

원적외선 처리가 상황버섯과 영지버섯 추출물의 항산화능에 미치는 영향

김정한* · 이승철¹ · 주영철

경기도농업기술원 버섯연구소, ¹경남대학교 식품생명학과

Effect of Far-infrared Irradiation on the Antioxidant Activity of Extracts from *Phellinus igniarius* and *Ganoderma lucidum*

Jeong-Han Kim*, Seung-Cheol Lee¹, and Young-Cheoul Ju

Mushroom Research Institute, Gyeonggido Agricultural Research and Extension Service

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University

Abstract The antioxidant activities of *Phellinus igniarius* (PI) and *Ganoderma lucidum* (GL) extracts were evaluated after far-infrared (FIR) irradiation. PI and GL were irradiated at 120°C for 30, 60, 90 and 120 min with a FIR heater (2-14 μm), and then extracted by distilled water for 1 hr. Total sugar contents (TSC), total phenolic contents (TPC), radical scavenging ability (RSA), and reducing power (RP) were significantly increased by FIR irradiation. When PI was irradiated for 120 min, the TSC, TPC, RSA, and RP values of the PI extracts increased from 10.1 to 25.9 mg/g, 6.1 to 13.4 mg/g, 23.8 to 51.5%, and 0.222 to 0.363, respectively, compared to the untreated controls. The GL extracts, under the same conditions (120°C for 120 min), also increased in TSC, TPC, RSA, and RP from 11.1 to 22.6 mg/g, 2.5 to 5.8 mg/g, 14.5 to 18.6%, and 0.271 to 0.296, respectively. These results indicate that appropriate FIR irradiation of PI and GL could enhance the antioxidant activities of their extracts by increasing amounts of phenolic and sugar compounds.

Key words: *Ganoderma lucidum*, *Phellinus igniarius*, far-infrared irradiation, antioxidant

서 론

최근 생활수준의 향상과 더불어 건강과 웰빙에 대한 관심이 급속히 높아져 가고 있으며 고령화 사회로의 진입, 식습관과 환경오염에 의한 만성질환의 증가, 식품의 유효성분에 의한 건강증진 및 질병예방 효과 등이 연구로 증명되면서 식품에 대한 소비자의 요구수준도 점점 높아지고 있다. 특히, 차(茶)는 오랜 세월동안 민간 의약품으로서 질병치료의 목적으로 이용되어 왔으나 최근에는 영양공급, 노화억제, 생체리듬조절 및 면역증강 등 생명활동을 조절하는 기능이 과학적으로 규명됨에 따라 편리하고 기호성이 높은 음료로 개발되고 있다. 우리나라에서도 2000년부터 녹차를 중심으로 본격적으로 시장에 진입한 차(茶) 음료(녹차, 보리차 및 혼합차)가 경기침체로 인해 음료시장이 전반적으로 위축되었음에도 불구하고 돌풍을 일으키면서 시장을 확대해 나가고 있다.

상황버섯은 분류학적으로 소나무비늘과(Hymenochaetaceae), 진홍버섯속(*Phellinus*)에 속하는 백색부후균으로 항암력이 매우 우수한 버섯으로 알려져 있으며(1), 위암, 식도암, 십이지장암, 결장암, 직장암 등의 소화기 계통의 암을 비롯하여 간암 수술 후 화학요법을 병행할 때의 면역기능 향진에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(2). 또한 담자균류 민주름목에 속하는 영지버섯은 활

엽수 뿌리에서 발생하여 땅위로 돌는 1년생 버섯으로 예로부터 불로초라고도 불렸으며 일본에서는 만년버섯, 중국에서는 영지라고 하여 장식용이나 약재로 많이 사용되어져 왔다. 영지버섯 추출물의 항종양활성, 면역증대활성, 항암효과, 산화억제작용이 밝혀지면서부터 기능성 대체의약품이나 건강보조 식품으로서 각광을 받게 되었다(3-5).

약용버섯류의 활용에 있어 가장 기본이 되는 처리공정은 재료로부터 유효성분을 분리하는 추출공정이며 주로 열수 추출법이 사용되고 있으나 추출에 장시간 소요되고 추출효율이 낮은 단점이 있다. 따라서 기존의 열수추출법을 기본으로 하면서 유효성분을 효과적으로 분리해낼 수 있는 적절한 전처리 기술이 필요하리라 생각된다.

한편, Niwa와 Miyachi(6)는 원적외선 처리로 식물속에 존재하는 항산화물질들을 저분자화시켜 임상효과를 높였다고 보고한바 있으며, Lee 등(7-9)도 원적외선 처리로 식물성 추출물의 고분자 polyphenol들이 유리되어 항산화능이 증가되었다는 결과를 보고한 바 있다. 이에 본 연구에서는 상황버섯과 영지버섯을 차음료로 제조하기 위한 전처리 공정으로서 원적외선의 효과를 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

상황버섯과 영지버섯은 서울의 경동시장에서 구매하여 실험에 사용하였으며, gallic acid와 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)시약은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서, Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka,

*Corresponding author: Jeong-Han Kim, Mushroom Research Institute, 430-8 Sam-ri, Silchon-eup, Gwangju-si, Gyeonggi-do 464-873, Korea

Tel: 82-31-229-6126

Fax: 82-31-229-6139

E-mail: kjh75@gg.go.kr

Received February 10, 2007; accepted May 23, 2007

Japan)에서 구입하여 사용하였다. 그리고 potassium ferricyanide, 염화철 등 분석에 사용한 모든 시약들은 일급 이상이였다.

원적외선 처리 및 버섯 추출물의 제조

건조된 상황버섯과 영지버섯은 믹서기로 분쇄하여 27 mesh 체로 거른 후 분말상태로 제조하였다. 건조버섯 10.0g을 회전접시에 올려놓고 원적외선 히터가 장착된 건조기(Asung Test Machine, Seoul, Korea)를 이용하여 120°C에서 30, 60, 90 그리고 120분 동안 각각 조사하였다. 원적외선 히터의 규격은 35 × 10 cm, 출력 300 W로 Hakko Electric Machine Works Co., Ltd.(Nagano, Japan)의 제품이었다. 각각 처리된 시료 0.1g에 증류수 10mL를 가하여 상온에서 1시간 방치 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과하여 다음 분석을 위한 추출물로 사용하였다.

갈변도

각 추출물을 0.2 μm 나일론 필터로 여과한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하여 갈변도를 구하였다.

총당 함량

총당 함량은 phenol-sulfuric acid법(10)에 따라 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에 5% 페놀 1 mL와 황산 5 mL를 가하여 발색시킨 다음 20분간 방치 후 분광광도계를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당의 정량은 glucose 표준품을 사용하여 검량선을 작성하여 나타내었다.

총페놀 함량

총페놀 함량은 Folin-Denis법(11)에 따라 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에 Na₂CO₃용액 1 mL를 가하여 3분간 방치한 후, 50% Folin-ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 12,000 rpm에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 환산하여 나타내었다.

라디칼 소거능

라디칼 소거능은 Blois 방법(12)에 준하여 측정하였으며, 시료 0.2 mL에 4.1 × 10⁻⁵ M의 DPPH 용액 0.8 mL를 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{라디칼소거능 (\%)} = \left[1 - \frac{\text{시료첨가구의 O.D.}}{\text{무처리구의 O.D.}} \right] \times 100$$

환원력

환원력은 Oyaize의 방법(13)에 따라 측정하였으며, 항산화 물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정한 것이다. 1 mL의 인산염 완충용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 mL의 시료 추출물에 1% potassium ferricyanide용액 1 mL를 가하고 이 혼합물을 50°C, 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid용액 1 mL를 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 12,000 rpm에서 원심분리하여 얻은 상정액 1 mL과 증류수 1 mL을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 넣고 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

모든 측정은 3회 반복하여 행하여졌으며, 그 결과의 통계처리

Table 1. Effect of far-infrared (FIR) irradiation on browning intensity (BI), total sugar contents (TSC) and total phenolic contents (TPC) of water extracts from *Phellinus igniarius*

	Time(min)				
	0	30	60	90	120
BI (O.D.)	0.656 ^c	1.121 ^b	1.296 ^a	1.278 ^a	1.361 ^a
TSC (mg/g)	10.1 ^d	13.0 ^c	14.4 ^c	22.7 ^b	25.9 ^a
TPC (mg/g)	6.1 ^d	11.0 ^c	11.0 ^b	12.5 ^{ab}	13.4 ^a

^{a-d}Different letters in a row are significantly different (p < 0.05), n = 3.

는 SAS(Statistical Analysis System)을 이용하여 p < 0.05 수준에서 Duncan의 다중범위검정(Duncan's-multiple range test)을 통하여 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

갈변도, 총당 함량 및 총페놀 함량의 변화

원적외선 처리에 따른 상황버섯 추출물의 갈변도, 총당 및 총페놀 함량을 Table 1에 나타내었다. 원적외선 처리에 의해 추출물의 갈변도는 처리시간에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 상황버섯 추출물(1%, w/v)의 갈변도는 0.656으로 Lee와 Son(14)이 보고한 녹차의 0.140보다 높았으나 우롱차(0.582)와는 비슷하고, 홍차(0.915)보다는 낮은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 원재료 고유의 색, 추출농도, 효소반응 및 발효 등과 같은 가공방법에 따라 다르게 나타나는 것으로 생각된다. 버섯에는 다당체가 많이 함유되어 있고, 그중에서 β-glucan은 항암작용, 면역활성 및 혈압강하작용 등의 다양한 생리활성을 지니고 있어 버섯을 대표할 수 있는 성분으로 인식되고 있다. 상황버섯의 구성성분은 당질이 80.9%로 대부분을 차지하고, 단백질 11.2%, 수분 6.3% 순으로 구성되어 있다(15). 본 연구에 이용된 상황버섯에도 총당이 10.1 mg/g 함유되어 있었으며, 원적외선 처리에 의해 급격히 증가하여 90분에는 2.2배(22.7 mg/g), 120분에는 2.6배(25.9 mg/g)까지 증가하였다. 한편, 식물성 페놀화합물들은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로서 수산기를 통한 수소공여와 페놀고리의 공명 안정화로 프리라디칼을 소거하며, 지질의 산화를 억제하는 가장 대표적인 항산화물질로 보고되고 있다(16). Lo와 Cheung(17)은 버섯 균사체 및 자실체에서 추출된 주항산화 성분이 페놀성 화합물이며 Mau 등(18)도 망태버섯의 주항산화성분이 페놀성 화합물이라고 보고하였다. 이 밖에도 황금버섯류에는 asiaticusin A, asiaticusin B, 은행잎 우단버섯에는 p-terphenyl류의 페놀성 화합물이 함유되어 있으며(19), 특히 붉은점박이 광대버섯과 청머루무당버섯의 p-hydroxybenzoic acid, 비단그물버섯과 젓비단그물버섯의 quercetin 등의 페놀성 화합물은 라디칼 소거능이 우수하다고 보고되었다(20). 상황버섯도 약 6.1 mg/g의 페놀성 화합물들이 존재하였으며, 총당 함량과 비슷하게 원적외선 처리에 의해 페놀 함량이 증가하여 90분 이후에 2배 이상(12.5 mg/g) 증가되었다.

원적외선 처리에 의한 영지버섯 추출물의 갈변도, 총당 함량 및 총페놀 함량은 Table 2와 같다. 영지버섯의 갈변도는 처리하지 않은 무처리구가 0.251로서 상황버섯의 0.656에 비해서는 낮은 것으로 나타났으나 녹차(0.140)의 경우(14)보다는 다소 높았다. 원적외선 처리 시간에 비례하여 갈변도는 증가하여 60분과 120분에 0.329, 0.428로 각각 높아졌으나 상황버섯 무처리구가 0.656임을 감안할 때 원재료간 색의 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

Table 2. Effect of far-infrared irradiation on browning intensity (BI), total sugar contents (TSC) and total phenolic contents (TPC) of water extracts from *Ganoderma lucidum*

	Time(min)				
	0	30	60	90	120
BI(O.D.)	0.251 ^c	0.266 ^{bc}	0.329 ^b	0.339 ^b	0.428 ^a
TSC (mg/g)	11.1 ^c	11.3 ^c	13.4 ^c	15.5 ^b	22.6 ^a
TPC (mg/g)	2.5 ^c	3.4 ^c	4.7 ^d	5.2 ^{ab}	5.8 ^a

^{a-d}Different letters in a row are significantly different ($p < 0.05$), $n = 3$.

무처리구의 영지버섯의 총당 함량은 11.1 mg이었으며, 상황버섯의 경우와 비슷하게 원적외선 처리에 의해 증가하였다. 원적외선 처리 120분 후에 총당함량은 22.6 mg으로 무처리구보다 2.2배 증가하였다. Chung과 Youn(21)도 영지버섯은 약 12.6-15.6 mg/g의 당이 함유되어 있으며 전처리와 추출법에 따라 총당함량이 변화되는 것으로 보고하였다. 본 실험에서는 영지버섯의 총페놀 함량은 2.5 mg으로 상황버섯(6.1 mg)보다는 적었으며, 원적외선 처리 시간에 비례하여 120분 이후에 2.3배(5.8 mg)로 증가되었다.

적절한 전처리 공정은 버섯 유래 유용물질의 추출 향상에 크게 기여한다. Chung과 Youn(21, 22)은 영지버섯과 오가피에 대한 마이크로파 및 초음파 처리가 페놀성 물질의 함량을 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에 앞서 실시한 예비실험 결과 일반 열처리에 의해서는 상황버섯과 영지버섯의 페놀성물질을 증가시키지 못했지만(데이터 없음), 원적외선 처리에 의해서는 효과적으로 증가되었다. Lee 등(9)은 원적외선이 복사 방식으로 에너지를 전달하며, 이로 인해 일반적인 열처리보다 보다 효율적으로 대상 물질의 내부로 에너지가 전달되어 유용물질을 유리화 또는 활성화시킨다고 보고하였다. 또한, 원적외선은 물분자의 클러스터를 작게 만들어 물분자의 운동성을 활성화한다는 ¹⁷O NMR 스펙트럼이 보고되기도 하였다(23). 본 연구결과 원적외선은 상황버섯과 영지버섯의 당류와 페놀 화합물의 유리화를 촉진하는데 효과적임을 알 수 있었다.

항산화활성

항산화활성은 환원력과 라디칼 소거능으로 측정하였으며, 상황버섯 추출물의 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 상황버섯 추출물의 환원력과, 라디칼 소거능이 원적외선 처리시간에 비례하여 증가하여, 처리 120분 이후 라디칼 소거능은 23.8%에서 51.5%로, 환원력은 0.222에서 0.363으로 각각 증가하였다.

Fig. 2에는 영지버섯 추출물의 항산화활성을 나타내었다. 상황버섯 무처리구의 라디칼 소거능은 23.8%인데 비해 영지버섯 무처리구는 14.5%로 다소 낮았으나 환원력은 영지버섯이 0.27로 상황버섯의 0.22보다 높았다. 영지버섯의 라디칼 소거능은 무처리구의 14.5%에 원적외선을 120분간 처리하였을 때 18.63%로 약 1.3배 증가하였다. 그러나, 상황버섯은 같은 조건에서 라디칼 소거능이 2.2배 증가하였음과 비교해 보면 영지버섯에서보다 상황버섯에 원적외선 조사 효과가 우수하였다. 영지버섯의 환원력은 원적외선 120분 처리시에 0.270에서 0.295로 증가하였으나 통계적으로 유의성이 없었다($p < 0.05$).

원적외선 조사된 상황버섯과 영지버섯 추출물의 항산화활성은 총페놀 함량과 밀접한 관계를 보였다. 일반적으로, 라디칼 소거능과 총페놀 함량은 밀접하게 연관되어지는데, 주로 페놀성 화합물의 hydroxyl기가 항산화활성에 관여한다고 알려져 있다(16). Choi 등(24)은 표고버섯에 121°C의 열을 30분 동안 처리하여 유

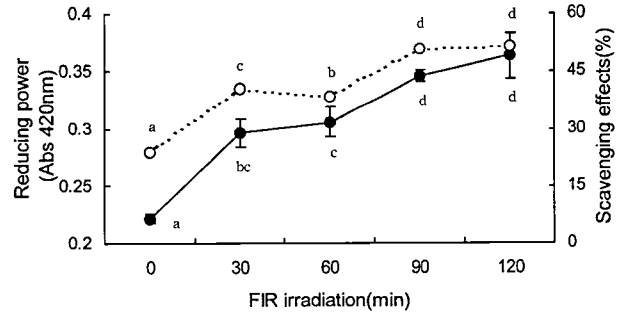


Fig. 1. Effect of far-infrared (FIR) irradiation on the reducing power (RP) and radical scavenging ability (RSA) of water extract from *Phellinus igniarius*. ●: RP, ○: RSA. ^{a-d}Different letters in a row are significantly different ($p < 0.05$). Each value is expressed as mean \pm standard derivation ($n = 3$).

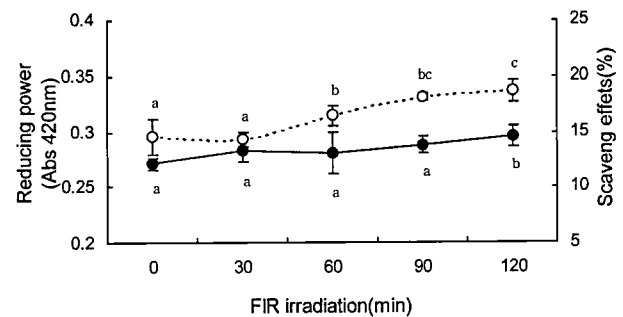


Fig. 2. Effect of far-infrared (FIR) irradiation on the reducing power (RP) and radical scavenging ability (RSA) of water extract from *Ganoderma lucidum*. ●: RP, ○: RSA. ^{a-d}Different letters in a row are significantly different ($p < 0.05$). Each value is expressed as mean \pm standard derivation ($n = 3$).

리 페놀함량이 1.8배, DPPH 라디칼 소거능이 1.9배 증가하였고 하며, Chung과 Youn(21), Kim 등(25)도 영지버섯 및 만가닥버섯에 각각 마이크로웨이브를 이용하여 추출시에 총페놀 함량과 전자공여능이 증가한다고 보고하였다. 또한, Shimada 등(26)은 약용버섯의 환원력은 추출물에 함유되어 있는 reductone의 수소공여능 때문이며 유리 라디칼과 반응하여 연쇄반응을 종결시키고 또한 과산화물 또는 그 전구체와 반응하여 과산화물의 형성을 억제하여 항산화활성을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서도 원적외선 처리로 상황버섯과 영지버섯에 존재하는 페놀성 화합물, reductone 등의 유용물질이 활성화 또는 유리화되어 그 항산화활성이 증가하는 것으로 생각된다.

요 약

원적외선 조사가 상황버섯과 영지버섯의 항산화능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 30, 60, 90 그리고 120분 간격으로 원적외선을 조사를 한 후, 물 추출물을 제조하여 실험에 이용하였다. 상황버섯 추출물은 원적외선 처리시간에 비례하여 갈변도, 총당, 총페놀, 라디칼소거능 및 환원력이 증가하였으며, 120분 처리 후 갈변도는 2.1배, 총당은 2.6배, 총페놀은 2.2배, 라디칼 소거능은 2.2배, 환원력은 1.6배 증가하였다. 또한, 원적외선 120분 조사에 의해 영지버섯 추출물의 갈변도, 총당, 총페놀 및 라디칼소거능도 각각 1.7배, 2.0배, 2.3배, 1.3배 증가하였다. 그러나 환원력은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 전체적인 효과는 상황버섯에 비

해 다소 낮았다. 이상의 결과 원적외선 조사가 상항버섯과 영지버섯의 당류 및 페놀화합물의 추출을 촉진하여 항산화능을 향상 시킴을 확인하였다.

문 헌

- Choi JH, Ha TH, Rho YD. Studies on the main factors affecting the mycelial growth of *Phellinus linteus*. Korean J. Mycol. 24: 214-222 (1996)
- Ikekawa J, Nakamishi M, Uehara N, Chihara G, Fukuoka F. Antitumor action of some *Basidiomycetes* especially *Phellinus linteus*. Gann 59: 155-157 (1968)
- Shiao MS. Natural products of the medicinal fungus *Ganoderma lucidum*: occurrence, biological activities, and pharmacological functions. Chem. Rec. 3: 172-180 (2003)
- Wasser SP, Weiss AL. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushroom: a modern perspective. Crit. Rev. Immunol. 19: 65-69 (1999)
- Yen GC, Wu JY. Antioxidant and radical scavenging properties of extracts from *Ganoderma tsugae*. Food Chem. 65: 375-379 (1999)
- Niwa Y, Miyachi Y. Antioxidant action of natural health products and Chinese herbs. Inflammation 10: 79-91 (1986)
- Lee SC, Kim JH, Jeong SM, Kim DR, Ha JU, Nam KC, Ahn DU. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hull. J. Agr. Food Chem. 51: 4400-4403 (2003)
- Kim SY, Jeong SM, Jo SC, Lee SC. Application of far-infrared irradiation in the manufacturing process of green tea. J. Agr. Food Chem. 54: 9943-9947 (2006)
- Lee SC, Jeong SM, Kim SY, Nam KC, Ahn DU. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of defatted sesame meal extract. J. Agr. Food Chem. 53: 1495-1498 (2005)
- Dubois M, Gillers KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith J. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. Anal. Chem. 28: 350-352 (1956)
- Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 58: 966-968 (1981)
- Blois MS. Antioxidant by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr. 44: 307-315 (1986)
- Lee HS, Son JY. Antioxidant and synergist effect of extract isolated from commercial green, oolong, and black tea. Korean J. Food Nutr. 15: 377-381 (2002)
- Song HN, Oh SW. Optimization of extraction and clarification condition for preparation of liquid extract tea from artificially cultivated *Phellinus linteus*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 636-641 (2002)
- Shahidi F, Wanasundara PK. Phenolic antioxidant. Crit. Rev. Food Sci. 32: 67-103 (1992)
- Lo KM, Cheung PCK. Antioxidant activity of extracts from the fruiting bodies of *Agrocybe aegerita* var. *alba*. Food Chem. 89: 533-539 (2005)
- Mau JL, Lin HC, Song SF. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. Food Res. Int. 35: 519-526 (2002)
- Wada T, Hayashi Y, Shibata H. Asiaticusin A and B, novel prenylated phenolics from *Boletinus asiaticus* and *B. paluster* (*Boletaceae*) fungi. Biosci. Biotech. Bioch. 60: 120-121 (1996)
- Ribeiro B, Rangel J, Valentao P, Baptista P, Seabra RM, Andrade PB. Contents of carboxylic acids and two phenolics and antioxidant activity of dried portuguese wild edible mushrooms. J. Agr. Food Chem. 54: 8530-8537 (2006)
- Chung HS, Youn KS. Comparison of pretreatment methods for extraction of selected components from *Ganoderma lucidum*. Korean J. Food Pres. 12: 130-134 (2005)
- Chung HS, Youn KS. Effects of microwave, ultrasound and roasting pretreatment on hot water extraction of *Acanthopanax senticosus*. Korean J. Food Pres. 12: 146-150 (2005)
- Inoue S, Kabaya M. Biological activities caused by far-infrared radiation. Int. J. Biometeorol. 33: 145-150 (1989)
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem. 99: 381-387 (2006)
- Kim HK, Choi YJ, Jeong SW, Kim KH. Functional activities of microwave-assist extracts from *Lyophyllum ulmarium*. Korean J. Food Pres. 9: 385-390 (2002)
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. Antioxidative properties of xanthan on the autooxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. J. Agr. Food Chem. 40: 945-948 (1992)