

새송이 버섯과 그 부산물의 항산화성

조현소 · 이현지 · 이수정 · 신정혜¹ · 이현욱² · 성낙주*

경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원, ¹경남도립남해대학 호텔조리제빵과, ²(주)머쉬토피아 부설 버섯연구소

Received April 15, 2008 / Accepted October 22, 2008

Antioxidative Effects of *Pleurotus eryngii* and Its By-products. Hyun-So Cho, Hyun-Ji Lee, Soo-Jung Lee, Jung-Hye Shin¹, Hyun-Uk Lee² and Nak-Ju Sung*. Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea, ¹Dept. of Hotel Culinary Arts & Bakery, Gyeongnam Provincial Namhae College, Namhae 668-801, Korea, ²Mushroom Research Institute, Mushutopia Co. Ltd., 542 Seolmae, Daegok, Jinju, 660-112, Korea - Physicochemical characteristics and antioxidative activity were measured to investigate the possibility for functional characteristics of *Pleurotus eryngii* and its by-products. By-products of *Pleurotus eryngii* were classified with mushroom, fungal body and fermented mushroom by-product. Moisture was the highest in fermented mushroom by-product and crude protein was 1.72%, in mushroom. Crude fiber content was less than 10% except the fungal body by-product. Mineral content appeared to be the highest in the fermented mushroom with a value of 3,696.1 mg/100 g, and potassium was a predominant mineral in *Pleurotus eryngii* as well as its by-products. Amino acid content was the highest in mushroom with a level of 989.59 mg/100 g. DPPH radical scavenging ability of the fermented mushroom was the highest, and its methanol extract and water extract exhibited 64.07±0.23% and 76.27±1.46% of scavenging activity at a concentration of 10 mg/ml. Reducing power was significantly higher in the fermented mushroom in comparison with those of the mushroom, mushroom by-product, and fungal body by-product. The reducing power of the water extract of fermented mushroom was the highest with a value of 2.22±0.03. SOD-like activities for the individual samples except the fungal body by-product were higher than 50% at a concentration of 10 mg/ml. The hydroxyl radical scavenging abilities of the individual samples except the fungal body by-product were over 50%. Nitrite scavenging effects were better in pH 2.5 than in pH 4.0. While the nitrite scavenging effects of methanol extracts were 42.93±1.71~72.97±2.18%, those of the water extracts were 57.66±1.80~81.07±0.81%. Antioxidative activity of the fermented mushroom appeared to be the highest among the mushroom by-products. Taken together, these results provide an insight into utilization of the mushroom by-products as materials for functional foods and animal feed.

Key words : *Pleurotus eryngii*, by-products, antioxidative activity, nitrite scavenging effect

서 론

건강에 대한 국민의 관심이 증대됨에 따라 자연식품, 저칼로리식품 또는 유기농식품을 선호하려는 경향이 높아지고 있는데, 이러한 욕구를 충족시켜 주는 식품 중의 하나로 버섯류를 들 수 있다[19]. 버섯류는 심장병, 뇌졸중 및 암 등의 성인병을 예방하거나 개선한다고 보고[23]되어져 있어 그 생산량과 소비량도 증가 추세에 있는데, 국내에서 재배되고 있는 버섯은 느타리버섯, 새송이버섯, 팽이버섯, 양송이 순으로 이들 4종의 버섯이 농산버섯의 91%를 차지하고 있고, 전체 생산량은 2005년을 기준으로 1,361 ha에서 163천톤 정도이다[7].

새송이 버섯(*Pleurotus eryngii*)은 담자균류에 속하며 건강식품으로서 기능 뿐만아니라 육질이 단단하여 씹힘성이 좋고, 특유의 향과 맛이 우수한 식재료로서 소비자들이 선호하

고 있는 버섯이다[15,29]. 또한 단백질, 비타민 및 무기질이 풍부하고 수분함량이 낮아 저장성이 우수하며[10], 당뇨병에서 혈당 및 혈중 콜레스테롤을 저하시키며[14], 대장암 세포 증식억제 및 세포사멸에 효과적이라는 연구 보고[11] 등 다양한 생리활성의 규명으로 새송이 버섯의 소비는 2003년 13천톤이던 것이 2006년에는 46천톤으로 약 3.5배 이상 급증하는 추세를 보이고 있다[7]. 한편 새송이 버섯의 생산량 증대로 버섯파치와 폐배지 등 부산물의 증가도 많아지고 있는데, 버섯 폐배지의 생성량은 배지 원료와 배합비 및 재배방식에 따라 그 형태가 다양하며, 원료 투입량에 대해 팽이 버섯은 1.5배, 느타리 버섯 및 새송이 버섯은 약 1.9배 가량 발생되며, 병재배 새송이 버섯은 버섯 생산량의 약 6.5% 정도의 폐배지가 발생된다[21]. Williams 등[28]은 버섯 재배과정에서 약 20%의 영양분이 버섯에 이용되고, 나머지 80%는 폐배지에 남는다고 보고한 바 있어 버섯 배지의 구성 물질로 볼 때 사료로써 이용 가치가 충분하다고 여겨진다. 더욱이 우리나라에서 생산되는 버섯 부산물인 폐배지는 조희분의 함량이

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-5975, Fax : +82-55-751-5971

E-mail : snakju@gsnu.ac.kr

10% 정도로 낮아 반추동물의 사료로 가치가 인정되고 있다 [3].

따라서 본 연구에서는 이들 부산물을 효율적으로 이용할 수 있는 방안을 모색코자 새송이 버섯, 버섯파치, 균체파치 및 버섯파치 발효액을 이용하여 이화학적 특성 및 항산화 활성에 미치는 영향을 검토함으로써 새송이 버섯과 그 부산물의 기능성을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 추출물의 제조

새송이 버섯(*Pleurotus eryngii*) 및 그 부산물은 경남 진주시 (주)머쉬토피아에서 기증받아 사용하였다. 새송이 버섯(T1)은 표준재배법인 톱밥을 이용한 병(850 cm³, 65φ, PP병) 재배방식으로 온도 22±0.5°C, 상대습도 67±1%, CO₂ 농도 1,500±500 ppm으로 조정된 압조건의 크린룸형 배양실에서 35일간 재배된 것을 채취하였고, 부산물인 버섯파치(T2)와 균체파치(T3)는 채취된 새송이 버섯으로부터 각각 분리하였다. 새송이 버섯파치 발효액(T4)은 버섯파치와 물을 2:1(v/v)로 혼합하여 분쇄한 후, 총량에 대해 10%가 되도록 sucrose를 첨가하고 *Bacillus subtilis* sp. BL-2, *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23 및 *Lactobacillus plantarum* KCTC 3108을 차례로 접종한 후 발효시켜 제조한 것을 사용하였다.

시료의 추출은 새송이 버섯, 버섯파치, 균체파치 및 새송이 버섯파치 발효액에 시료 중량에 대하여 20배의 메탄올과 물을 각각 가하여 80°C에서 5시간 동안 환류 냉각하면서 3회 반복 추출하였으며, 이를 진공증발 농축기로 감압·농축하여 완전 건조된 것을 -40°C의 냉동고에 보관해 두고 실험 직전에 일정 농도로 희석하여 항산화 실험에 사용하였다.

일반성분 및 pH 측정

일반성분은 AOAC법[2]에 따라 실시하였으며, 수분은 105°C 상압가열 건조법, 회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 soxhlet 추출법 및 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로 정량하였다. 총당은 phenol-H₂SO₄법[5]으로 측정하였으며, 조섬유는 1.25% H₂SO₄법 및 NaOH 분해법[1], pH는 시료 10 g에 증류수를 가하여 균질화한 후 최종 부피를 100 ml로 조정 후 여과하여 pH-meter (Model 720, Thermo Orion, USA)로 측정하였다.

무기질 정량

무기질의 정량은 Chung 등[6]의 방법을 응용하여 분해용 플라스크에 시료 1 g 및 진한 황산과 질산을 차례로 10 mL씩 가한 다음 hot plate상에서 무색으로 변할 때까지 분해한 후, 100 mL로 정용한 후 여과(Whatman No. 6)하여 Inductively Coupled Plasma (ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co.,

USA)로 분석하였다. 이때, RF generator는 27.12 MHz, RF power는 1300 W, Plasma argon 15 l/min, auxiliary argon flow rate 0.5 l/min, nebulizer argon flow rate 0.8 l/min, sample up take는 1.5 ml/min으로 하였다.

구성 아미노산 정량

구성아미노산은 시료 5 g에 6 N-HCl 3 mL를 가하고 질소 가스를 7분간 충전시킨 후 110±1°C의 heating block에서 24 시간 가수분해한 다음 여과(Whatman No. 6)하여 회전식 진공증발기로 감압·농축하였다. 이것을 pH 2.2 구연산 완충액으로 총 부피를 10 ml로 만든 다음, membrane filter (0.2 μm) 및 sep-pak C₁₈ cartridges에 차례로 통과시킨 다음 아미노산 자동 분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Japan)로써 분석하였다. 이때 칼럼은 high resolution 칼럼을 사용하였고 칼럼 온도는 47°C, 파장은 570 nm에서 측정하였다.

전자공여능 측정

전자공여능은 Blois[4]의 방법을 변형하여 측정하였다. 농도별로 조제된 추출물 1 ml에 1×10⁻⁴M DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)용액 3 mL를 가하여 10초간 진탕한 다음 실온에서 30분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

환원력 측정

Oyaizu [26]의 방법에 따라 추출물 1 ml에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6) 및 potassium ferricyanide를 동량으로 혼합한 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% trichloroacetic acid (TCA)를 가하여 5,000 rpm에서 10분간 원심분리시켜 상층액을 얻었다. 상층액 1 ml에 증류수 및 1% ferric chloride를 각각 1 ml 씩 혼합하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

Superoxide sidmutase (SOD) 유사활성 측정

Marklund와 Marklund [24]의 방법에 따라 추출물 0.2 mL에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 3 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 가하여 25°C에서 10분간 방치한 다음 1 N HCl 1 ml로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, SOD 유사활성은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

Hydroxyl radical 소거능 측정

Gutteridge[8]와 Nam과 Kang [25]의 방법에 따라 시험관에 1 mM FeSO₄/EDTA 용액, 추출물을 각 0.2 ml 씩 가하고 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) 1.2 ml와 10 mM H₂O₂를 가하여 37°C 수욕상에서 1시간 반응시켰다. 여기에 2.8%

TCA 용액 1 ml를 가하여 반응을 정지시키고 1% TBA (thiobarbituric acid)용액 1 ml를 가하여 다시 100°C의 수욕 상에서 10분간 가열시킨 후 급냉하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 hydroxyl radical 소거능은 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\bullet\text{OH 소거능}(\%) = 1 - (\text{As} - \text{Ao}) / (\text{Ac} - \text{Ao}) \times 100$$

As와 Ac: 각각 시료를 첨가한 실험구와 대조구의 흡광도
Ao: 37°C에서의 반응이 생략된 시약 혼합액의 흡광도

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능 측정은 Kim 등[16]의 방법에 따라 1 mM 아질산염나트륨 용액 1 ml에 추출물 1 ml를 가하고, 0.1 N HCl 및 0.2 M citrate buffer로 반응용액을 pH 2.5 및 4.0으로 조정된 다음 반응용액의 총 부피를 10 ml로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 ml 씩 취하여 2% 초산용액 3 ml, Griess 시약(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 ml를 차례로 가하여 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 동량의 증류수를 가하였으며, 아질산염 소거능은 시료의 첨가 전·후에 잔존하는 아질산염의 백분율로써 나타내었다.

통계 처리

실험 결과는 3회 반복 측정 후 평균±표준편차로 나타내었으며, SPSS 12.0을 이용하여 각 시료군 간의 유의성을 검증한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

일반 성분

새송이 버섯(T1)과 버섯 재배 후 부산물인 버섯파치(T2), 균체파치(T3) 및 새송이 버섯파치 발효액(T4)의 일반성분을 분

석한 결과는 Table 1과 같다. 새송이 버섯의 수분은 발효액에서 89.37±0.42%로 가장 높았고 새송이 버섯은 86.10±0.20%였으며, 파치는 80% 미만이었다. 조단백질 함량은 새송이 버섯에서 1.72±0.03%로 가장 높았고 다음으로 버섯파치로부터 발효 제조된 발효액에서 1.33±0.02%였다. 조지방은 새송이 버섯 및 그 부산물에서 모두 0.5% 미만이었다. 회분은 새송이 버섯에서 0.63±0.02% 정도 였는데, 부산물의 경우 1.64~1.85%의 범위로 새송이 버섯에 비해 약 3배가량 높았다. 총당은 새송이 버섯과 발효액에서 각각 6.14±0.06%, 5.33±0.12%로 버섯파치(15.13±0.21%)와 균체파치(18.23±0.15%)에 비해 유의적으로 낮은 함량이었다. 조섬유는 균체파치에서 11.93±0.23%로 가장 높았으며, 발효액의 경우 4.20±0.20%로 가장 낮은 함량이었다. pH는 새송이 버섯과 파치에서 7.10±0.10~7.43±0.12의 범위로 중성이었으나, 발효액은 6.4±0.20으로 약산성을 띄었는데, 이는 미생물 발효에 기인된 것으로 판단된다.

Hong 등[10]은 새송이 버섯의 조단백질이 1.5% 정도, 회분은 0.7%, 수분은 87.8%라고 보고하였는데, 본 실험결과는 이와 유사하였다. Kim 등[17]은 새송이 버섯의 부위별 성분분석을 한 결과 조지방의 함량이 0.23~0.39%의 범위로 가장 낮았고, 회분은 0.76%로 본 실험결과와 비슷한 함량이었으나, 조단백질(3.48%), 조섬유(54.10%)의 함량은 본 연구와 약간 차이를 보였는데, 이는 새송이 버섯 재배조건의 차이 또는 버섯의 부위에 따른 차이[12]라고 생각된다.

무기질 함량

새송이 버섯 및 그 부산물의 무기질 함량을 비교한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 총 10종의 무기질이 검출되었다. 무기질의 총 함량은 3,696.1 mg/100 g으로 발효액에서 가장 높았고, 다음으로 새송이 버섯(2,252.8 mg/100 g), 균체파치(1,499.5 mg/100 g), 버섯파치(991.3 mg/100 g)의 순이었으며, 모든 시료에서 무기질의 조성은 K>P>Na>Mg>Ca의 순으로 높게 나타났다.

Table 1. Proximate composition and pH of *Pleurotus eryngii* and its by-products

Sample code ¹⁾	T1	T2	T3	T4
Moisture (%)	86.10±0.20 ^{2)c}	73.20±0.30 ^b	64.60±0.30 ^a	89.37±0.42 ^d
Crude protein (%)	1.72±0.03 ^c	0.84±0.02 ^a	0.82±0.02 ^a	1.33±0.02 ^b
Crude lipid (%)	0.31±0.01 ^a	0.32±0.02 ^a	0.43±0.02 ^b	0.31±0.02 ^a
Ash (%)	0.63±0.02 ^a	1.64±0.02 ^b	1.85±0.04 ^d	1.73±0.03 ^c
Total sugar (%)	6.14±0.06 ^b	15.13±0.21 ^c	18.23±0.15 ^d	5.33±0.12 ^a
Crude fiber (%)	5.30±0.10 ^b	9.43±0.25 ^c	11.93±0.23 ^d	4.20±0.20 ^a
pH	7.10±0.10 ^b	7.43±0.12 ^c	7.43±0.06 ^d	6.40±0.20 ^a

¹⁾T1; mushroom(*Pleurotus eryngii*) T2; mushroom by-product, T3; fungal body by-product, T4; fermented mushroom by-product

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-d}Means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05.

Table 2. Mineral contents of *Pleurotus eryngii* and its by-products

(mg/100 g)

Minerals	Sample code ¹⁾	T1	T2	T3	T4
K		989.5±3.3 ²⁾	445.2±0.2	677.9±0.2	1,969.1±2.2
Ca		45.2±1.2	19.5±0.3	26.6±0.1	109.5±3.2
Mg		158.4±0.3	21.6±0.1	54.4±0.1	246.4±1.0
Na		239.9±0.3	39.9±0.1	69.6±0.1	431.3±1.1
Mn		18.6±0.1	1.4±0.0	1.2±0.2	24.4±0.1
Fe		29.8±0.1	3.9±0.1	10.8±0.1	45.9±0.1
Zn		6.8±0.1	1.9±0.0	1.7±0.2	12.8±0.1
Cu		5.4±0.0	1.3±0.1	1.5±0.1	8.1±0.0
Al		4.4±0.1	4.4±0.0	0.2±0.1	9.6±0.1
P		755.0±2.3	452.2±0.1	655.6±0.0	898.0±0.4
Total		2,252.8	991.3	1,499.5	3,696.1

¹⁾Refer to the comment in Table 1²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

새송이 버섯의 무기질 중 칼륨 함량은 건물량 기준으로 289 mg/100 g 정도로 가장 높았으며[10], 새송이 버섯 전체, 균병, 갓 부위의 무기질 함량은 갓 부위에서 가장 높고, 특히 칼륨은 2,000~3,000 mg/100 g이었다고 보고[17]되어 있다. 특히 새송이 버섯파치는 발효과정을 통해 총 무기질 함량이 3.73배 정도 증가되었는데, 그 중 Mg, Na, Mn 및 Fe는 10~17배 정도, K 및 Ca은 4~5배 정도 증가되었다. 따라서 무기질의 함량이 낮은 새송이 버섯파치를 이용하여 발효액의 제조 시 무기질의 조성에 뚜렷한 변화를 보여 향후 기능성 물질로의 이용 가능성이 예상된다.

아미노산 함량

새송이 버섯 및 그 부산물의 아미노산을 분석한 결과 그 조성의 함량은 Table 3과 같다. 총 17종의 아미노산이 검출되었는데, 새송이 버섯에서 989.59 mg/100 g으로 가장 높았으며, 발효액은 848.47 mg/100 g, 균체파치는 620.15 mg/100 g, 버섯파치는 396.87 mg/100 g으로 정량되었다. 검출된 아미노산 중 glutamic acid의 함량이 가장 높았는데, 발효액은 142.94±11.03 mg/100 g, 새송이 버섯은 105.24±4.68 mg/100 g이었다. 양송이, 느타리 및 표고 버섯의 아미노산 분석에 관한 연구[9]에서 총 18종의 아미노산이 동정되었는데, 함

Table 3. Composition amino acid contents of *Pleurotus eryngii* and its by-products

(mg/100 g)

Amino acid	Sample code ¹⁾	T1	T2	T3	T4
Aspartic acid		75.77±0.98 ²⁾	34.19±2.69	47.47±2.12	68.37±3.58
Threonine		46.46±0.66	20.99±1.76	29.13±1.76	35.22±3.26
Serine		55.08±1.71	24.84±1.54	34.50±1.69	54.32±5.03
Glutamic acid		105.24±4.68	47.43±2.46	65.89±3.12	142.94±11.03
Proline		31.14±0.79	14.05±0.94	19.51±0.99	22.36±2.68
Glycine		54.62±0.39	24.68±2.09	34.24±1.95	34.73±3.29
Alanine		54.51±1.74	24.63±2.26	34.17±1.88	41.56±1.18
Cystine		34.23±2.59	15.53±1.80	21.51±2.41	29.97±4.27
Valine		13.99±1.86	6.29±0.62	8.75±0.91	10.25±1.42
Methionine		52.39±1.45	23.62±1.44	32.81±1.34	41.17±4.40
Isoleucine		56.17±2.44	25.30±1.70	35.15±1.08	35.48±2.78
Leucine		25.84±1.29	11.69±1.28	16.20±1.19	20.10±0.58
Tyrosine		98.13±1.76	24.36±4.18	61.53±3.98	74.46±5.34
Phenylalanine		82.73±4.99	37.19±1.29	51.72±0.98	80.58±8.83
Histidine		76.68±2.26	24.65±3.39	48.07±2.99	59.37±2.25
Lysine		52.52±4.94	13.86±3.05	33.04±4.21	51.34±7.46
Arginine		74.05±5.06	23.53±4.22	46.47±2.47	46.23±3.26
Total		989.59	396.87	620.15	848.47

¹⁾Refer to the comment in Table 1²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

량은 53.37~120.15 mg/g (dry base)였으며, 새송이 버섯과 같은 과(科)에 속하는 느타리 버섯의 경우 glutamic acid의 함량이 가장 높은 것으로 보고되어 있다.

새송이 버섯과치 발효액은 버섯에 비해 아미노산의 총량은 낮았으나, glutamic acid의 경우 버섯에 비해 약 35.8% 정도 높은 함량이었다. 또한 버섯과치와 비교해 볼 때 발효액의 아미노산 총량은 약 2.1배 정도 높아 새송이 버섯과치로부터 발효액의 제조는 폐기되는 부산물로부터 새송이 버섯과 유사한 수준의 아미노산을 획득할 수 있을 것으로 판단된다.

전자공여능

Table 4는 새송이 버섯과 그 부산물을 메탄올 및 물로 추출하여 DPPH에 의한 전자공여능을 측정된 결과이다. 전자공여능은 시료의 첨가농도가 많아짐에 따라 유의적으로 증가하였고, 발효액에서 가장 우수하였으며, 균체과치의 경우가 가장 낮았다. 균체과치의 전자공여능은 추출용매에 따른 유의차가 없었으나, 그 외 시료에서는 메탄올추출물보다 물추출물에서 유의적으로 높았다. 특히 10 mg/ml 첨가 시, 메탄올추출물에서는 새송이 버섯과 발효액에서, 물추출물의 경우에는 균체과치를 제외한 시료 모두에서 50% 이상의 전자공여능이 관찰되었다.

Kim 등[17]은 부위별 새송이 버섯의 추출용매에 따른 추출물의 전자공여능을 비교한 결과 갓 부위에서 가장 높았으며, 물추출물이 80% 에탄올추출물보다 효과적이었다고 보고하였다. 반면에 새송이 버섯 물추출물과 50% 및 100% 에탄올추출물을 비교한 연구에서는 50% 에탄올추출물의 전자공여능이 가장 우수하였으며, 물과 100% 에탄올추출물의 효과는 유의차가 없는 것으로 보고[18]되어 있어 새송이 버섯의 항산화 효력에 영향을 주는 물질이 수용성인 것으로 추정된다.

환원력

새송이 버섯과 그 부산물인 버섯과치, 균체과치 및 새송이 버섯과치 발효액의 메탄올과 물추출물을 이용하여 환원력을 비교한 결과 Table 5와 같다. 시료의 첨가농도가 많아질수록

Table 4. DPPH radical scavenging ability of methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products Scavenging ability (%)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	9.10±0.26 ^{2)cA}	15.77±0.96 ^{2)cB}	34.30±0.90 ^{2)cC}	56.06±0.23 ^{2)cD}
	T2	3.03±0.21 ^{2)bA}	8.87±0.15 ^{2)bB}	22.77±0.65 ^{2)bC}	40.47±1.42 ^{2)bD}
	T3	1.40±0.10 ^{2)aA}	5.20±0.36 ^{2)aB}	13.33±0.51 ^{2)aC}	21.50±0.95 ^{2)aD}
	T4	15.10±0.56 ^{2)dA}	30.33±0.65 ^{2)dB}	48.17±0.91 ^{2)dC}	64.07±0.23 ^{2)dD}
Water	T1	20.40±1.87 ^{2)eA}	22.43±0.86 ^{2)dA}	37.73±0.90 ^{2)dB}	65.07±0.98 ^{2)dC}
	T2	21.47±0.81 ^{2)eA}	33.37±0.38 ^{2)fb}	40.50±1.48 ^{2)cC}	53.03±1.76 ^{2)bD}
	T3	1.43±0.21 ^{2)aA}	5.27±0.21 ^{2)aB}	13.37±0.72 ^{2)aC}	21.53±1.05 ^{2)aD}
	T4	33.47±1.05 ^{2)fA}	39.70±1.86 ^{2)gB}	50.73±1.99 ^{2)gC}	76.27±1.46 ^{2)gD}

¹⁾Refer to the comment in Table 1

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-g}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p*<0.05.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at *p*<0.05.

Table 5. Reducing power of methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products (O.D.; 700 nm)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	0.26±0.08 ^{2)bA}	0.56±0.03 ^{2)cB}	0.80±0.10 ^{2)dC}	1.44±0.22 ^{2)eD}
	T2	0.11±0.03 ^{2)aA}	0.19±0.02 ^{2)ab}	0.39±0.02 ^{2)aC}	0.68±0.04 ^{2)aD}
	T3	0.10±0.04 ^{2)aA}	0.22±0.03 ^{2)abb}	0.41±0.03 ^{2)aC}	0.69±0.04 ^{2)ad}
	T4	0.31±0.07 ^{2)bcA}	0.70±0.03 ^{2)dB}	1.19±0.04 ^{2)dC}	1.99±0.10 ^{2)dD}
Water	T1	0.29±0.02 ^{2)bcA}	0.57±0.07 ^{2)B}	0.92±0.05 ^{2)cC}	1.57±0.07 ^{2)dD}
	T2	0.12±0.04 ^{2)aA}	0.21±0.02 ^{2)abB}	0.43±0.02 ^{2)aC}	0.89±0.02 ^{2)bD}
	T3	0.12±0.01 ^{2)aA}	0.28±0.03 ^{2)abb}	0.43±0.04 ^{2)aC}	0.75±0.04 ^{2)abD}
	T4	0.36±0.02 ^{2)cA}	0.78±0.06 ^{2)eB}	1.33±0.10 ^{2)eC}	2.22±0.03 ^{2)eD}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-e}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p*<0.05.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at *p*<0.05.

환원력은 증가하는 경향이었으며, 각 추출물에서 발효액의 환원력이 새송이 버섯 및 파치에 비해 유의적으로 높았으며, 특히 10 mg/ml 첨가 시 물추출물에서 2.22±0.03으로 가장 우수하였으며, 메탄올추출물에서는 1.99±0.10으로 추출 용매 간에도 유의적인 차이가 있었다. 반면에 버섯파치와 균체파치 간에는 시료의 첨가농도 및 추출용매의 차이에 따른 유의차가 없었다.

버섯 자실체 추출물 내에 존재하는 flavonoids 및 기타 phenol성 물질은 radical의 소거능을 지니며 산화적인 생물활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 효과를 나타내며, 이러한 물질이 새송이 버섯에 존재한다고 보고되어 있는데[13], 본 실험에서 새송이 버섯의 환원력도 이와 같은 기능성 물질에 의한 것으로 사료된다. 본 실험 결과 버섯파치의 환원력은 새송이 버섯보다 유의적으로 낮았으나, 이를 발효시킨 발효액의 환원력은 새송이 버섯에 비해 유의적으로 더 높아 발효과정을 거치는 동안 환원력 증강에 기여하는 물질이 더 증가된 것으로 추정된다.

Superoxide dismutase (SOD) 유사활성

새송이 버섯과 그 부산물의 메탄올 및 물추출물의 SOD 유사활성을 측정한 결과 Table 6과 같이 시료의 첨가농도가 높아질수록 활성이 증가하는 경향이였다. SOD 유사활성은 환원력과 비슷한 경향으로 발효액에서 활성이 가장 높았고, 다음으로 새송이 버섯, 버섯파치, 균체파치의 순이였다. 발효액의 경우 2.5 mg/ml 첨가 시 50% 이상의 활성이 있었으며, 추출 용매에 따른 유의차는 적었다. 새송이 버섯은 메탄올추출물의 경우 10 mg/mL 첨가시, 물추출물의 경우에는 5 mg/ml 첨가 시 50% 이상의 활성이 인정되었으며, 물추출물에서 유의적으로 활성이 높았다.

새송이 버섯 갓 부위의 SOD 유사활성은 시료 중의 총 페놀 함량에 비례적이었으며[17], 새송이 버섯 갓 부위의 물,

50% 및 100% 에탄올추출물의 SOD 유사활성은 각각 62.57%, 33.35%, 21.33%로 물추출물의 활성이 가장 높은 것으로 보고되어져 있다[18]. 또한 식물체의 경우 물추출물은 에탄올추출물보다 항산화 활성의 효과가 크다고 한 연구결과[20]는 본 실험과 잘 일치한 결과였다.

Hydroxyl radical 소거능

새송이 버섯과 그 부산물의 메탄올과 물추출물의 hydroxyl radical 소거능은 Table 7에 나타난 바와 같이 균체파치 메탄올추출물만 1~5 mg/ml 첨가구에서 50% 미만의 소거능을 보였으나, 시료 첨가량의 증가에 따라서는 유의적이였다. Hydroxyl radical 소거능도 발효액에서 가장 높았는데, 메탄올추출물보다 물추출물에서 소거능이 유의적으로 높았으며, 시료의 첨가농도에 따라서는 10 mg/ml 첨가 시 유의적인 차이가 있었으나, 10 mg/ml 미만의 농도에서는 유의차가 적었다. 또 버섯파치와 비교해 볼 때 발효액의 hydroxyl radical 소거능은 유의적으로 증가됨을 알 수 있었다. 새송이 버섯은 메탄올추출물에서 53.73±2.00~60.50±0.89%의 소거능이 있었는데, 물추출물에서는 1 mg/ml 첨가 시 65% 이상의 소거능을 보여 새송이 버섯의 hydroxyl radical 소거능이 물추출물에서 월등히 뛰어났다. 느타리 버섯의 자실체와 균사체의 에탄올추출물은 유지 기질에서 항산화능이 우수하며 주된 항산화 물질은 열안정성을 지니며, 페놀 이외의 물질도 관여하는 것으로 추정된 바 있다[12]. Liu 등[22]도 버섯 다당류 추출물의 free radical 소거활성을 측정한 결과 구름버섯 균사체에서 54.1%의 hydroxyl radical 소거능이 있다고 하였다.

아질산염 소거능

새송이 버섯 및 부산물의 아질산염 소거능을 pH 2.5 및 4.0의 반응 조건에서 측정하였다. pH 2.5의 반응 조건에서 (Table 8) 아질산염 소거능은 시료의 농도가 많아질수록 증

Table 6. SOD-like activity of methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products Scavenging ability (%)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	25.37±0.74 ^{2)dA}	36.13±2.77 ^{dB}	46.10±1.22 ^{cC}	55.50±3.65 ^{cdD}
	T2	19.53±2.12 ^{cA}	29.00±2.20 ^{cB}	43.37±2.76 ^{cC}	50.57±1.27 ^{cdD}
	T3	7.90±0.17 ^{aA}	14.90±1.11 ^{aB}	30.13±2.34 ^{aC}	37.53±2.94 ^{aD}
	T4	45.07±1.80 ^{fA}	51.77±3.61 ^{fB}	55.10±2.81 ^{efB}	60.43±2.61 ^{deC}
Water	T1	28.93±3.06 ^{eA}	43.27±2.10 ^{eB}	53.27±2.85 ^{deC}	60.37±2.12 ^{deD}
	T2	22.27±1.29 ^{cA}	36.20±2.09 ^{dB}	50.50±2.78 ^{cdC}	54.47±2.48 ^{cC}
	T3	13.40±0.98 ^{bA}	22.03±0.81 ^{bB}	37.23±1.90 ^{bC}	44.73±2.92 ^{bD}
	T4	49.37±2.14 ^{gA}	53.10±2.86 ^{fAB}	58.07±1.86 ^{fB}	65.23±3.70 ^{eC}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-g}Means with different superscripts in the same column are significantly different at *p*<0.05.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at *p*<0.05.

Table 7. The scavenging of hydroxyl radical in methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products Scavenging ability (%)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	53.73±2.00 ^{2)ba}	55.63±1.86 ^{baB}	57.73±1.01 ^{bBC}	60.50±0.89 ^{bC}
	T2	59.27±1.07 ^{ca}	52.83±2.91 ^{baB}	56.40±1.04 ^{bb}	58.40±2.31 ^{bb}
	T3	36.50±1.30 ^{aa}	40.73±2.04 ^{ab}	47.27±1.97 ^{aC}	51.26±0.91 ^{aD}
	T4	62.30±1.92 ^{da}	64.30±0.79 ^{ca}	65.70±3.09 ^{da}	70.27±0.81 ^{db}
Water	T1	66.00±1.51 ^{ea}	67.47±3.26 ^{caB}	68.97±1.08 ^{daB}	71.03±2.11 ^{db}
	T2	62.77±1.18 ^{da}	65.30±3.44 ^{caB}	68.07±1.86 ^{db}	69.40±2.23 ^{db}
	T3	53.47±1.85 ^{ba}	56.53±1.67 ^{bb}	61.33±1.15 ^{ca}	64.23±1.21 ^{cd}
	T4	72.37±2.10 ^{fa}	73.80±1.93 ^{daB}	74.86±2.22 ^{daB}	78.17±3.18 ^{eb}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-f}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at $p<0.05$.

Table 8. Nitrite scavenging effect of methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products in reaction system of pH 2.5 (%)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	56.00±3.48 ^{1)ca}	59.90±1.25 ^{ca}	65.10±1.61 ^{cdeB}	69.80±2.25 ^{cC}
	T2	49.20±0.89 ^{ba}	53.07±1.69 ^{bb}	57.10±2.18 ^{bC}	61.03±1.85 ^{bD}
	T3	42.93±1.71 ^{aa}	46.53±1.86 ^{ab}	48.93±2.60 ^{aBC}	52.20±0.95 ^{aC}
	T4	60.93±1.27 ^{da}	63.20±1.15 ^{ca}	69.07±0.51 ^{eb}	72.97±2.18 ^{dc}
Water	T1	60.90±1.18 ^{da}	63.17±1.10 ^{ca}	67.03±2.85 ^{deB}	72.77±1.40 ^{dC}
	T2	59.27±1.69 ^{cdA}	60.13±1.93 ^{caB}	63.23±1.97 ^{cdB}	70.27±1.80 ^{cdC}
	T3	57.66±1.80 ^{cdA}	60.15±1.95 ^{caB}	61.40±3.58 ^{caB}	63.13±1.17 ^{bb}
	T4	69.15±1.23 ^{ea}	73.00±2.49 ^{db}	76.33±1.17 ^{fc}	81.07±0.81 ^{ed}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-f}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at $p<0.05$.

가되었으며, 메탄올추출물에서는 42.93±1.71~72.97±2.18%, 물추출물에서는 57.66±1.80~81.07±0.81%로 모든 시료에서 물추출물이 메탄올추출물에 비해 유의적으로 높았다. 특히 메탄올추출물 10 mg/ml 첨가 시, 발효액은 72.97±2.18%, 새송이 버섯은 69.80±2.25%, 버섯파치는 61.03±1.85%, 균체파치는 52.20±0.95%로 새송이 버섯파치 발효액에서 유의적으로 아질산염 소거능이 높았다. 발효액 메탄올추출물의 아질산염 소거능은 버섯파치에 비해 시료의 첨가농도에 따라 약 19.1~23.8% 정도 상승되었다.

pH 4.0 조건에서의 아질산염 소거능은 Table 9와 같이 메탄올추출물의 경우 15.63±1.45~54.27±2.69%, 물추출물에서는 29.27±0.86~61.63±1.50%로 물추출물에서 아질산염 소거능이 높기는 하였으나, 전반적으로 pH 2.5 반응계의 소거능보다는 낮았다. 10 mg/ml 첨가 시 새송이 버섯 및 그 부산물의 아질산염 소거능은 유의적인 차이로 발효액에서 가장 높

았다.

새송이 버섯의 아질산염 소거능을 부위별, 추출용매별로 비교한 연구 보고[17]에서는 수용성 추출물에서 소거능이 높았으며, 1% 물추출물의 경우 pH 1.2의 조건에서는 약 72.5% 정도였으며, 새송이 버섯 갓 부위의 열수추출물은 pH 4.2에 조건에서 메탄올 추출물보다 아질산염 소거능이 높았다고 하여 본 실험결과와 비슷하였다. 아질산염은 제 2급 및 3급 아민 등의 아민류와 반응하여 강력한 발암물질인 nitrosamine을 생성시키며, 이러한 반응은 산성 pH 조건에서 쉽게 일어나지만, 아질산염의 소거도 산성 pH 조건에서 효과적이므로 nitrosamine의 생성을 억제시킬 수 있다고 보고되어 있다[27]. 따라서 새송이 버섯파치 발효액은 버섯에 비해 아질산염 소거능이 우수하여 향후 식품가공에 이용할 경우 nitrosamine에 의한 암 발생 예방에도 도움을 줄 것으로 생각된다.

Table 9. Nitrite scavenging effect of methanol and water extracts from *Pleurotus eryngii* and its by-products in reaction system of pH 4.0 (%)

Solvent	Sample code ¹⁾	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	26.33±1.72 ^{2)ba}	35.00±2.26 ^{cb}	40.70±1.23 ^{cc}	45.83±1.40 ^{cd}
	T2	24.83±2.02 ^{ba}	30.60±1.45 ^{bb}	36.63±1.03 ^{bc}	42.23±2.19 ^{bd}
	T3	15.63±1.45 ^{aa}	20.90±1.40 ^{ab}	24.47±1.46 ^{ac}	29.33±1.59 ^{ad}
	T4	36.40±1.97 ^{da}	42.73±2.25 ^{db}	48.40±1.95 ^{dc}	54.27±2.69 ^{ed}
Water	T1	38.20±1.70 ^{da}	45.40±0.85 ^{db}	50.20±2.74 ^{ec}	54.57±1.00 ^{fd}
	T2	36.93±1.35 ^{da}	41.73±3.27 ^{db}	46.83±2.52 ^{dc}	51.50±0.98 ^{fd}
	T3	29.27±0.86 ^{ca}	33.67±2.25 ^{cb}	36.60±1.45 ^{bc}	40.70±0.70 ^{bd}
	T4	46.60±1.57 ^{ea}	51.97±2.89 ^{eb}	56.70±1.10 ^{fc}	61.63±1.50 ^{gd}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{a-g}Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

^{A-D}Means with different superscript in the same row are significantly different at $p<0.05$.

요약

새송이 버섯과 그 부산물인 버섯파치, 균체파치 및 버섯파치 발효액의 기능성을 알아보기 위하여 이화학적인 특성, 항산화능 및 아질산염 소거능을 분석·비교하였다. 수분은 발효액에서 89.37±0.42%로 가장 높았고, 조단백질 함량은 새송이 버섯에서 1.72%로 가장 높았다. 조섬유는 균체파치를 제외한 시료에서 10% 미만이었다. 무기질은 발효액에서 3,696.1 mg/100 g으로 가장 높았고, 칼륨의 함량이 가장 많았다. 아미노산의 함량은 새송이 버섯에서 989.59 mg/100 g으로 가장 높았으며, glutamic acid가 가장 많았다. 전자공여능은 버섯파치 발효액에서 가장 우수하였으며, 발효액의 메탄올 및 물추출물(10 mg/ml)에서 각각 64.07±0.23, 76.27±1.46%이었다. 환원력은 발효액이 새송이 버섯 및 파치에 비해 유의적으로 높았으며, 10 mg/ml의 발효액 첨가 시 물추출물에서 2.22±0.03으로 가장 높았다. SOD 유사활성은 발효액의 경우 2.5 mg/ml 첨가 시 50% 이상의 활성이 있었다. 메탄올 및 물추출물에서 10 mg/ml 첨가 농도에서 균체 파치를 제외한 모든 시료에서 50%이상의 활성을 보였다. Hydroxyl radical 소거능은 균체파치 메탄올추출물의 1~5 mg/ml 첨가구를 제외한 모든 실험군에서 50% 이상의 소거능을 보였다. 아질산염 소거능은 pH 2.5의 반응 조건에서 pH 4.0보다 우수하였으며, 메탄올추출물에서는 42.93±1.71~72.97±2.18%, 물추출물에서는 57.66±1.80~81.07±0.81%로 모든 시료에서 물추출물이 메탄올추출물보다 높았다. 따라서 새송이 버섯파치를 이용한 발효액은 항산화 활성이 우수하여 기능성 식품이나 사료로서의 개발 가능성이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(506029-

02-2-HD110)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

References

1. AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists 13th eds., Washington, D.C., pp. 132.
2. AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists 15th ed., Washington, DC, pp. 994.
3. Bae, J. S., Y. I. Kim, S. H. Jung, Y. G. Oh and W. S. Kwak. 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom(*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Ammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J. Anim. Sci. & Technol.* **48**, 237-246.
4. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **26**, 1199-1200.
5. Chaplin, M. F. and J. F. Kennedy. 1986. Carbohydrate analysis, A practical approach. IRI press. Oxford and Washington, D.C., pp. 2.
6. Chung, M. J., J. H. Shin, S. J. Lee, S. K. Hong, H. J. Kang and N. J. Sung. 1998. Chemical compounds of wild and cultivated horned rampon, *Phyteuma japonicum* Miq. *Korean J. Food & Nutr.* **11**, 437-443.
7. Guide & directory for Agro-Food export in Korea. 2007. Ministry of Agriculture and Forestry · Korea Agro-Fisheries Trade Corporation. pp. 197-199.
8. Gutteridge, J. M. 1984. Reactivity of hydroxyl and hydroxyl-like radicals discriminated by release of thiobarbituric acid reactive material from deoxy sugars, nucleosides and benzoate. *Biochem. J.* **224**, 761-767.
9. Hong, J. S., Y. H. Kim, M. K. Kim, Y. S. Kim and H. S. Sohn. 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.

10. Hong, K. H., B. Y. Kim and H. K. Kim. 2004. Analysis of nutritional components in *Pleurotus ferulea*. *J. Food Sci. Technol.* **36**, 563-567.
11. Hwang, Y. J., H. K. Nam, M. J. Chang, G. W. Noh and S. H. Kim. 2003. Effect of *Lentinus edodes* and *Pleurotus erngii* extracts on proliferation and apoptosis in human colon cancer cell lines. *Food Sci. Nutr.* **32**, 217-222.
12. Jung, I. C., S. Park, K. S. Park, H. C. Ha, S. H. Kim, Y. I. Kwon and J. S. Lee. 1996. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 464-469.
13. Kang, S. C. and M. J. Kim. 2003. Storage enhancement of pine-mushroom by using plants. *Life Sci. Res.* **1**, 287-294.
14. Kang, T. S., M. S. Kang, J. M. Sung, A. S. Kang, H. R. Shon and S. Y. Lee. 2001. Effect of *Pleurotus erngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J. Mycol.* **29**, 86-90.
15. Kim, J. S., J. S. Han and J. S. Lee. 1995. A study for the mechanical and sensory characteristics of mushrooms by various cooking methods. *Korean J. Food Cook. Sci.* **11**, 44-50.
16. Kim, D. S., B. W. Ahn, D. M. Yeum, D. W. Lee, S. T. Kim and Y. H. Park. 1987. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components. *Bull. Korean Fish. Soc.* **20**, 463-468.
17. Kim, H. J., M. S. Ahn, G. H. Kim and M. H. Kang. 2006. Antioxidative and antimicrobial activities of *Pleurotus eryngii* extracts prepared from different aerial part. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**, 799-804.
18. Kim, H. K., H. S. Han, G. D. Lee and K. H. Kim. 2005. Physiological activities of fresh *Pleurotus eryngii* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 439-445.
19. Kim, H. S., H. C. Ha and T. S. Kim. 2003. Research and prospects in new functional mushrooms. *Food Sci.* **36**, 42-46.
20. Kim, S. J., D. Han, M. H. Park, J. S. Rhee. 1995. Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. *Biosci. Biotech. Biochem.* **59**, 822-826.
21. Kim, Y. I., J. S. Bae, S. H. Jung, M. H. Ahn and W. S. Kwak. 2007. Yield and physicochemical characteristics of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Annullina velutipes*) substrates according to mushroom species and cultivation types. *J. Anim. Sci. & Technol.* **49**, 79-88.
22. Liu, F., V. E. C. Ooi and S. T. Chang. 1996. Free radical scavenging activity of mushroom polysaccharide extracts. *Life Sci.* **60**, 763-771.
23. Ma, S. J. 1983. Effects of the substances from dried mushroom by several organic solvents on the stability of fat. *J. Food Sci.* **15**, 150-154.
24. Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**, 468-474.
25. Nam, S. H. and M. Y. Kang. 2000. Screening antioxidative activity of hot water extracts from medical plants. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **43**, 141-147.
26. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J. Nutr.* **44**, 307-315.
27. Peter, F. S. 1975. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.* **26**, 1761-1766.
28. Williams, B. C., J. T. McMullan and S. Mccahey. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* **79**, 227-230.
29. Yoon, S. J. and M. Y. Lee. 2004. Quality characteristics of sulgidduk added with concentration of *Hericium erinaceus* powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* **20**, 575-580.