

녹차를 이용하여 재배한 팽이버섯의 이화학적 특성

이란숙 · 차환수 · 박종대 · 장대자 · 김상희[†]

한국식품연구원

Physicochemical Properties of Mushroom (*Flammulina velutipes*) Cultivated with Green Tea

Lan-Sook Lee, Hwan-Soo Cha, Jong-Dae Park, Dai-Ja Jang, and Sang-Hee Kim[†]

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

Physicochemical properties of the green tea component enriched mushroom (*Flammulina velutipes*) were investigated. The yield of mushroom was highest with green tea powder untreated sample and the yield was decreased by the addition of green tea powder. However, hardness was increased by the addition of green tea powder. Analysis of catechins and caffeine in mushrooms showed that catechins were not transferred into mushrooms, whereas caffeine content was increased. The content of total polyphenol in mushroom was not affected by the addition of green tea powder and crude catechins. Analyses of aroma patterns using the electronic nose based on GC with SAW sensor showed that new peaks occurred from 3 to 6 sec in green tea added mushroom. This study showed that functional components and quality of mushroom were possibly improved by incorporating green tea powder in growth medium.

Key words: *Flammulina velutipes*, green tea, mushroom, physicochemical properties, cultivate

서 론

차나무(*Camellia sinensis* O. Kuntze)는 동백나무과에 속하는 열대성 상록식물로 차에는 카테킨, 카페인, 단백질, 아미노산, 섬유소, 펙틴 등과 엽록소, 플라보놀 유도체, 안토시아닌 등의 식물색소 그리고 지질, 수지류, 정유, 비타민, 무기질 등이 함유되어 있다(1,2). 이들 성분들 중 카테킨은 항산화, 혈압강하, 암 발생 억제, HIV 역전사효소 억제, 콜레스테롤 재흡수 억제, 혈당강하, 항균, 충치예방 등의 여러 가지 효능이 계속적으로 밝혀지고 있으며(3-9), 카페인은 알칼로이드계 화합물로서 과잉 섭취 시는 중추신경계에 영향을 미쳐 신경과민, 흥분, 불면 등을 유발하나 적당량 섭취 시는 중추신경을 흥분시켜 경각심을 증가시키고 피로를 경감시킬 뿐만 아니라 관상혈관과 말초혈관 확장, 기초대사율 증가, 이뇨촉진 등의 효능을 가지며 또한 식품에 함유 시 향미를 개선시키는 것으로 알려져 있다(10-12).

버섯은 고대 문명사회로부터 산야에 자생되는 버섯을 채취하여 이용해 오면서 버섯의 영양학적 면보다는 기호식품으로 주로 이용되어 왔으나 단백질, 아미노산 등이 풍부할 뿐만 아니라 β -glucan, 비타민 및 미량 원소 등이 함유되어 새로운 기능성 소재로 각광을 받고 있다(13-17). 버섯은 그

자체로도 영양원이 풍부하지만 근래 들어서는 버섯 배지에 기능성 소재나 기능성 성분을 함유한 원료를 첨가하여 균사체 및 자실체를 생산함으로써 그 기능성 성분이 버섯으로 이행되어 기능성을 갖는 버섯을 인위적으로 생산하는 연구가 다양하게 시도되고 있다. 즉 NaCl 및 일본잎갈나무재의 수용성 추출물을 첨가한 배지를 사용하여 버섯 성장에 미치는 영향에 대해 연구하였고(18,19) 칼슘 및 셀레늄 등의 무기성분을 첨가하여 버섯 자실체로 이행되도록 하는 연구가 시도되었다(20,21).

이에 본 연구에서는 팽이버섯 재배 시 배지 조성물에 녹차 분말 또는 녹차 카테킨 추출물을 함량별로 첨가하여 팽이버섯 자실체를 생산하고 녹차의 생리활성 성분인 카테킨과 카페인의 버섯 자실체로의 이행 정도를 분석하였으며 버섯 자실체의 수확량, 경도 및 버섯의 향기 패턴 등을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 팽이버섯은 백색계 저온성 균주를 분양받아 경기도 오산 소재의 팽이버섯 농장에서 재배하여 시료로 사용하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: kimsh@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9062, Fax: 82-31-780-9073

Table 1. Composition of compost for mushroom cultivation ingredients and green tea powder contents of mushroom composts

Ingredients, as ped basis	Composts (%)
Sawdust	20
Rice bran	15
Beet pulp	5
Green tea powder	0~10 ¹⁾
Tap water	60

¹⁾Content of green tea powder vary in each set.

녹차분말 첨가 버섯재배

녹차성분 강화버섯은 버섯배지에 대해 녹차분말 1, 3, 5, 10%를 첨가하여 팽이버섯을 재배하였고 무처리구로서 녹차분말을 첨가하지 않은 버섯도 재배하였다. 팽이버섯 재배용 원료 성분 및 배지내 녹차분말 함량은 Table 1에 나타내었다. 배지의 원료를 교반기에 투입하여 교반한 후 배지의 수분 함량을 조절하였고, 교반된 배지를 720 mL 용량의 polypropylene bottle에 약 570 g씩 충전하고 배지 중앙에 직경 15 mm의 구멍을 뚫은 후 뚜껑을 닫아 121°C에서 90분간 가압 멸균하였다. 방냉 후 팽이버섯 종균 10~12 g을 접종하여 20°C에서 배양하고 배양이 끝나면 균 굵기를 하여 온도 12°C, 습도 90%로 조절된 발이실에서 발이를 유도하였다. 버섯이 5~8 mm 정도 자랐을 때 3~4°C에서 7~8일간 생육을 억제시키면서 버섯의 고른 발생을 유도한 후 생육실로 옮겨 버섯이 병위로 2~3 cm 정도 자랐을 때 종이 봉지를 씌워준 다음 7~8°C에서 수확기까지 생육시켰다.

녹차 조카테킨 추출물 첨가 버섯재배

녹차분말 대신에 팽이버섯 기본배지에 녹차 조카테킨 추출물을 0.6% 첨가하여 녹차분말 첨가 버섯재배와 동일한 방법으로 재배하였다.

자실체의 수확 특성

버섯의 수확은 버섯재배 시작 후 60일이 경과되면 수확하여 자실체 부위의 생체 중량을 측정하였다.

경도 측정

자실체의 경도 측정은 Park 등의 방법(22)을 변형하여 길이를 1 cm 내외로 절단하여 자루부분을 Texture analyzer (XT-RA Dimension V3.7A, Stable Micro System)로 측정하였으며 P2 probe(2 mm DIA, Cylinder Stainless)를 장착하여 침투속도 2.0 mm/sec, 50% strain 조건하에서 측정하였다.

카테킨, 카페인 및 총 폴리페놀 정량

버섯으로 이행된 카테킨, 카페인 및 총 폴리페놀 분석을 위해 각 버섯 추출물의 분획물 제조는 먼저 동결건조 분말 40 g에 50% acetonitrile 1,000 mL를 혼합하고 상온에서 60분간 교반 추출 후 여과하여 버섯 추출물을 얻었다. 이 추출물을 진공 농축하여 acetonitrile만 제거 후 용매의 극성 정도

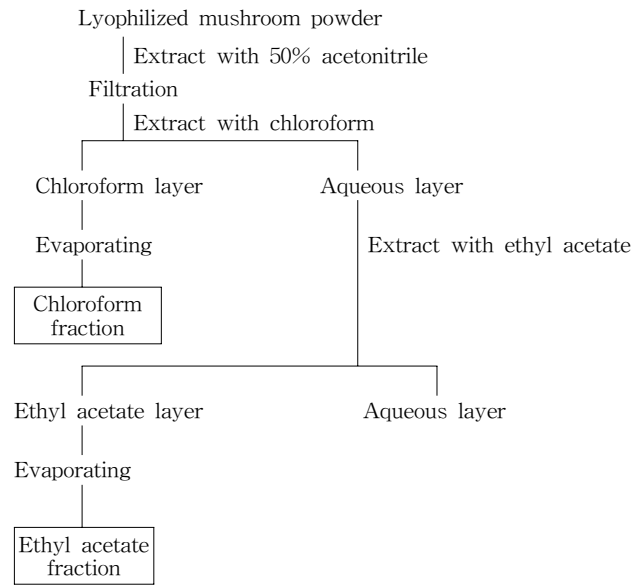


Fig. 1 Extraction procedure for the catechins and caffeine analysis from the mushroom grown on green tea powder added compost.

에 따라 chloroform 및 ethyl acetate를 사용하여 Fig. 1과 같이 분획한 후 농축하여 분석용 시료로 사용하였다. 카테킨 및 카페인 분석을 위한 HPLC 조건은 Goto 등의 방법(23)을 변형하여 JASCO(JASCO Co., Japan) HPLC pump(model PU-980), column oven(model CO-965), autoinjector(model AS-950-10) 및 UV/VIS detector(model UV-975)로 구성된 HPLC를 이용하여 SentiTM μBondapak C₁₈ guard column (125Å, 3.9×20 mm, Waters, USA)이 장착된 μBondapak C₁₈ column(125Å, 3.9×300 mm, Waters, USA)을 사용하여 분리하였다. 이동상은 A용액(H₂O : CH₃CN : 85% H₃PO₄, 94.95:5:0.05, v/v/v)과 B용액(H₂O : CH₃CN : 85% H₃PO₄, 49.95:50:0.05, v/v/v)의 농도구배에 의해 40°C에서 유속 1 mL/min으로 하여 231 nm에서 검출하였다. Ethyl acetate 층의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 변법(24)에 따라 시료 0.1 mL에 증류수 6 mL, Folin-Ciocalteu 시약 0.5 mL를 가하여 혼합하고 8분 후에 15% Na₂CO₃ 2 mL를 가한 후 10 mL로 정용하고 2시간 방치 후에 765 nm에서 흡광도를 측정하여 (+)catechin으로 환산하여 정량하였다.

버섯 자실체의 향기패턴 분석

채취한 버섯의 향기패턴 분석은 GC-SAW 전자코 M4100 (Electronic Sensor Technology, Newbury Park, CA, USA)을 사용하여 측정하였다. 즉, 팽이버섯은 1 cm 내외로 자른 후 40 mL vial에 넣어 2시간 방치 후 DB-624 capillary column(Supelco, Bellefont, PA, USA)을 사용하여 30초간 분석하였으며, 이때 column 온도는 30°C에서 120°C까지 3°C/sec로 프로그램 하였고, 주입구 온도는 30°C, 밸브의 온도 110°C, 센서의 온도는 20°C로 설정하여 SAW 센서로부터

얻어진 머무름 시간별 frequency의 변화를 미분하여 얻어진 크로마토그램으로 나타냈다.

통계분석

실험의 통계분석은 SAS program을 통해 Duncan's multiple range test로 95% 유의수준으로 유의성을 검정하였다(25).

결과 및 고찰

자실체의 수확특성 및 경도측정

녹차분말 첨가 또는 녹차 조카테킨 추출물 첨가 버섯의 수확은 무첨가구를 기준으로 버섯재배 시작 후 60일이 되는 시점에서 수확하여 자실체 부분의 생체 중량 및 경도를 측정하였다. 그 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 팽이버섯 자실체의 수확량은 녹차 무첨가구, 녹차분말 1% 첨가구 및 녹차 조카테킨 추출물 첨가구에서 최고의 수량을 보였으며 녹차 10% 첨가구에서 가장 낮은 값을 나타내 녹차 첨가량이 높아짐에 따라 버섯생육이 지연되는 경향을 보였다. 무첨가구를 기준으로 백분율로 계산할 때 1% 첨가구는 98.1%, 5% 첨가구는 86.3%, 10% 첨가구는 72.8%로 녹차 첨가량에 따라 수확량이 감소함을 알 수 있었으며 녹차 조카테킨 첨가구의 수확률은 98.4%로 조카테킨 0.6% 첨가가 버섯 생육에 거의

영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. Fig. 2는 생육 60일째의 버섯 사진으로 녹차 분말 10% 첨가구의 경우만 생육이 억제되었으며 그 외에는 육안 상으로는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다.

팽이버섯 경도는 녹차분말 5% 첨가구, 녹차분말 10% 첨가구 및 녹차 조카테킨 추출물 첨가구에서 높게 나타났으며, 무첨가구가 가장 낮게 나타났다. 즉 녹차 및 녹차 조카테킨 추출물을 처리함으로써 자실체의 경도가 향상되는 경향을 보여 녹차 첨가로 팽이버섯의 가식기간이 연장될 수 있을 것으로 판단되었다.

카테킨, 카페인 및 총 폴리페놀 함량

녹차의 주요 성분인 카테킨 및 카페인의 팽이버섯 자실체로의 이행 정도를 분석하기 위해 팽이버섯 추출물을 용매분획한 후 카테킨 등 폴리페놀성 물질이 주로 이행되는 ethyl acetate 층과 카페인이 주로 이행되는 chloroform 층을 HPLC로 분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 모든 시험구의 ethyl acetate 층에서 카테킨은 검출되지 않았으며, 총 폴리페놀 함량 분석 결과 또한 39.22~41.55 $\mu\text{g/g}$ 으로 각 처리구간에 유의적 차이는 없는 것으로 나타나 녹차의 성분인 카테킨 등 폴리페놀성 물질의 버섯 자실체로의 이행은 거의 없는 것으로 판단된다. 반면 카페인은 Table 3 및 Fig. 3에서

Table 2. Effect of green tea powder and crude catechins on fruiting body yields and hardness of mushrooms

Treatments	Yields of fruiting body (g/pot)	Hardness (g)
Untreated mushroom	126.60 \pm 3.62 ^{a1)}	35.62 \pm 4.06 ^c
Green tea powder 1%	124.24 \pm 2.58 ^a	36.31 \pm 3.13 ^c
Green tea powder 3%	116.67 \pm 3.12 ^b	42.33 \pm 6.13 ^b
Green tea powder 5%	109.29 \pm 3.76 ^c	49.58 \pm 4.23 ^a
Green tea powder 10%	92.18 \pm 2.48 ^d	48.48 \pm 6.14 ^a
Crude catechins 0.6%	124.60 \pm 4.10 ^a	47.58 \pm 5.41 ^a

¹⁾Means of twenty replicates \pm standard deviations and different letters in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

Table 3. Catechins, caffeine and total polyphenol contents of fruiting body of mushrooms ($\mu\text{g/g}$)

Treatments	Catechins	Caffeine	Total polyphenol
Untreated mushroom	nd ¹⁾	2.12 \pm 0.74 ²⁾	39.29 \pm 0.52 ^a
Green tea powder 1%	nd	32.18 \pm 0.68 ^d	40.99 \pm 0.38 ^a
Green tea powder 3%	nd	104.42 \pm 0.69 ^c	40.26 \pm 0.95 ^a
Green tea powder 5%	nd	154.04 \pm 0.58 ^b	41.19 \pm 0.28 ^a
Green tea powder 10%	nd	196.23 \pm 0.18 ^a	41.55 \pm 0.39 ^a
Crude catechins 0.6%	nd	14.83 \pm 0.51 ^e	39.22 \pm 0.65 ^a

¹⁾Not detected.

²⁾Data expressed as dry weight basis and presented as means of three replicates \pm standard deviations and different letters in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

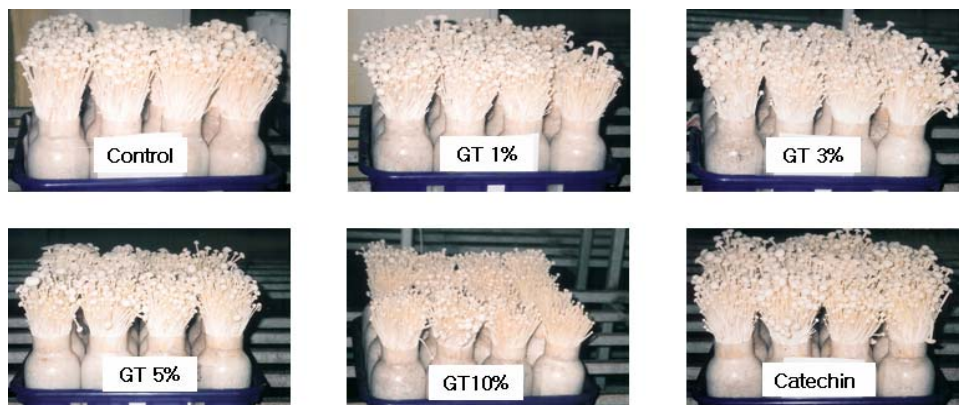


Fig. 2. Growth properties of fruit body of mushroom.

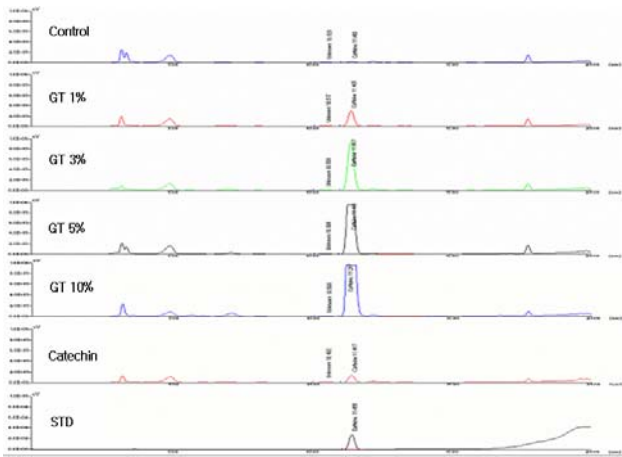


Fig. 3. HPLC chromatograms of the chloroform fraction from mushroom extracts.

보는 바와 같이 버섯으로 이행되어 녹차분말 무첨가구가 2.12 µg/g 검출된 반면 녹차분말 10% 첨가구는 196.23 µg/g 이 검출되었다. 즉 카페인은 녹차분말 첨가량에 비례하여 농도 의존적으로 버섯에 이행되는 것으로 나타났다.

녹차 또는 녹차성분을 이용하여 재배된 버섯 자실체에 관한 연구는 거의 없어 비교하기 어려우나 배지 내 성분이 자실체로의 이행에 대한 연구로 Lee 등(20)은 갈습 첨가로 새송이 버섯의 갈습 함량이 4.5~6.5배 정도 증가하였음을 보고한 바 있고, Lee 등(21)은 배지에 셀레늄을 첨가하여 팽이

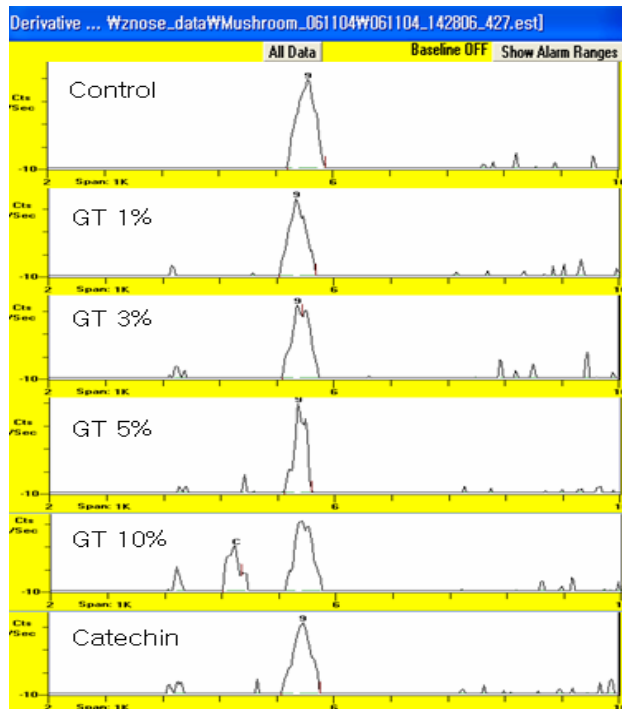


Fig. 4. GC-SAW chromatograms of fresh mushroom cultivated with green tea powder and crude catechins by electronic nose.

버섯 자실체 내 셀레늄 함량이 20배 정도 증가하였음을 보고한 바 있다. 본 실험에서는 녹차분말 첨가에 의해 카페인 함량이 최고 93배 정도 증가하였다.

향기패턴 분석

GC-SAW를 바탕으로 한 제2세대 전자코는 휘발성분을 분석하는데 불과 30초 동안에 GC 칼럼으로부터 각기 다른 휘발도를 유도해 머무름 시간에 따라 센서검출기로 전달된다. Fig. 4는 머무름 시간별 진동값의 차이를 표현한 frequency 형태로 hertz 값이 얻어진 chromatogram이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 무첨가구와 비교해 보면 녹차 첨가에 의해 머무름 시간 3초와 6초 사이에 새로운 peak가 생성되었음을 알 수 있었고 특히 녹차분말 10% 첨가구의 경우 새로운 peak의 면적이 더욱 증가함을 알 수 있어 녹차 첨가량에 따른 팽이버섯의 미세한 향기성분 변화를 시각적으로 쉽게 확인할 수 있었다. 즉 녹차를 첨가함으로써 기존에 없는 새로운 휘발성 향기성분이 나타나는 것으로 보아 팽이버섯의 향을 개선시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

요 약

팽이버섯 배지에 녹차 분말 또는 녹차 조카테킨 추출물을 농도별로 첨가하여 팽이버섯 자실체를 형성시킨 후 자실체의 이화학적 특성을 조사하였다. 버섯의 수확량은 무첨가구에서 최고의 수량을 보였으며 녹차분말 10% 첨가구에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 경도는 무첨가구에서 가장 낮았고 녹차 분말 5% 및 10% 첨가구와 녹차 조카테킨 첨가구에서 높게 나타났다. 카테킨 및 카페인 함량 분석은 팽이버섯 추출물을 용매분획한 후 HPLC로 정량한 결과, 모든 시험구에서 카테킨은 검출되지 않았으며 총 폴리페놀 함량 또한 각 처리구간에 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 카테킨 등 폴리페놀성 물질의 팽이버섯으로의 이행은 거의 없는 것으로 판단된다. 반면 카페인 함량은 팽이버섯으로 이행되어 녹차분말 무첨가구는 2.12 µg/g, 녹차분말 10% 첨가구는 196.23 µg/g 이 검출되었다. 전자코를 이용한 향기패턴 분석 결과는 녹차 첨가에 의해 머무름 시간 3초와 6초 사이에 새로운 peak가 생성되었음을 알 수 있었으며, 녹차 10% 첨가구에서는 뚜렷한 향기의 변화가 있는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 팽이버섯 배지에 녹차분말 또는 녹차 조카테킨 추출물 첨가에 의해 버섯의 경도가 증가되었으며 녹차 성분 중 카페인이 이행되어 새로운 기능성 버섯을 생산할 수 있을 것으로 사료되었다.

문 헌

1. Kim JT. 1996. *Science and culture of tea*. Borimsa Publishing Co., Seoul, Korea.
2. Nakabayashi T, Ina K, Sakata K. 1994. *Chemistry and func-*

- tion of green, black and oolong tea. Kogagu Press, Kawasaki, Japan.
3. Matsuzaki TL, Hara Y. 1985. Antioxidative activity of the leaf catechins. *J Agric Chem Soc Japan* 59: 129-134.
 4. Yoshioka H, Sugiura K, Kawahara R, Hujita T, Makino M, Kamiya M, Tsuyumu S. 1991. Formation of radicals and chemiluminescence during the autoxidation of the catechins. *Agric Biol Chem* 55: 2717-2723.
 5. Song JM, Park KD, Lee KH, Byun YH, Park JH, Kim SH, Kim JH, Seong BL. 2007. Biological evaluation of anti-influenza viral activity of semi-synthetic catechin derivatives. *Antivir Res* 76: 178-185.
 6. Khan SM, Kour G. 2007. Subacute oral toxicity of chlorpyrifos and protective effect of green tea extract. *Pestic Biochem Phys* 89: 118-123.
 7. Mohan KV, Gunasekaran P, Varalakshmi E, Hara Y, Nagini S. 2007. In vitro evaluation of the anticancer effect of lactoferrin and tea polyphenol combination on oral carcinoma cells. *Cell Biol Int* 31: 599-608.
 8. Park JH, Ha AW, Cho JS. 2005. Effect of green tea-soybean paste on weights and serum lipid profiles in rats fed high fat diet. *Korean J Food Sci Technol* 37: 806-811.
 9. Cho SY, Choi JH, Ham SS, Oh DH. 2005. Antimicrobial activities of green tea extract and fractions on the *E. coli* O157:H7. *J Fd Hyg Safety* 20: 48-52.
 10. Miao YL, Shi LH, Lei ZL, Huang JC, Yang JW, Yang YC, Sun QY, Chen DY. 2007. Effect of caffeine on in vivo and in vitro oocyte maturation in mice. *Theriogenology* 68: 640-645.
 11. Higgins GA, Grzelak ME, Pond AJ, Williams ME, Cohen, Hodgson RA, Varty GB. 2007. The effect of caffeine to increase reaction time in the rat during a test of attention is mediated through antagonism of adenosine A_{2A} receptors. *Behav Brain Res* 185: 32-42.
 12. Keast RS, Riddell LJ. 2007. Caffeine as a flavor additive in soft-drinks. *Appetite* 49: 255-259.
 13. Lee GD, Chang HG, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Korea J Food Sci* 29: 432-436.
 14. Hui YF, Den ES, Chi TH. 2002. Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *J Food Lipids* 9: 35-46.
 15. Furlani RPZ, Godoy HT. 2007. Vitamins B₁ and B₂ contains in cultivated mushrooms. *Food Chem* 106: 816-819.
 16. Yang JH, Lin HC, Mau JL. 2002. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. *Food Chem* 77: 229-235.
 17. Smiderle FR, Carbonero ER, Mellinger CG, Sasaki GL, Gorin Philip AJ, Iacomini M. 2006. Structural characterization of a polysaccharide and a β -glucan isolated from the edible mushroom *Flammulina velutipes*. *Phytochemistry* 67: 2189-2196.
 18. Cho NS, Kim DH, Chung HC, Lee SS, Ohga S, Leonowicz A. 2004. Effect of water soluble fraction from Japanese Larch Wood on sawdust cultivation of *Lentinula edodes*. *Mokchae Konghak* 32: 35-44.
 19. Jhune CS, Sul HJ, Kong WS, Yoo YB, Cheong JC, Chun SC. 2006. Effects of NaCl concentrations on production and yields of fruiting body of oyster mushrooms, *Pleurotus spp.* *Korean J Mycol* 34: 39-53.
 20. Lee NH, Im MH, Choi UK. 2006. Calcium absorption by the fruitbody of Saesongi (*Pleurotus eryngii*) mushroom. *Food Sci Biotechnol* 15: 308-311.
 21. Lee SH, Kwak WS, Kim WY. 2005. Studies on the selenium type and etabolism of selenium accumulation in the selenium-enriched mushroom *Flammulina velutipes*, and its spent mushroom composts. *J Anim Sci Technol* 47: 305-316.
 22. Park YM, Park SW, Hong SJ. 2003. Effect of vacuum packaging and shelf temperature on the quality changes of golden mushroom during simulated shipment and marketing. *Kor J Hort Sci Technol* 21: 294-299.
 23. Goto T, Yoshida Y, Kiso M, Nagashima H. 1996. Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea. *J Chromatogr A* 749: 295-299.
 24. Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Viticult* 28: 49-55.
 25. SAS/STAT User's Guide Release. 1988. SAS Institute, Cary, NC, USA.

(2007년 11월 21일 접수; 2008년 1월 21일 채택)