

연구노트

The physicochemical characteristics and antioxidant capacities of commercial tea products from *Phellinus baumii*, *Ganoderma lucidum*

Ha-Na Kim¹, Eun Ji Son¹, Shin-Kyo Chung^{1,2*}

¹School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Food and Bio-industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

상황버섯과 영지버섯 차류 제품의 이화학적 특성 및 항산화능

김하나¹ · 손은지¹ · 정신교^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

This study was conducted to investigate the physicochemical characteristics, antioxidant capacities of *Phellinus linteus* and *Ganoderma lucidum* commercial tea products. The physicochemical characteristics included pH, Hunter's color values, soluble solid contents, evaporation residues, and β -glucan contents. The antioxidant capacities were measured by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activities, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activities, total phenolic contents (TPC), and total flavonoid contents (TFC). The pH, soluble solid contents, evaporation residues, and β -glucan contents were in the range of 4.43-7.05, 0.40-0.73 °Brix, 62.04-258.84 mg/100 g, and 15.51-62.32 mg%, respectively. Hunter's color values (L, a, and b) indicated 41.76-55.02, -0.49-5.06, and 17.41-28.32, respectively. The antioxidant capacities showed 32.63-367.81 μ M GAE (DPPH radical scavenging activities), 321.86-1,035.19 μ M TE (FRAP), 703.50-1,091.83 μ M (ABTS radical scavenging activities), 286.56-916.00 μ M (TPC), and 85.33-635.33 μ M (TFC). Overall, *P. linteus* liquid tea 2 (PL2) and *G. lucidum* liquid tea 1 (GL1) showed high antioxidant capacities ($p < 0.05$). The TPC and TFC were highly correlated with DPPH radical scavenging activities, FRAP, and ABTS radical scavenging activities ($r = 0.7298-0.9743$), but the β -glucan contents were not correlated well with antioxidant activities tested ($r = 0.3146-0.6663$).

Key words : *Phellinus linteus*, *Ganoderma lucidum*, tea, physicochemical characteristics, antioxidant capacities

서 론

상황버섯(*Phellinus linteus*)은 소나무비늘버섯과 진흙버섯속에 속하여 주로 뽕나무와 활엽수의 줄기에 자생하며 (1), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*)은 구멍장이버섯과 영지속에 속하는 1년생 버섯으로 주로 활엽수 뿌리에서 자란다 (2,3). 상황버섯과 영지버섯은 대표적인 약용버섯으로 항암

(4), 항산화(5), 항돌연변이(6) 및 면역 증진(7) 등 다양한 약리효과를 가지며 고지혈증(8), 당뇨(9), 고혈압 및 혈액순환(2) 등에도 효과가 있다고 보고되어 건강기능식품 및 의약품의 소재로 많이 이용되고 있다(6). 이러한 항암, 면역 증진 효능은 다당류와 같은 고분자 물질에 의해, 항산화 활성은 protocatechuic acid, caffeic acid, coumaric acid, hispidin과 같은 폴리페놀 화합물 및 triterpene 등의 저분자 물질에 의한 것으로 알려져 있다(10). 특히 다당류의 일종인 β -glucan은 고분자의 포도당 중합체로서 β -(1,3)-glucan을 기본골격으로 하여 β -(1 \rightarrow 6) 결합의 곁가지를 갖는 구조로 분자량은 250,000 정도이다(11).

상황버섯, 영지버섯과 같은 약용버섯은 주로 티백 형태의 침출차와, 열수로 추출하여 가공된 액상차로 유통되고

*Corresponding author. E-mail : kchung@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-5778, Fax : 82-53-950-6772
Received 2 February 2015; Revised 10 April 2015; Accepted 10 April 2015.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

있다. 차류 이외의 제품으로는 추출 후 농축 및 건조 한 분말제품, 초산 발효를 통해 기능성을 증가시킨 식초제품, 추출액을 첨가한 빵·초콜렛·쿠키 등의 기타제품이 있다. 본 연구에서는 시판되고 있는 상황버섯과 영지버섯 차류 제품의 이화학적 특성과 β -glucan 함량, 항산화 활성 및 항산화 성분을 조사하고 이들의 상관성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 시판 중인 상황버섯과 영지버섯 차류 제품 중 상황버섯 3종(침출차 1종, 액상차 2종)과 영지버섯 2종(침출차 1종, 액상차 1종)을 구입하여 사용하였다. 각 시료는 제품에 기재된 음용방법에 따라 준비하였다. 침출차는 1.5 g의 티백 형태로 80°C의 물 50 mL에 3분간 우려내었으며 액상차는 원액을 그대로 음용하므로 50 mL를 취하여 4°C에 냉장보관하며 실험에 사용하였다.

이화학적 특성 및 β -glucan 함량 측정

이화학적 특성은 pH, 색도, 가용성 고형분 함량, 증발잔류물을 통해 나타내었다. pH는 pH meter(Mettler Toledo MP220, Mettler Toledo Co., Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 색도는 색차계(CM-700d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter L(명도, lightness), a(+적색도/-녹색도, +redness/-greenness), b(황색도, yellowness) 값을 측정하였다. 이 때 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 97.79, -0.38, 2.05이었다. 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(N-1E, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였으며 증발잔류물은 AOAC법(12)에 따라 105°C 상압가열건조법을 이용하여 수분을 증발시켜 mg/100 g으로 나타내었다.

β -Glucan 함량은 β -D-glucan assay kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 사용하였다(13). 일정량의 시료를 취하여 dry oven에 건조시켜 무게를 칭량한 후 37% HCl 1.5 mL를 가하여 30°C에서 45분간 반응시켰다. 반응액에 증류수 10 mL를 가하여 100°C에서 2시간 동안 가열 후 2 N KOH 10 mL를 넣고 200 mM sodium acetate buffer(pH 5.0)를 이용하여 100 mL로 정량하였다. 그 후 여과지(Whatman GF/A glass microfiber filter, Whatman, UK)로 여과하여 여과액 0.1 mL에 α -D-glucanase+ β -glucosidase를 0.1 mL 가하여 40°C에서 60분간 반응시켰다. 반응액에 glucose oxidase/peroxidase mixture(GOPOD) 3 mL를 넣고 40°C에서 20분간 반응시킨 후 UV-visible spectrometer(UV 1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)을 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하여 total glucan 함량을 구하였다. 또한 건조시킨 일정량의 시료에 2 M KOH를 2 mL 가하여 ice bath에서 20분간 교반시켰다. 그 후 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8) 8

mL와 amyloglucosidase(1,630 U/mL)+invertase(500 U/mL) 0.2 mL를 가하여 40°C에서 30분간 반응시켰다. 반응액 0.1 mL에 200 mM sodium acetate buffer(pH 5.0) 0.1 mL와 GOPOD 3 mL를 가하여 40°C에서 20분 동안 반응시킨 후 510 nm에서 흡광도를 측정하여 α -glucan 함량을 구하였다. Total glucan 함량에서 α -glucan 함량을 제외한 β -glucan 함량에 증발잔류물을 고려하여 mg%로 나타내었다.

항산화 활성 및 항산화 성분 측정

항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거 활성, ferric reducing antioxidant power(FRAP), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거 활성을 이용하여 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 Blois(14)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 20 μ L에 200 μ M DPPH solution 180 μ L를 가한 후 암실에서 30분 동안 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 gallic acid equivalent(μ M GAE)로 환산하여 나타내었다. FRAP은 Benzie 등(15)의 방법을 응용하여 측정하였다. Acetate buffer(300 mM, pH 3.6)와 40 mM hydrochloric acid에 녹인 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine(TPTZ) 및 20 mM ferric chloride solution을 10:1:1로 혼합하여 cocktail solution을 만들었다. 이 용액 175 μ L를 시료 25 μ L에 넣은 후 암실에서 30분 동안 방치하여 590 nm에서 흡광도를 측정하여 trolox equivalent(μ M TE)로 환산하여 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성은 Re 등(16)의 방법을 응용하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS solution과 2.45 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합하여 암실에서 14시간 동안 반응시켰다. 이 용액을 실험 직전에 734 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 ethanol로 희석하였다. 시료 20 μ L와 희석한 ABTS solution 980 μ L를 혼합하여 실온에서 7분간 방치 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 trolox equivalent(μ M TE)로 환산하여 나타내었다.

항산화 성분은 총페놀 및 총플라보노이드 함량을 통해 나타내었다. 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent를 이용하여 측정하였다(17). 시료 100 μ L에 2 N Folin-Ciocalteu reagent 50 μ L와 20% sodium carbonate 300 μ L를 가하여 실온에서 15분 동안 방치하였다. 그 후 증류수 1 mL를 넣어 원심분리 후 상등액을 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 gallic acid equivalent(μ M GAE)로 환산하여 나타내었다. 총플라보노이드 함량은 Zhishen 등(18)의 방법을 응용하여 시료 70 μ L에 50% ethanol 430 μ L와 5% sodium nitrate 50 μ L를 가하여 실온에서 30분 동안 방치하였다. 그 후 10% aluminium nitrate nonahydrate 50 μ L 넣어 다시 실온에서 6분간 방치하여 1 N sodium hydroxide 500 μ L를 가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하여 catechin equivalent(μ M CE)로 환산하여 나타내었다.

통계 처리

모든 실험결과는 3회 반복하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, SAS(9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석과 Duncan의 다중검정법에 따라 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 하였으며, 요인 간의 상관성(Pearson's correlation coefficient)을 분석하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성 및 β -glucan 함량

상황버섯과 영지버섯 차류 제품의 이화학적 특성 및 β -glucan 함량을 Table 1에 나타내었다. pH는 4.43-7.05의 범위를 보였으며 상황버섯 액상차1(PL1)이 가장 높고 상황버섯 액상차2(PL2)와 영지버섯 액상차1(GL1)이 가장 낮았다($p < 0.05$). Hunter 색차계로 측정한 결과 L 값은 41.76-55.02, a 및 b 값은 -0.49-5.06, 17.41-28.32의 범위를 보였다. 가용성 고형분 함량은 0.40-0.73 °Brix의 범위를 보였으며 증발잔류물은 62.04-258.84 mg/100 g의 범위로 PL2와 GL1이 가장 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$).

β -Glucan 함량은 15.51-62.32 mg%의 범위를 나타내었으며, 영지버섯 액상차1인 GL1과 상황버섯 액상차2인 PL2가 각각 62.32 mg%, 42.35 mg%로 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 높은 증발잔류물의 영향인 것으로 사료된다. 상황버섯과 영지버섯 자체의 β -glucan 함량을 조사한 Choi 등(19)과 Cho 등(20)의 결과는 각각 23.92%, 12.86-19.23%를 나타냈다.

항산화 활성 및 항산화 성분

상황버섯과 영지버섯 차류 제품의 항산화능은 Table 2와 같으며 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 및 ABTS 라디칼 소거활성을 통해, 항산화 성분은 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량을 통해 나타내었다. DPPH는 매우 안정한 라디칼로서 항산화능을 가진 물질과 만나면 제거되어 보라색에서 노란색으로 변하며(21), FRAP은 낮은 pH에서 항산화 물질에 의해 Fe^{3+} -TPTZ가 Fe^{2+} -TPTZ로 환원되는

원리를 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법이다(22). ABTS 라디칼 소거 활성은 hydrogen-donating antioxidants와 chain breaking antioxidants 모두를 측정할 수 있고 aqueous phase와 organic phase 모두에 적용이 가능하다는 장점이 있다(23). 식물에 함유되어 있는 phytochemicals 중 플라보노이드, 탄닌 및 안토시아닌과 같은 페놀 화합물은 항산화, 항균, 항암 등의 생리활성을 지닌 물질이며, 천연 항산화 물질이다(19).

Table 2. Antioxidant capacities of the *Phellinus linteus* and *Ganoderma lucidum* tea products

Samples ¹⁾	DPPH ²⁾ (μ M GAE)	FRAP (μ M TE)	ABTS (μ M TE)	TPC (μ M GAE)	TFC (μ M CE)
PT1	87.81±8.82 ³⁾	369.48±11.64 ^c	823.50±46.46 ^c	362.11±1.92 ^c	230.33±2.89 ^b
PL1	140.04±8.01 ^b	405.67±14.45 ^c	703.50±10.41 ^d	286.56±5.77 ^d	163.67±7.64 ^c
PL2	367.81±5.09 ^a	1,035.19±36.49 ^a	1,091.83±40.10 ^a	916.00±4.81 ^a	635.33±7.64 ^a
GT1	32.63±3.39 ^d	321.86±2.86 ^d	803.50±23.63 ^c	342.11±34.05 ^c	85.33±5.77 ^e
GL1	131.52±32.38 ^b	547.10±36.71 ^b	980.17±21.79 ^b	436.56±19.22 ^b	150.33±10.41 ^d

¹⁾PT1, *Phellinus linteus* teabag 1; PL1, *Phellinus linteus* liquid tea 1; PL2, *Phellinus linteus* liquid tea 2; GT1, *Ganoderma lucidum* teabag 1; GL1, *Ganoderma lucidum* liquid tea 1.

²⁾DPPH, DPPH radical scavenging activity; ABTS, ABTS radical scavenging activity; TPC, total phenolic contents; TFC, total flavonoid contents.

³⁾Means with same superscript letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

DPPH 라디칼 소거 활성은 32.63-367.81 μ M GAE, FRAP은 321.86-1,035.19 μ M TE, ABTS 라디칼 소거 활성은 703.50-1,091.83 μ M TE의 범위를 보였다. 총페놀 함량은 286.56-916.00 μ M GAE, 총플라보노이드 함량은 85.33-635.33 μ M CE의 범위를 나타내었다. 전반적으로 PL2와 GL1이 항산화능이 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

항산화 활성과 항산화 성분 간의 상관계수를 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 총페놀 함량과 총플라보노이드 함량은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 모두 높은 상관성(TPC: $r=0.9214$, $r=0.9743$, $r=0.8669$, TFC: $r=0.9479$, $r=0.9384$, $r=0.7298$)을 보였다. 이와는 다르게 β -glucan 함량은 항산화 활성 모두와 비교적

Table 1. Physicochemical properties and β -glucan contents of the *Phellinus linteus* and *Ganoderma lucidum* tea products

Samples ¹⁾	pH	Hunter's color values			Soluble solid contents (°Brix)	Evaporation residues (mg/100 g)	β -glucan contents (mg%)
		L	a	b			
PT1	6.72±0.02 ²⁾	51.98±0.24 ^b	1.12±0.01 ^c	21.28±0.10 ^b	0.47±0.06 ^{bc}	75.11±5.91 ^c	15.51±2.62 ^d
PL1	7.05±0.02 ^a	52.36±0.60 ^b	0.25±0.03 ^d	17.77±0.29 ^c	0.40±0.00 ^c	62.04±0.50 ^c	22.24±0.81 ^{cd}
PL2	4.46±0.02 ^d	41.76±0.40 ^c	5.06±0.05 ^a	28.32±0.24 ^a	0.53±0.06 ^b	249.45±15.57 ^a	42.35±0.92 ^b
GT1	5.58±0.02 ^c	55.02±0.32 ^a	-0.49±0.00 ^e	18.00±0.09 ^c	0.53±0.06 ^b	136.60±30.85 ^b	27.12±6.57 ^c
GL1	4.43±0.01 ^c	52.02±0.08 ^b	3.15±0.01 ^b	17.41±0.05 ^d	0.73±0.06 ^a	258.84±40.46 ^a	62.32±10.78 ^a

¹⁾PT1, *Phellinus linteus* teabag 1; PL1, *Phellinus linteus* liquid tea 1; PL2, *Phellinus linteus* liquid tea 2; GT1, *Ganoderma lucidum* teabag 1; GL1, *Ganoderma lucidum* liquid tea 1.

²⁾Means with same superscript letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

낮은 상관성($r=0.3146$, $r=0.4623$, $r=0.6663$)을 보였다. Kim 등(24)은 총페놀 함량 및 총플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성 및 FRAP의 상관성을 나타내었는데, 모두 비교적 높은 상관성(TPC: $r=0.8942$, $r=0.9168$, TFC: $r=0.8375$, $r=0.7661$)을 나타내어 본 실험 결과와 유사하다. 이러한 결과는 또한 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성에 대한 총페놀 화합물 함량과의 높은 상관관계($r=0.941$, $r=0.883$)를 나타낸 느타리버섯 추출물(21)의 연구와, 플라보노이드 함량과의 상관성($r=0.873$, $r=0.882$)을 나타낸 차가버섯 추출물(25)의 연구의 결과와도 유사하다.

Table 3. Correlation coefficients between antioxidant activities, antioxidant contents, and β -glucan contents

Factors	TPC	TFC	β -glucan contents
DPPH ¹⁾	0.9214 ^{***2)}	0.9479 ^{***}	0.3146
FRAP	0.9743 ^{***}	0.9384 ^{***}	0.4623
ABTS	0.8669 ^{***}	0.7298 ^{**}	0.6663 ^{**}

¹⁾DPPH, DPPH radical scavenging activity; ABTS, ABTS radical scavenging activity; TPC, total phenolic contents; TFC, total flavonoid contents.

²⁾Pearson's correlation coefficient. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, **** $p<0.0001$

요 약

시판되고 있는 상황버섯과 영지버섯 차류 제품의 이화학적 특성과 β -glucan 함량, 항산화 활성 및 항산화 성분 함량을 조사하고 이들 간의 상관성을 분석하였다. pH는 4.43-7.05의 범위를 보였으며, 상황버섯 액상차2(PL2)와 영지버섯 액상차1(GL1)이 가장 낮은 값을 보였다($p<0.05$). Hunter 색차계로 측정된 결과 L 값은 41.76-55.02, a 및 b 값은 -0.49-5.06, 17.41-28.32의 범위를 보였다. 가용성 고형분 함량은 0.40-0.73 °Brix의 범위를 보였으며, 증발잔류물은 62.04-258.84 mg/100 g의 범위로 PL2와 GL1이 가장 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). β -Glucan 함량은 15.51-62.32 mg%의 범위를 나타내었으며, GL1과 PL2가 각각 62.32 mg%, 42.35 mg%로 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). DPPH 라디칼 소거 활성에서는 32.63-367.81 μ M GAE, FRAP에서는 321.86-1,035.19 μ M TE, ABTS 라디칼 소거 활성에서는 703.50-1,091.83 μ M TE의 범위를 나타내었으며, 총페놀 함량은 286.56-916.00 μ M GAE, 총플라보노이드 함량은 85.33-635.33 μ M CE의 범위를 보여 전반적으로 PL2와 GL1이 항산화능이 높은 것으로 나타났다($p<0.05$). 총페놀 함량과 총플라보노이드 함량은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 및 ABTS 라디칼 소거 활성과 모두 높은 상관성($r=0.7298-0.9743$)을 보인 반면, β -glucan 함량은 항산화 활성 모두와 비교적 낮은 상관성($r=0.3146-0.6663$)을 보였다. 전반적으로 액상차가 침출차에 비해 β -glucan 함량 및 항산화능이 우수하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치 식품기술개발사업에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Hong SS, Jung EK, Kim AJ (2013) Quality characteristics of Yanggaeng supplemented with *Sanghwang* mushroom (*Phellinus linteus*) mycelia. J Korean Diet Assoc, 19, 253-264
- Cha JY, Jin JS, Cho YS (2011) Biological activity of methanolic extract from *Ganoderma lucidum*, *Momordica charantia*, *Fagopyrum tataricum*, and their mixtures. J Life Sci, 21, 1016-1024
- Lee KS, Kong SK, Choi SY (2003) The protective effects of *Ganoderma lucidum* on the DNA damage and mutagenesis. J App Pharmacology, 11, 139-144
- Kim SH, Cha EJ, Hwang YJ (2004) Studies on antitumor activity and antimicrobial activity of *Coriolus Versicolor* (Fr.) *Quel* and *Ganoderma Lucidum* (Fr.) *Karst*. Korean J Human Ecology, 7, 49-58
- Kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH, Kim DI (2008) Antioxidative and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 684-690
- Oh SI, Lee MS (2005) Antioxidative and antimutagenic effects of *Ganoderma lucidum* Krast extracts. Korean J Food Nutr, 18, 54-62
- Lee BE, Ryu SY, Kim EH, Kim YH, Kwak KA, Song HY (2012) Immunostimulating effect of mycelium extract of *Phellinus linteus*. Korean J Pharmacogn, 43, 157-162
- Choi MA (2009) Effects of *Cheonggukjang* added *Phellinus linteus myceria* on lipid metabolism in adult female rats. J Life Sci, 19, 1679-1683
- Choi HY, Ha KS, Jo SH, Ka EH, Chang HB, Kwon YI (2012) Antioxidant and anti-hyperglycemic effects of a Sanghwang mushroom (*Phellinus linteus*) water extract. Korean J Food Nutr, 25, 239-245
- Bae HK, Hwang IW, Hong HD, Chung SK (2015) Antioxidant capacities and β -glucan content of ethanol extract from *Phellinus baumii*. Korean J Food Preserv, 22, 721-726
- Kim HM, Lee DH (2012) Effect of beta-glucans extracted from *Phellinus baumii* on the growth of *Caenorhabditis elegans*. Korean J Mycology, 40, 54-59

12. AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA
13. Olson EJ, Standing JE, Griego-Harper N, Hoffman OA, Limper AH (1996) Fungal β -glucan interacts with vitronectin and stimulates tumor necrosis factor alpha release from macrophages. *Infect Immun*, 64, 3548-3554
14. Blois MS (1958) Antioxidants determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
15. 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
16. 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
17. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299, 152-178
18. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*, 64, 555-559
19. Choi SJ, Lee YS, Kim JK, Kim JK, Lim SS (2010) Physiological activities of extract from edible mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1087-1096
20. Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH, Jhune CS (2013) Comparative analysis of useful β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp.. *J Mushroom Sci Prod*, 11, 164-170
21. Kim MH, Jeong EJ, Kim YS (2016) Studies on the antioxidative activities and active components of the extracts from *Pleurotus ostreatus*. *J Food Hyg Saf*, 31, 119-125
22. Kim JH, Jeong CH, Choi GN, Kwak JH, Choi SG, Heo HJ (2009) Antioxidant and neuronal cell protective effects of methanol extract from *Schizandra chinensis* using an *in vitro* system. *Korean J Food Sci Technol*, 41, 712-716
23. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS (2003) The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 723-727
24. Kim JY, Seong GU, Hwang IW, Chung SK (2015) Correlation between antioxidant capacities and color values in Korean red grape juices. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 44, 1206-1211
25. Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ (2005) Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 139-147