 8.3) 100 µl를 가한 후 37 °C에서 10분간 preincubation 시켰다. 여기에 기질인 Hip-His-Leu 용액 50 µl를 가하여 37 °C에서 30분간 반응시킨 후 1N HCl 250 µl를 가하여 반응을 정지 시켰다. 다시 ethyl acetate 1 ml를 가하여 30 초간 vortexing한 다음 3,000 × g로 15분 동안 원심분리한 후 상층액 0.8 µl를 취하였다. 이 상층액을 speed vac concentrator (EYELA Co., Japan)을 이용하여 완전히 건조시킨 뒤 sodium borate 완충용액 1 ml를 가하여 용해시켜 유리되어 나온 hippuric acid의 양을 228 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였고 시료 무첨가구를 대조구로 하

여 저해율을 구하였다.

항산화활성은 DPPH에 대한 환원력(전자공여능)을 이용하는 방법으로 측정하였다(Lee *et al.*, 2003). 즉, 농축 시료액 0.2 ml에 DPPH 용액(DPPH 12.5 mg을 에탄올 100 ml에 용해) 0.8 ml를 가한 후 10분간 반응시키고 525 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 무첨가 대조구의 값과 비교하여 활성을 계산하였다. SOD-유사활성은 먼저 농축시료액 20 ml에 55 mM Tris-cacodylic acid 완충용액(TCB, pH 8.2)을 가하여 균질화하고, 원심분리하여 얻은 상등액을 pH 8.2로 조정된 후 TCB를 사용하여 50 ml로 조정하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 950 µl에 24 mM pyrogallol 50 µl를 첨가하여 420 nm에서 초기 2분간의 흡광도 증가율을 측정하여 시료액 무첨가 대조구와 비교하여 활성을 계산하였다(Lee *et al.*, 1997).

아질산염 소거작용은 1 mM 아질산 나트륨 용액 1 ml에 각각의 추출물 2 ml를 가하고 여기에 0.1 N 염산(pH 1.2) 과 0.2 N 구연산 완충용액(pH 3.0, 4.2 및 6.0) 7 ml를 가하여 반응용액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 달리하여 반응용액의 부피를 10 ml로하였다. 이를 37 °C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 반응액 1 ml씩 취하고 여기에 2% 초산 5 ml, Griess 시약(acetic acid에 1% sulfanylic acid와 1% naphthylamine을 1:1 로 혼합) 0.4 ml를 가하여 잘 혼합시켜 15분간 실온에서 방치시킨 후 분광광도계를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 시료액 무첨가 구와 비교하였다(Kato *et al.*, 1987).

Tyrosinase 저해활성은 시료 500 µl에 5 mM L-DOPA 200 µl, 0.1 M 인산완충용액(pH 6.0) 800 µl를 혼합한 후 tyrosinase 11U를 첨가하여 35 °C에서 2분간 반응시킨 다음 475 nm에서 흡광도를 측정하여 시료액 무첨가 대조구의 값과 비교하여 활성을 계산 하였다(Kim *et al.*, 1997). Xanthine oxidase(XOD)저해활성은 Noro 등(1983)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 0.1 M 인산 완충용액(pH 7.5) 600 µl에 10 mg/ml으로 녹인 시료 100 µl를 가하고 1 mM xanthine을 녹인 기질용액 200 µl를 첨가 하였다. 여기에 xanthine oxidase(0.2 U/ml) 100 µl를 가하여 37 °C에서 5분간 반응시킨 후 1 N HCl 200 µl를 가하여 반응을 정지 시켰다. 다시 12,000 µl rpm으로 10분간 원심분리하여 단 백질을 제거한 후 생성된 uric acid 함량을 292 nm에서 흡광도를 측정하였다.

일반성분과 유리당, 미네랄 분석

갈색 느티만가닥버섯 물 추출물의 동결건조 시료의 단 백질 함량은 Lowry 방법(Lowry *et al.*, 1951)에 의해 측정 하였으며, 총 당과 환원당은 각각 Phenol-sulfuric acid 법과 DNS 법으로 측정하였다. 조지방 함량은 Soxhlet 추출법에 의해 측정하였고, 회분 함량은 회화법으로 측정 하였으며(Lee *et al.*, 2010), 유리당 함량은 HPLC를 이용하여 측정하였다(Prodollet *et al.*, 1995).

Table 1. General components and minerals contents of *Hypsizygus marmoreus* fruit body (brown cultivar)

Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crudelipid (%)	Carbohydrate (%)	Fe (mg/%)	Ca (mg/%)	Na (mg/%)	Calorie (Kcal/100g)
6.5	7.8	27.3	2.7	55.8	9.3	19.3	10.0	356.6

Table 2. Main free sugars, sugar alcohol and organic acid contents of *Hypsizygus marmoreus* fruiting body (brown cultivar)

Free sugar / sugar alcohols (Unit: g/100 g dry wt.)	Organic acid (Unit: mg/100 g dry wt.)
Glucose	0.5
Trehalose	8.1
Invert sugar	8.6
Sugar alc.	5.3
Glycerol	0.3
Mannitol	4.5
	Oxalic acid
	Malic acid
	Lactic acid
	Acetic acid
	Citric acid
	Succinic acid
	propionic acid

¹⁾ n.d.: not detected.

Table 3. Physiological functionalities of water and ethanol extracts of *Hypsizygus marmoreus* fruiting body (brown cultivar)

Physiological functionality	Water Extracts ¹⁾	Ethanol extracts (Unit:%)
ACE ²⁾ inhibitory activity	66.7 ± 1.1 ³⁾	n.d. ⁴⁾
Antioxidant activity	10.1 ± 1.3	5.6 ± 1.6
SOD-like activity	20.9 ± 2.7	n.d.
XOD inhibitory activity	37.3 ± 3.8	n.d.
Tyrosinase inhibitory activity	27.4 ± 2.8	17.8 ± 2.8
Nitrite scavenging activity	n.d.	n.d.

¹⁾ Extract from shaking at 30 °C for 12 hr.

²⁾ ACE: Angiotensin I-Converting Enzyme, SOD: Superoxide dismutase, XOD: Xanthine oxidase.

³⁾ values are the mean ± SD (n = 3).

⁴⁾ n.d.: not detected.

결과 및 고찰

갈색 느티만가닥버섯의 영양특성

갈색 느티만가닥버섯 자실체의 영양성분과 미네랄 함량을 측정한 결과는 Table 1, 2와 같다. 갈색 느티만가닥버섯은 조단백질 27.3%로 비늘버섯(20.1%), 표고버섯(14.8%), 상황버섯(5.5%)과 영지버섯(10.9%)등 보다 높았고(Yoo *et al.*, 2010), 총 당 55.8%, 조지방 2.7% 와 회분 7.8%를 함유하고 있었다. 또한 나트륨 10.0 mg%, 칼슘 19.3 mg%, 철 9.3 mg% 등을 함유하고 있었다. 포도당은 건조중량 100 g 당 0.5 g을 함유하고 있었고 유리당 중에서는 전화당이 건물 100 g 당 8.6 mg으로 가장 많이 함유하고 있었으며, 유기산 중에서는 사과산이 건물 100 g당 약 11.1 g을 함유하고 있었다.

느티만가닥버섯의 조지방 함량은 비늘버섯(2.5%)과 유사하였으나, 총 당 함량은 다른 버섯들 보다 적었다. 갈색 느티만가닥버섯의 유리당으로 포도당과 전화당 함량은 느타리버섯과 유사하였다. 특히 트레할로스 함량은 느타리버섯과 비슷하였으나, 표고버섯 (4.6 g/100 g dry wt)보다는 약 2배 많이 함유하고 있었다(Yoo *et al.*, 2010).

갈색 느티만가닥버섯의 생리기능성

갈색 느티만가닥버섯의 물과 에탄올 추출물들의 몇 가지 생리기능성을 측정하였다(Table 3).

갈색 느티만가닥버섯의 물 추출물은, 66.7%의 높은 항고혈압성 ACE저해활성을 보였고, 항통풍성 XOD, 미백 관련 Tyrosinase 저해활성은 각각 37.3%, 27.4%을 보였다. 또한 SOD 유사활성은 20.9%를 보였으나, 다른 기능성들은 10%미만이거나 활성이 없었다.

그러나 갈색 느티만가닥버섯의 에탄올 추출물은 생리기능성이 매우 미약하여 tyrosinase 저해활성만이 17.8%를 보였을 뿐 나머지 기능성들은 5% 미만이거나 활성이 없었다. 이와 같이 에탄올 추출물보다 물 추출물에서 생리기능성이 더 우수 한 것으로 보아 갈색 느티만가닥버섯 자실체는 소수성 생리기능성 물질보다 친수성 생리활성 물질을 더 많이 함유하고 있는 것으로 사료된다.

한편, 갈색 느티만가닥버섯의 ACE 저해활성과 XOD 저해활성은 백색 느티만가닥버섯의 ACE 저해활성 60.5%, XOD 저해활성 23.0%(Zanabaatar *et al.*, 2011) 보다 다소 높게 나타나 같은 종이지만 품종에 따라 차이를 보였다. 또한, ACE 저해활성은 왕송이버섯 61.3%, 잎새버섯 61.0%, 신령버섯 58.0% 등 몇 가지 버섯들 보다 높았다 (Lee *et al.* 1997; Lee *et al.*, 2003).

항고혈압성 ACE 저해제의 최적 추출조건

갈색 느티만가닥버섯 추출물들의 생리기능성 중 가장 우수하였던 항고혈압성 ACE 저해제 물질의 최적 추출조건을 추출 온도 30~70 °C, 추출시간 12~18시간 범위에서 조사하였다. 갈색 느티만가닥버섯 자실체를 증류수에 현탁시킨 후 70 °C에서 12시간 추출했을 때 가장 높은 84.4%의 ACE 저해활성을 보였다(Table 4). 그러나 50 °C에서 12시간 추출했을 때도 81.4%을 보여 비록 70 °C, 12 hr 보다 활성은 약 3% 낮았지만, 경제적 생산 측면에서 50 °C, 12 hr으로 추출하는 것이 더 유리할 것으로 사료된다. 한편, 이 결과는 식용 잎새버섯 중의 ACE 저해제

Table 4. Effects of extraction temperature and time for the extraction of ACE inhibitor from *Hypsizygus marmoreus* (brown cultivar)

Extraction temp. (°C)	Extraction time (hr)		
	12	24	48
30	68.8 ± 0.3 ¹⁾	61 ± 0.5	60.1 ± 1.4
50	81.4 ± 0.1	77.3 ± 0.4	78.7 ± 1.1
70	84.4 ± 1.2	83.4 ± 0.4	84.5 ± 0.5

¹⁾values are the mean ± SD (n = 3)

의 최적 추출시간과 유사했으나(Choi *et al.*, 2001), 비늘 버섯 보다는 추출 온도가 높았고 추출시간은 짧았다(Koo *et al.*, 2006).

적 요

갈색 느티만가닥버섯으로부터 새로운 생리기능성 물질을 개발하기 위하여 갈색 느티만가닥버섯 자실체의 영양 특성과 생리기능성을 조사하였다. 갈색 느티만가닥버섯의 자실체에는 조단백질 27.3%, 조지방 2.7%, 탄수화물 55.8%를 함유하고 있었고 유리당 중에서는 전화당이 건조 중량 100 g 당 8.6 mg을, 유기산 중에서는 11,109.3 mg의 사과산을 가장 많이 함유하고 있었다. 갈색 느티만가닥버섯 자실체의 물 추출물과 에탄올 추출물을 제조하여 이들의 생리기능성을 측정된 결과 물 추출물이 66.7%의 항고혈압성 안지오텐신 전환효소 저해 활성(ACE)과 37.3%의 항통풍성 잔틴옥시데이스 저해활성을 보였으나 에탄올 추출물은 대체로 낮은 생리기능성을 보였다. 또한 느티만가닥버섯의 자실체를 증류수에 넣고 70 °C에서 12시간 추출하였을 때 가장 많이(저해활성: 84.4%) 추출되었으나 50 °C 에서 12시간 동안 추출하여 얻은 추출물에서도 높은 ACE 저해활성(81.4%)을 보여 경제적 생산면에서 더 유리 할 것으로 사료된다.

참고문헌

Akavia, E., Beharav, A., Wasser, S. P. and Nevo, E. 2009. Disposal of agro-industrial by-products by organic cultivation of the culinary and medicinal mushroom *Hypsizygus marmoreus*. *Waste Manag.* 29:1622-1627.

Cushman, D., W. and Cheong H. S. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20:1637-1648.

Choi, H. S., Cho, H. Y., Yang, H. C., Ra, K. S. and Suh, H. J. 2001. Angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Grifola frondosa*. *Food Res. Int.* 34:177-182.

Hyun, K. W., Jeong, S. C., Lee, D. H., Park, J. S., and Lee, J. S. 2006. Isolation and characterization of a novel platelet aggregation inhibitory peptide from the medicinal mushroom, *Inonotus obliquus*. *Peptides* 27: 1173-1178.

Ikekawa, T. 1995. Bunashimeji, *Hypsizygus marmoreus* antitumor activity of extracts and polysaccharides. *Food Rev. Int.* 11(1):207-209.

Jang, J. H., Jeong, S. C., Lee, J. H., Ju, Y. C. and Lee, J. S. 2011. Characterization of a new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from *Pleurotus cornucopiae*. *Food Chem.* 127:412-418.

Jeong, S. C., Lee, D. H. and Lee, J. S. 2006. Production and characterization of an anti-angiogenic agent from *Saccharomyces cerevisiae* K-7. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16(12):1904-1911.

Kato, H., Lee, I. E., Chuyen, N. V., Kim, S. B. and Hayas, F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.* 51:1333-1338.

Kang, M. G., Zanabaatar, B., Lee, J. S., Seo, G. S. and Lee, J. S. 2011. Antihypertensive activity and anti-gout activity of mushroom *Sarcodon aspratus*. *Kor. J. Mycol.* 39:53-56.

Kim, J. K., Cha, W. S., Park, J. H., Oh, S. L., Cho, Y. J., Chun, S. S. and Choi, C. 1997. Inhibition effect against tyrosinase of condensed tannins from Korean green tea. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 29:173-7.

Koo, K. C., Lee, D. H., Kim, J. H., Yu, H. E., Park, J. S. and Lee, J. S. 2006. Production and characterization of antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Pholiota adiposa*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16:757-763.

Lee, J. S., Yi, S. H., Kwon, S. J., Ahn, C. and Yoo, J. Y. 1997. Enzyme activities and physiological functionality of yeasts from traditional Meju. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25:448-453.

Lee, S. E., Seong, N. S., Bang, J. K., Kang, S. W., Lee, S. W. and Chung, T. Y. 2003. Inhibitory effect against angiotensin converting enzyme and antioxidant activity of *Panax ginseng* C.A. Meyer extracts. *Kor. J. Med. Crop. Sci.* 11:236-245.

Lee, D. H., Kim, J. H., Park, J. S., Yoo, C. H. and Lee, J. S. 2004. Isolation and characterization of a novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide derived from the edible mushroom *Tricholoma giganteum*. *Peptide.* 25:621-627.

Lee, J. S., Min, G. H. and Lee, J. S. 2009. Nutritional and physicochemical characteristics of the antimentia acetylcholinesterase inhibiting methanol extracts from *Umbilicaria esculenta*. *Mycobiol.* 37:203-206.

Lee, J. K., Song, J. H. and Lee, J. S. 2010. Purification of anti-obesity lipase inhibitor from the fruiting body of *Phellinus Lin-teus*. *Kor. J. Mycol.* 38:57-61.

Lee, E. J., Oh, D. G., Kim, S. M., Park, E. S. and We, S. G. 2010. Ash reduction and the change of fuel properties for spent mushroom substrates by acid solution extraction. *Kor. Chem. Eng. Res.* 48: 363-74.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J. and Rindall, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 256-260.

Matsuzawa, T., Sano, M., Tomita I., Saitoh, J. and Ikekawa, T. 1997. Studies on the antioxidant effect of *Hypsizygus marmoreus*. I. Effects of *Hypsizygus marmoreus* for antioxidant activities of mice plasma. *Yakugaku Zasshi* 188:623-628.

Matsuzawa, T., Saitoh, H., Sano, M., Tomita I., Ohkawa, M. and Ikekawa, T. 1998. Studies on antioxidant effect of *Hypsizygus marmoreus*. II. Effects of *Hypsizygus marmoreus* for antioxidant activities of tumor-bearing mice. *Yakugaku Zasshi* 188:476-481.

Mori, K., Kobayashi, C., Tomita, T., Inatomi, S. and Ikeda, M. 2008. Antiatherosclerotic effect of the edible mushroom *Pleuro-*

- rotus eryngii*, *Grifola frondosa*, and *Hypsizygus marmoreus* in apolipoprotein E-deficient mice. *Nutr. Res.* 28:335-42.
- Noro, T., Oda, Y., Miyase, T., Ueno, A. and Fukushima, S. 1983. Inhibitors of xanthine oxidase from the flowers and buds of *Daphne genkwa*. *Chem. Pharm. Bull* (Tokyo) 31:3984-7.
- Ohashi, H. 2010. Trends of mushroom production and marketing. In: "Annual report of mushroom 2010" (ed. by Ohashi, H.). p. 18. Plant's world Co., Ltd. Tokyo, Japan.
- Prodolliet, J., Bruehlhart, M., Lador, F., Martinez, C. and Obert, L. 1995. Determination of free and total carbohydrate profile insoluble coffee. *J. AOAC International* 78(3):749-761.
- Seo, D. S., Lee, E. N., Seo, G. S. and Lee, J. S. 2008. Screening and optimal extraction condition of a new antimentia β -Secretase inhibitor containing mushroom. *Mycobiol.* 36:195-197.
- Yoo, Y. B., Ku, C. D., Kim, S. H., Seo, G. S., Shin, H. D., Lee, J. W., Lee, C. S. and Jang, H. W. 2010. Mushroom Science, Jayeongwa Saram. Pub. pp. 45-55.
- Yu, H. E., Lee, D. H., Seo, G. S., Cho, S. M. and Lee, J. S. 2007. Characterization of a novel β -hydroxy- β -methyl glutatyl cobenzyme a reductase-inhibitor from the mushroom, *Pholiota adiposa*. *Biotechnol. Bioproc. Engine.* 12:618-624.
- Zanabaatar, B., Kim, M. K., Seo, G. S., Lee, Y. W. and Lee, J. S. 2011. Screening and physiological functionality of *Hypsizygus marmoreus* (white cultivar) fruiting body. *Kor. J. Mycol.* 39:185-188.
- Zanabaatar, B., Song, J. H., Seo, G. S., Noh, H. J., Yoo, Y. B. and Lee, J. S. 2010. Screening of anti-gout xanthine oxidase inhibitor from mushrooms. *Kor. J. Mycol.* 38:85-87.