

느타리버섯 물 추출물의 항산화 및 항암 활성 효과

최해연 · *류혜숙*

공주대학교 외식식품학과, *상지대학교 식품영양학과

Antioxidant and Anticancer Effects of Water Extract from *Pleurotus ostreatus*

Hae Yeon Choi and *Hye-Sook Ryu*

Dept. of Food Service Management and Nutrition, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Abstract

Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) have been used as traditional remedies as well as food sources. This study particularly used an extract of *Pleurotus ostreatus* among many other mushrooms for research to figure out the antioxidant activity and an effect of cytotoxin. The result of antioxidative effect was significantly increased at the high concentration. The total contents of polyphenol and flavonoid were 30.2 ± 0.7 and 20.4 ± 0.6 respectively. Both reducing power and DPPH radical scavenging activities are highest at 5.0 mg/mL of concentration. According to the research about cytotoxin of normal cell, an extract of *Pleurotus ostreatus* showed no existence of toxicity based on 80.5% of viability. Meanwhile, *Pleurotus ostreatus* is not strongly effective on the growth of cancer cell, indicating anti-cancer effect has a quite high range of viability up to $70.0 \pm 5.3\%$ in 5 mg/mL of concentration.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, antioxidant activity, cytotoxin, anti-cancer

서론

최근 식품을 이용한 건강 증진에 대한 국민들의 관심 증대로 식품의 기능성 소재에 대한 검색에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 여러 가지 식품 소재를 활용한 생리활성에 대한 연구들을 통해 해독, 항염증 등의 효과가 밝혀지고 있으며, 식품의 질병예방의학 차원의 관심이 증대되고 있다(Kim KD 2004). 버섯은 우리나라에서 오랫동안 식용 및 약용으로 널리 이용되고 있으며, 그중에서도 느타리버섯은 식용뿐만 아니라, 다양한 기능을 가진 기능성 식품으로 주목 받고 있다. 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 육질이 유연하고 영양학적으로 우수한 식품으로 알려져 있으며, 혈액순환 촉진, 고혈압, 당뇨병, 항암 등의 약리 효과도 알려져 있다(Kim YS 1998). 또한 느타리버섯의 항암 효과(Park 등 1998), 항산화 효과 및 열안정성(Jung 등 1996), 혈당 감소 효과(Kang 등

2001) 등이 보고된 바 있으며, 느타리버섯을 첨가한 김치(Han 등 2002), 기능성 고추장(Ahn 등 2003) 등 식품 활용 측면에서의 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 최근에는 면역 증강 효과(Ryu HS 2014)와 기능성 식품 및 의약품 소재로도 이용되고 있다(Kang 등 2004; Kim 등 2004). 버섯을 이용한 항암 효과에 관한 연구는 오래전부터 다양하게 진행되어 왔으며, 그 중에서도 상황버섯의 위암, 식도암, 직장암 등의 항암 효과(An 등 2009)와 차가버섯 추출물의 암 예방 효과도 보고된 바 있다. 항산화 활성 연구로는 여러 분야에서 다양하게 연구되어 왔으며(Chen 등 2005; Lee 등 2008; Lai 등 2009), 버섯의 항산화 활성에 관한 연구는 느타리버섯 균사체 추출물의 항산화 효과(Jung 등 1996)와 느타리버섯 발효 식초의 항산화 효과(Chung 등 2010) 등이 알려져 있다.

따라서 본 연구는 다양한 버섯 중에서 최근 많이 이용되고 있는 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*) 추출물을 이용하여 총

* Corresponding author: Hye-Sook Ryu, Dept. of Food and Nutrition, Sangji University, Wonju 220-702, Korea. Tel: +82-33-738-7641, Fax: +82-33-730-0186, E-mail: rhs7420@hanmail.net

페놀 화합물의 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거 활성, ABTS 라디칼 소거 활성, 세포 독성 시험을 통해 항산화 활성 및 항암 효과를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 추출

본 실험에 사용된 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 원주 소재의 대형마트에서 구입하여 사용하였다. 각각의 버섯은 깨끗이 손질한 후 즉시 동결 건조하여 분말화하고, 건조 시료 20배(w/v)의 증류수를 가하여 80°C 수욕상에서 8시간 동안 환류냉각하면서 3회 반복 추출하였다.

2. 총 폴리페놀 함량 측정

버섯 물 추출물의 총 폴리페놀 화합물의 함량은 Folin-Denis 법(Gutfinger T 1981)을 응용하여 측정하였다. 즉, 증류수로 희석한 버섯 물 추출물 0.2 mL를 시험관에 넣고 증류수를 5 mL 첨가하여 혼합한 다음 실온에서 3분간 방치하였다. 그리고 10% Na₂CO₃ 포화용액 1 mL 가하여 혼합하고, 실온에서 1시간 반응시킨 후 상등액을 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 카페인산(caffeic acid)을 0~100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였으며, 표준검량곡선으로부터 추출물의 총 페놀 함량을 계산하였다.

3. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드는 Moreno(Moreno 등 2000)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고, 실온에서 40분간 방치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 quercetin을 0~100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였으며, 표준검량곡선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

4. DPPH 라디칼 소거 활성 측정

DPPH radical scavenging activity는 Choi 등(1993)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉, 시료 희석액 0.4 mL에 1×10^{-4} M DPPH 용액(메탄올) 5.6 mL를 첨가한 후, 10분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 활성비교를 위하여 표준물질은 ascorbic acid를 사용하였으며, 시료 무 첨가구에 대한 첨가구의 흡광도 비로 나타내었으며, 각 sample 별로 DPPH radical을 50% 저해하는 농도인 IC₅₀을 구하였다. DPPH 법은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변생성물질, peptide 등의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 환원됨으로써 짙은 자색이 탈색되

는 정도에 따라 항산화 효과를 측정하는 방법으로 항산화 물질 탐색에 가장 일반적으로 사용되는 항산화 측정 방법으로 알려져 있다(You 등 2011).

5. ABTS 라디칼 소거 활성 측정

ABTS⁺ radical scavenging activity는 Re 등(1999)에 따라 측정하였다. ABTS⁺를 7.4 mM ABTS 용액에 2.4 mM potassium persulfate를 넣고 암실에서 12~16시간 동안 반응시켰다. 반응액을 734 nm에서 흡광도가 0.7이 되도록 증류수로 희석을 시킨 후 이용액 2 mL에 시료용액 1 mL를 가하여 실온에서 10분간 반응시킨 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다. ABTS법은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS가 시료 중의 항산화성 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색되는 것을 이용하여 항산화력을 측정하는 방법이다(Jo 등 2011).

6. 환원력 측정

느타리버섯 물 추출물의 환원력은 Oyaizu M(1986)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 농도별 시료 1 mL, 인산완충액(200 mM, pH 6.6) 그리고 1% potassium ferricyanide를 1 mL씩 차례로 가하여 섞은 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 10% TCA 용액 mL를 사용하여 2,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 상등액 2 mL에 증류수 1 mL와 0.1% ferric chloride 1 mL를 가하여 혼합 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 ascorbic acid를 이용하여 시료의 환원력을 비교하였으며, 시료의 환원력은 흡광도 값으로 나타내었다.

7. FRAP(Ferric-reducing antioxidant potential)에 의한 항산화능

FRAP 측정은 Benzie & Strain(1999)에 의한 방법에 따라 측정하였다. FRAP reagent는 sodium acetate buffer(300 mM, pH 3.6) 25 mL, 40 mM HCl로 용해한 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ) 2.5 mL, 20 mM FeCl₃ 2.5 mL 및 증류수 3 mL를 섞어 혼합물을 만들었다. 실험은 각각의 시료 0.05 mL에 혼합물 1.5 mL를 가한 후 혼합하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 593 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

8. 세포 배양

인간정상 신장세포인 HEK-293(Transformed primary embryonal kidney, KCLB No. 21573), 인간 간암세포인 HepG2(Human hepatoblastoma, KCLB No. 88065), 인간 위암세포 AGS(Human gastric carcinoma, KCLB No. 21739) 및 인간 유방암세포 MCF-7(Human breast adenocarcinoma, KCLB No. 30022)는 Korea Cell

Line Bank(KCLB)로부터 분양 받아 100 units/mL의 penicillin-streptomycin(GIBCO, Grand Island, NY, USA)과 10% fetal bovine serum(FBS; GIBCO, Grand Island, NY, USA)이 함유된 DMEM 배지(GIBCO, Grand Island, NY, USA) 또는 RPMI 1640 배지(GIBCO, Grand Island, NY, USA)를 사용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였으며, 계대배양은 2~3일에 한 번씩 하였다.

9. 세포 독성 측정

느타리버섯 열수 추출물의 세포 독성을 알아보기 위하여 MTT(3,4,5-dimethyl-thiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) assay를 이용하여 측정하였다(Oh 등 2009). 각각의 세포를 96 well plate에 5×10⁴ cell/mL 농도로 100 µL씩 첨가하여 5% CO₂, 37°C incubator에서 48시간 동안 배양시키고 배지에 녹인 시료(2, 3, 4, 5 mg/mL) 100 µL 첨가하여 24시간 배양하였다. 그 후 각 well의 상층액을 제거한 후 MTT 용액(5 mg/mL)을 100 µL씩 첨가하고, 37°C, 5% CO₂ incubator에서 4시간 더 배양한 후 MTT 시약이 첨가된 배지를 조심스럽게 제거하였다. 남아 있는 배지를 완전히 제거하기 위해 실온에서 30분간 방치한 후 DMSO(dimethyl sulfoxide)를 이용하여 용해시킨 시료를 microplate reader(EPOCH, BioTek Instrument, Winooski, VT, USA)로 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포 독성은 대조군에 대한 생존율로 나타내었다.

10. 통계처리

본 연구의 결과는 평균치와 표준편차로 나타내었고, 유의성 검정은 version 12의 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사 산물의 하나로 항산화, 항균 활성 등의 생리 활성 기능을 나타내며, 일반적으로 페놀성 화합물이 항산화 활성을 나타내는 물질로 작용하는 것으로 알려져 있다(Durkee & Thivierge 1977; Kozłowska 등 1983). 느타리버섯 물 추출물에 존재하는 총 폴리페놀 함량 및 플라보노이드 함량은 각각 caffeic acid 및 quercetin을 표준물질로 사용하여 측정하였다(Table 1). 느타리버섯 물 추출물의 총 폴리페놀 함량은 30.2±0.7 mg%이며, 플라보노이드 함량은 20.4±0.6 mg%를 나타내었다. Um 등(2010)은 2008년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯

Table 1. Total polyphenol and flavonoid contents of water extracts from *Pleurotus ostreatus* (Unit: mg%)

Ingredient	Polyphenol	Flavonoid
<i>Pleurotus ostreatus</i> water extract	30.2±0.7 ¹⁾	20.4±0.6

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3)

과에서 재배한 18품종의 느타리버섯 자실체에 대하여 노랑 느타리는 39.1±0.8 mg%, 수한이 26.1±0.7 mg%, 신농이 26.0±0.3 mg%, 수한무에서 25.3±0.5 mg%의 총 페놀 함량을 나타내었다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

2. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성

느타리버섯 물 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 결과를 Table 2에 나타내었다. 느타리버섯 물 추출물 0.625, 1.25, 2.5, 5 mg/mL 농도에서의 DPPH radical 소거능은 4.5±0.1%, 11.0±0.4%, 23.2±0.1% 및 44.1±0.6%로 농도 의존적으로 증가하였다. 그리고 ABTS radical 소거능은 10.2±0.8%, 25.3±0.3%, 59.6±0.5% 및 70.1±0.1%로 DPPH radical 소거능과 마찬가지로 농도 의존적으로 증가하였으나, 느타리버섯 물 추출물은 DPPH radical 소거 활성보다는 ABTS radical 소거 활성에 더 효과적인 것으로 나타났다. 이와 같이 DPPH법과 ABTS법으로 측정한 느타리버섯 물 추출물의 활성이 다르게 측정된 이유는 두 가지 모두 라디칼이라는 점은 같으나, DPPH는 자유 라디칼, ABTS는 양이온 라디칼이라는 것과 페놀물질의 종류

Table 2. DPPH radical and ABTS radical scavenging activities of water extracts from *Pleurotus ostreatus* (Unit: %)

Concentration (mg/mL)	DPPH	ABTS
0.625	4.5±0.1 ^{1)a}	10.2±0.8 ^a
1.250	11.0±0.4 ^b	25.3±0.3 ^b
2.500	23.2±0.1 ^c	59.6±0.5 ^c
5.000	44.1±0.6 ^d	70.1±0.1 ^d
IC ₅₀	5.6	3.2
Ascorbic acid (mg/mL)	DPPH	ABTS
0.025	29.1±0.7 ^a	98.9±0.1 ^a
0.050	64.4±0.3 ^b	97.9±0.2 ^b
0.075	94.2±0.7 ^c	96.9±0.2 ^c
0.100	95.6±0.1 ^c	98.3±0.1 ^d
IC ₅₀ (µg/mL)	39.4	38.1

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3)

^{a-d} Means with the different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

가 다음에 따라 두 기질에 결합하는 정도가 다르기 때문이라고 설명하고 있다(Wang 등 1998; Lee 등 2005; Shin 등 2010).

3. 환원력

느타리버섯 물 추출물의 환원력의 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 5 mg/mL의 농도에서 1.648±0.047로 가장 높은 환원력을 보여주어, 느타리버섯 물 추출물의 환원력은 라디칼 소거능과 유사한 경향으로 시료의 농도가 증가할수록 흡광도 값도 증가하여 높은 환원력을 나타내었다. 즉, 전자가 주는 환원력이 클수록 강력한 항산화제가 되는데 높은 환원력을 가지는 물질은 흡광도가 높게 나타난다. 체내에서는 항산화제가 자동산화 반응 중에 생성되는 자유라디칼에 수소 원자를 공여함으로써 그 반응을 종결시킨다(Youn 등 2012). FRAP는 전자공여 능력을 통해 산화 활성을 검증하는 방법 중 하나로 산화제로 작용하는 Fe³⁺와 항산화제와의 반응을 통해 생성된 Fe²⁺을 흡광도를 통해 정량할 수 있는 방법이다. 이는 Joo SH(2013)의 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

4. 세포 독성

느타리버섯 물 추출물이 암세포 성장 억제에 미치는 영향을 알아보기 위하여 MTT assay 및 3종의 암세포와 1종의 정상세포주를 사용하였다. Fig. 1은 인간 정상 신장 세포(HEK-293), Fig. 2는 인간 간암 세포(HepG2), 인간 유방암 세포(MCF-7) 및 인간 위암 세포(AGS)에 농도별로 시료를 처리한 후 세포 생존율을 나타낸 것이다.

HepG2, MCF-7 및 AGS에 대하여 시료 최고 농도인 5 mg/

Table 3. Reducing power and ferric-reducing antioxidant power of water extracts from *Pleurotus ostreatus*

(Unit: Absorbance)

Concentration (mg/mL)	Reducing power (700 nm)	FRAP (593 nm)
0.625	0.279±0.003 ^{1)a}	0.097±0.004 ^a
1.250	0.530±0.006 ^b	0.147±0.001 ^b
2.500	0.941±0.025 ^c	0.257±0.010 ^c
5.000	1.648±0.047 ^d	0.478±0.001 ^d
Ascorbic acid (mg/mL)	Reducing power (700 nm)	FRAP (593 nm)
0.025	0.363±0.016 ^a	0.314±0.007 ^a
0.050	0.745±0.010 ^b	0.558±0.078 ^a
0.075	1.184±0.011 ^c	0.846±0.011 ^b
0.100	1.692±0.007 ^d	1.165±0.072 ^c

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3)

^{a-d} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

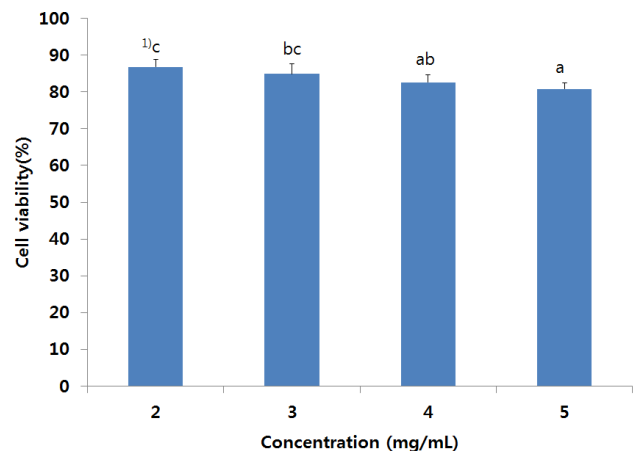


Fig. 1. Cytotoxicity of water extract from *Pleurotus ostreatus* on human transformed primary embryonal kidney (HEK-293). ¹⁾ Values are the mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

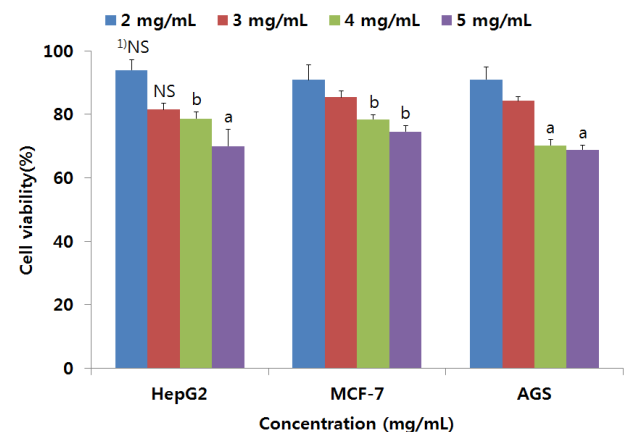


Fig. 2. Cytotoxicity of water extract from *Pleurotus ostreatus* on human cancer cell. ¹⁾ Values are the mean±S.D. (n=3). ^{a-c} Means with the different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. ^{NS} not significant

mL로 처리하였을 때 세포생존력은 각각 70.0±5.3%, 74.5±2.0% 및 68.9±1.4%로 AGS가 가장 낮은 생존력을 나타내었기 때문에 가장 높은 세포 독성을 나타내었다. 또한 인간정상 신장세포에 대하여 시료 최고 농도로 처리했을 때는 80.8±1.7%의 생존력을 나타내어, 암세포에 비해 낮은 세포 독성을 나타내었다. Um 등(2010)은 2008년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과에서 재배한 18품종의 느타리버섯 자실체에 대하여 신장암세포에 대한 세포 독성을 검사한 결과, 10 mg/mL의 농도에서 40% 이하의 세포 독성을 나타내었으며, Chung

등(2010)은 느타리버섯 물 추출물에 *Acetobacter aceti*를 접종하여 상온에서 365일 발효시킨 후 간암세포인 Hep3B에 대하여 암세포 성장 억제율을 실험한 결과, 500 µg/mL의 농도에서 57.5%의 간암세포 성장 억제율을 나타내어 발효에 의해 암세포 성장 억제율이 증가된 것을 알 수 있었다.

요 약

버섯은 우리나라에서 식용으로 널리 이용되고 있는 식품으로 많은 연구들에서 다양한 생리활성 효과에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구는 다양한 버섯 중에서 최근 많이 이용되고 있는 느타리버섯 추출물을 이용하여 항산화 활성 및 세포 독성 효과를 확인하고자 하였다. 연구결과, 느타리버섯의 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 각각 30.2 ± 0.7 mg%와 20.4 ± 0.6 mg%로 나타났다. 0.625, 1.25, 2.5, 5 mg/mL 농도에서의 DPPH radical 소거능은 0.625의 농도에서 $4.5 \pm 0.1\%$, 1.25의 농도에서 $11.0 \pm 0.4\%$, 2.5 mg/mL 농도에서 $23.2 \pm 0.1\%$, 5.0 mg/mL 농도에서 $44.1 \pm 0.6\%$ 의 결과를 보였다. 환원력은 5 mg/mL의 농도에서 1.648 ± 0.047 로 가장 높은 환원력을 보여주어 시료의 농도가 증가할수록 흡광도 값도 증가하여 높은 환원력을 나타내었다. 느타리버섯 물 추출물의 인간 정상 신장세포 HEK293을 이용한 정상세포에 대한 세포 독성을 측정 한 결과에서는 느타리버섯 물 추출물 80.5%의 생존력을 나타내어 독성이 없는 것으로 보였다. 한편, 이들 버섯 추출물의 암세포 성장 억제에 미치는 영향을 검색한 간암세포 생육 저해능의 결과는 최고 5 mg/mL의 농도에서 $70.0 \pm 5.3\%$ 의 세포 생존력을 나타내어, 암세포 성장에는 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다.

References

- Ahn MR, Jeong DY, Hong SP, Song GS, Kim YS. 2003. Quality of traditional *Kochujang* supplemented with mushrooms. *J Korean Society Agricultural Chemistry & Biotechnology* 46:229-234
- An CS, Choi SY, Kim HL, Jeon YH, Hur SJ, Kim IH, Park GD, Jeoung YJ, Lim BO. 2009. Immunomodulatory effects of *Phellinus linteus* extracts on liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 17:217-222
- Benzie IFF, Strain JJ. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol* 299:15-27
- Chen MH, Bergman CJ. 2005. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and oryzanol contents. *J Food Compos Anal* 18:139-151
- Choi JS, Park JH, Kim HG, Young HS, Mun SI. 1993. Screening for antioxidant activity of plants and marine algae and its active principles from *Prunus daviana*. *Kor J Pharmacol* 24:299-303
- Chung BH, Seo HS, Kim HS, Woo SH, Cho YG. 2010. Antioxidant and anticancer effects of fermentation vinegars with *Phellinus linteus*, *Inonotus obliquus* and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18:113-117
- Durkee AB, Thivierge PA. 1977. Ferulic acid and other phenolics in oat seeds. *J Food Sci* 42:551-558
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58:966-968
- Han SY, Park MS, Seo KI. 2002. Biological activities of oyster mushroom *Kimchi*. *Korean J Food Preservation* 9:56-60
- Jo JE, Kim KH, Kim MS, Choi JE, Byun MW, Yook HS. 2011. Antioxidant activity from different root parts of 6-year-old *Panax ginseng* C.A. Meyer (Yun-poong). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:493-499
- Joo SH. 2013. Quality characteristics and antioxidant activity of gaeseong-juak prepared with *Prunus yedoensis* Matsumura extract. *Korean J Food & Nutr* 26:92-100
- Jung IC, Park S, Park KS, Ha HC, Kim SH, Kwon YI, Lee JS. 1996. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Science and Technology* 28:464-469
- Kang HI, Kim JY, Moon KD, Seo KI, Cho YS, Lee SD, Yee ST. 2004. Effect of the crude polysaccharide of *Pleurotus ostreatus* on the activation of immune cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1092-1097
- Kang TS, Kang MS, Sung JM, Kang AS, Shon HR, Lee SY. 2001. Effect of *Pleurotus eryngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J Mycology* 29:86-90
- Kim JY, Kang HI, Park KU, Moon KD, Lee SD, Cho SH, Wee JJ, Kyung JS, Song YB, Seo KI. 2004. Antioxidative and antitumor activities of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus ostreatus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1589-1593
- Kim KD. 2004. Research of oriental medicine plant on anti-oxidation and ultraviolet rays absorption. *J Kor Soc Cosm* 10:145-153

- Kim YS. 1998. Quality of wet noodle prepared with wheat flour and mushroom powder. *Korean J Food Science and Technology* 30:1373-1380
- Kozłowska H, Rotkiewicz DA, Zadernowski R, Sosulski FW. 1983. Phenolic acids in rapeseed and mustard. *J Am Oil Chem Soc* 60:1119-1131
- Lai P, Li KY, Lu S, Chen HH. 2009. Phytochemicals and antioxidant properties of solvent extracts from Japonica rice bran. *Food Chem* 117:538-544
- 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
- Lee YM, Lee JJ, Lee MY. 2008. Antioxidative effect of *Pimpinella brachyycarpa* ethanol extract. *J Life Sci* 18:467-473
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *Ethnopharmacol* 71:109-114
- Oh HT, Chung MI, Ham SS. 2009. Anticancer activity on ethanolic extract of the masou salmon (*Oncorhynchus masou*) *in vitro* and *in vivo*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:142-145
- 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
- Park MH, Oh KY, Lee BW. 1998. Anti-cancer activity of *Lentinus edodes* and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Food Science and Technology* 30:702-708
- Re R, Pellegrini N, Pannalal A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26:1231-1237
- Ryu HS. 2014. Enhancing effect of *Pleurotus ostreatus* extracts on mouse spleen and cytokine cells activation. *Korean J Food & Nutr* 27:603-608
- Shin JH, Lee HG, Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ. 2010. Antioxidant activity of solvent fraction from black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:933-940
- Um SN, Jin GE, Park KW, Yu YB, Park KM. 2010. Physiological activity and nutritional composition of *Pleurotus* species. *Korean J Food Sci Technol* 42:90-96
- Wang MF, Shao Y, Li JG, Zhu NQ, Rangarajan M, Lavoic EJ, Ho CT. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J Agric Food Chem* 46:4869-4873
- You BR, Kim HR, Kim HJ, Lee JY, Lee SY, Song MR, Park JY, Kim MR. 2011. Catalpol content and antioxidant activities in various cultivars of *Rehmannia glutinosa*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:481-485
- Youn JS, Shin SY, Wu Y, Hwang YJ, Cho JH, Ha YG, Kim JK, Park MJ, Lee SH, Kim TH, Kim TW. 2012. Antioxidant and anti-wrinkling effects of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract. *Korean J Food Preserv* 19:393-399

Received 29 December, 2014

Revised 19 January, 2015

Accepted 23 January, 2015