

고온고압 처리 홍삼의 페놀산 조성 and 항산화 활성

정경희 · 홍희도 · 조장원 · 이민영 · 최웅규* · †김영찬

한국식품연구원, *한국교통대학교 식품공학과

Phenolic Acid Composition and Antioxidative Activity of Red Ginseng Prepared by High Temperature and High Pressure Process

Kyung Hee Jung, Hee-Do Hong, Chang-Won Cho, Min-Young Lee, Ung-Kyu Choi* and †Young-Chan Kim

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

*Dept. of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 368-701, Korea

Abstract

This study was conducted to develop HTHP ginseng (high temperature and high pressure ginseng) with improved antioxidative activity and phenolic acid composition by high temperature and high pressure process. The HTHP ginseng extract was analyzed for the total phenol content, DPPH radical scavenging activity and phenolic acid composition. The total phenol content was increased in HTHP ginseng (14.76 mg/g) compared to raw ginseng (3.59 mg/g) and red ginseng (3.93 mg/g). DPPH radical scavenging activities of HTHP ginseng, raw ginseng and red ginseng extracts were 4.8~78.4%, 1~47.4% and 1.8~56.5% at 1~100 mg/ml concentration. Also ABTS radical scavenging activities of HTHP ginseng, raw ginseng and red ginseng extracts were 8.9~99.8%, 3.4~96% and 1.2~96.5% at 1~100 mg/ml concentration. In HPLC analysis, amounts of measured phenolic acid of HTHP ginseng greatly increased than raw ginseng and red ginseng, but salicylic acid was not detected in HTHP ginseng. In addition, DPPH radical scavenging activity of phenolic acid from HTHP ginseng was increased. Consequently, we believe high temperature and high pressure process is better method than existing method to increase the bioactivity of ginseng.

Key words: HTHP ginseng, high temperature and high pressure, phenolic acid, antioxidative activity

서 론

고려인삼은 오갈피나무과(Araliaceae)에 속하는 다년생 초본으로 수천 년 동안 동양의 만병통치약으로 사용되어 왔다(Park 1996). 고려인삼의 구성성분은 탄수화물(60~70%), 질소화합물(12~16%), 사포닌(3~6%), 지용성 성분(1~2%), 회분(4~6%) 및 비타민(0.05%) 등으로 보고되었으며, 주요 약리성분으로는 인삼 사포닌(ginsenoside), 산성다당체, 폴리사세틸렌, 알칼로이드, 항산화성 방향족화합물, 고미신(gomisin-N과 A) 등이 보고되어 있다(Park 등 2003). 인삼은 여러 실험적 연구를 통하여 인삼의 성분이 당대사를 조절하고, 고혈당을

억제하여 항당뇨 효과를 나타내며, 동맥경화에 관여하는 콜레스테롤의 함량을 감소시켜 동맥경화증 예방에 유용한 효과가 있다. 혈압반응에 영향을 미쳐 고혈압과 심부전에 효과가 있고, 항암 효과와 성기능 장애 치료, 항피로와 항스트레스 효과 등이 보고되었다(Nam KY 2002).

고려인삼에 대한 연구는 주로 성분과 효능에 중점되어져 있고, 가공 처리 방법에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다. 가공 처리 방법에 대한 앞선 연구에서 Son & Ryu(2009)는 압출성형 백삼이 홍삼과 비교했을 때 항산화 활성과 폴리페놀 함량, 사포닌 조성 성분 함량이 증가됨을 확인하였고, Im 등(2010)은 증숙처리 및 습식분쇄가 관능적 특성 향상과 유

† Corresponding author: Young-Chan Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea. Tel: +82-31-780-9145, Fax: +82-31-709-9876, E-mail: yckim@kfri.re.kr

효성분 강화에 효과적임을 확인하였다. 또한 Yoon 등(2005)은 가열처리에 따른 인삼의 이화학적 성분변화를 측정하여 온도에 따른 가용성 고형분 함량과 산성다당체 함량, 총 페놀성 화합물의 함량이 변화하는 것을 확인하였고, Yang 등(2006)은 고온고압 처리에 의해 인삼의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량의 변화와 처리 온도와 시간이 증가할수록 항산화 활성이 증가한다는 연구를 수행하였다. 본 연구팀에서도 증속 횟수에 따른 고려인삼의 이화학적 특성 변화에 대한 연구를 통하여 인삼의 유효 성분인 진세노사이드의 함량이 크게 증가하는 것을 확인하였고(Hong 등 2007), 효소처리와 열처리에 의한 인삼 추출물의 항산화 활성에 대한 연구를 통하여 일반 용매 추출보다 항산화 활성이 증가됨을 확인한 바 있다(Kim 등 2007).

선행 연구들에서 가공 처리 방법에 따라 인삼의 유효성분과 효능이 증가되거나 혹은 감소됨을 확인할 수 있었기에, 본 연구에서는 기존 홍삼의 가공처리 방법을 변형하여 고온고압 처리를 한 홍삼 추출물에서 항산화 활성과 페놀산 성분의 변화를 관찰하고자 기존의 인삼과 홍삼을 비교대상으로 하여 시험을 진행하였다.

재료 및 방법

1. 표준품 및 시약

본 실험에 사용된 polyphenol 표준품 caffeic acid, cinnamic acid, ferulic acid, maltol, p-coumaric acid, p-hydroxybenzoic acid, salicylic acid, syringic acid, vanillic acid는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, 기기분석을 위한 water, acetonitrile, ethanol(SK chemicals, Ulsan, Korea)은 HPLC급을 사용하였다. 그 외는 모두 특급 시약을 사용하였다.

2. 시료 및 처리조건

인삼시료는 4년근 수삼을 사용하였으며, 홍삼시료는 4년근 시판 홍삼(금산)을 구입하여 사용하였고, 고온고압 처리 홍삼의 제조는 수삼의 치미 후 50°C에서 수분함량 30±10%가 될 때까지 24~36시간 건조 후 140°C에서 3 kg/cm²로 20분간 증속 후 2차로 50°C에서 12~18시간 열풍건조하여 수분함량 15% 이하로 되도록 하였다.

3. 총 페놀 함량

시료 2 g에 80% MeOH 50 mL를 가한 후 80°C에서 환류추출하였다. 추출물은 여과지로 여과하여 감압 농축하고, 증류수 10 mL로 녹인 후 0.45 μm 막 필터로 여과하여 총 페놀화합물 함량 분석을 위한 시료로 사용하였다. 총 페놀화합물 함량

은 Folin-Ciocalteu(Singleton & Rossi 1965)법에 따라 측정하였으며, 표준물질은 gallic acid를 사용하였다.

4. 페놀산 함량

일정량의 시료에 80% MeOH를 가한 후 80°C에서 환류추출하였다. 추출물은 여과지로 여과하여 감압 농축하고, 10% MeOH 50 mL로 녹인 후 diethyl ether:ethyl acetate(1:1) 혼합액을 이용하여 페놀산을 분리 용출하였다. 분리 용출하여 얻어진 페놀산은 EtOH로 녹인 후, 0.45 μm 막 필터로 여과하여 항산화 활성과 함량 분석을 위한 시료로 사용하였다. 인삼 중 polyphenol의 분석을 위해 사용된 기기는 Jasco(Tokyo, Japan) HPLC로 degasser가 장착된 PU-2089 Plus gradient pump, AS-2075 Plus autosampler, 그리고 MD-2010 Plus multi wavelength detector로 구성되었다. 분석 컬럼은 SunfireTMC₁₈(4.6×250 mm i.d., 5 μm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, 주입량은 20 μL, 유속은 0.8 mL/min, 컬럼온도는 40°C, 자외선 검출기 흡광파장은 280 nm로 설정하여 분석하였다. 이동상으로는 (A) 2% acetic acid와, (B) 0.5% acetic acid, 50% acetonitrile을 초음파 세척기로 탈기하여 사용하였고, 기울기 용리조건(gradient system)을 이용하였으며, B를 기준으로 0%(0분), 55%(70분), 100%(73분), 0%(78분), 0%(80분)이었다. 분리된 페놀산은 표준 페놀산의 retention time 및 spectral profile을 비교하였으며, 페놀산의 함량은 표준 페놀산의 peak area로 확인하였다.

5. DPPH radical 소거 활성

항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)을 이용하여 시료의 라디칼 소거효과를 측정하는 Blois 방법(Blois 1958)에 의해 에탄올 적정량에 시료 200 μL와 4×10⁻⁴ M의 농도로 녹인 DPPH 용액 800 μL를 넣고 혼합하여 10분간 방치한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조군으로는 Trolox를 사용하였다. DPPH radical 소거 활성은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{Abs}{Abs_c}\right) \times 100$$

Abs_c: Absorbance of DPPH solution without sample at 525 nm

Abs: Absorbance of DPPH solution with sample at 525 nm

6. ABTS 소거 활성

ABTS 소거 활성은 Van den Berg 등의 방법을 변형하여 측정하였다(Van der Berg 등 1999). 1 mM의 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride(AAPH)는 100 mM PBS buffer(pH 7.4)에 녹인 2.5 mM의 ABTS(2,2'-azino-bis 3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid)와 혼합한 후 68°C의 항온조에서 12분 동안 반응시켰다. 시료

20 μl 와 980 μl ABTS 용액을 37°C 항온조에서 10분 동안 반응시켜 734 nm에서 감소하는 흡광도 정도를 측정하였다.

7. 통계분석

실험 결과의 통계분석은 SPSS program(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 Duncan의 다중검정법(multiple range test)으로 유의성 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 총 페놀 함량

페놀성 물질은 널리 존재하는 2차 대사산물의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가지고(Min & Bae 1996; Lee 등 2011), 산화반응을 지연시켜 항산화 및 항균성을 가지게 되므로(Clark 등 1981; Kwon 등 2011) 천연에 존재하는 생리활성물질의 대부분인 페놀성 물질들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Kim 등 2005). 각 시료의 총 페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 수삼의 페놀성 화합물의 함량은 3.59 mg/g, 홍삼의 페놀성 화합물 함량은 3.93 mg/g이었다. 고온고압 처리 홍삼의 페놀성 화합물의 함량은 14.76 mg/g으로 기존의 수삼 및 홍삼과 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). Yang 등(2006)의 보고서에서 Choi 등(2006)의 연구를 참고하여 총 폴리페놀이 bound형에서 free형으로 전화하여 저분자의 페놀성 화합물로 전환되거나 새롭게 생성되어 증가했을 것이라고 기술한 바 있지만, 고온고압 처리에 의한 페놀 함량 증가에 대한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

2. 조 추출물의 항산화 활성

각 시료별 항산화 활성을 시험한 결과는 Fig. 2와 같다.

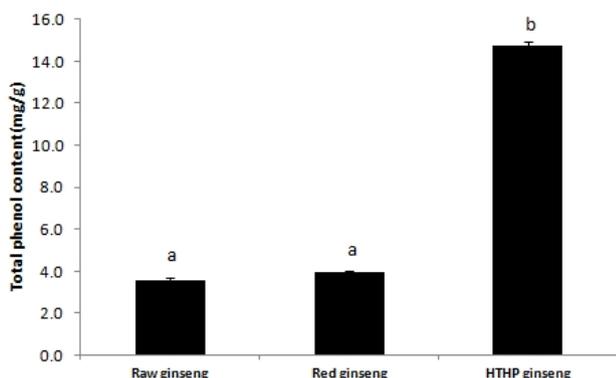


Fig. 1. Total phenol content of HTHP ginseng. Different alphabets in bar show statistically difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

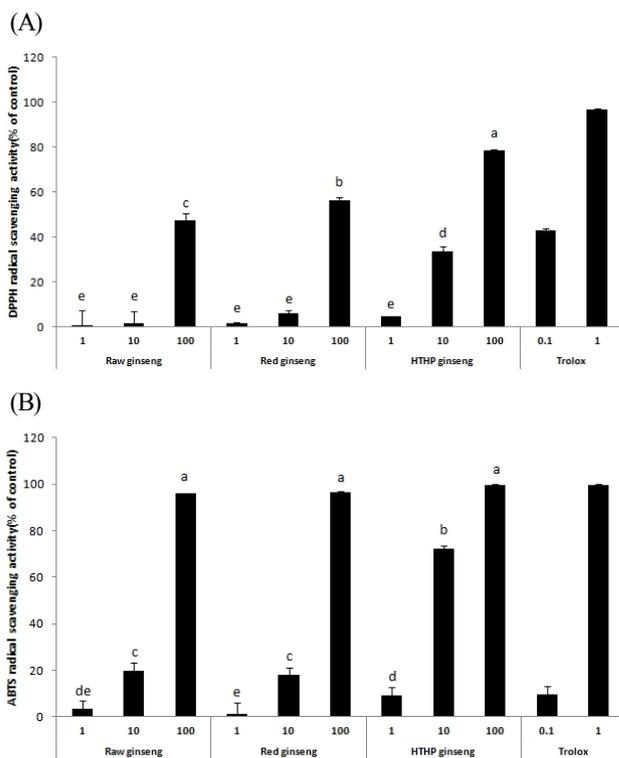


Fig. 2. DPPH (A) and ABTS (B) radical scavenging activity of HTHP ginseng extract. Different alphabets in bar show statistically difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

DPPH 활성은 시료 1~100 mg/ml 농도에서 수삼 1~47.4%, 홍삼 1.8~56.5%, 고온고압 처리 홍삼 4.8~78.4%의 라디칼 소거 활성을 보였는데, 최저 농도인 1 mg/ml에서는 시료간 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 10 mg/ml와 100 mg/ml에서는 수삼 및 홍삼과 고온고압 홍삼간 유의적 차이를 나타냈다($p < 0.05$). ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 1~100 mg/ml 농도에서 수삼 3.4~96%, 홍삼 1.2~96.5%의 활성을 보였고, 고온고압 처리 홍삼의 경우는 8.9~99.8%의 활성을 보였는데, 특히 10 mg/ml의 농도에서 수삼 및 홍삼과 유의적인 차이($p < 0.05$)를 나타내며, 높은 항산화 활성을 보였다. 고온 또는 고압 처리에 따른 시료의 항산화 활성의 변화는 여러 논문에서 보고되었는데, 고온처리 인삼에서 생리활성 증가(Kim 등 2000), 고온고압 처리를 통한 마늘의 폴리페놀 성분, 플라보노이드 성분 증가와 항산화 효과의 증가(Kwon 등 2006; Lee 등 2012)가 보고된 바 있으며, Jin 등(2009)은 저온고압 처리한 매자나무 수피로부터 항산화효과와 함압효과의 증가를 확인한 바 있다. 페놀성 화합물은 항산화 효과를 나타내는 대표적 물질로 Fig 1의 총 페놀 함량의 증가가 항산화 활성을 증가시키는데 영향을 주었을 것으로 생각된다.

3. 페놀산 조성

각 시료의 페놀산 획분 내의 페놀산 조성을 HPLC로 분석한 결과는 Table 1과 같다. 모든 시료에서 maltol, p-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, vanillic acid, syringic acid, cinnamic acid가 확인되었으며, p-coumaric acid, ferulic acid는 홍삼과 고온고압 처리 홍삼에서 확인되었고, salicylic acid는 고온고압 처리 홍삼에서 확인되지 않았다. 고온고압 처리 홍삼에서 확인된 페놀산의 함량은 전반적으로 수삼과 홍삼의 함량보다 높게 나왔는데, Fig. 1의 고온고압 홍삼의 총 페놀 함량 증가의 결과로 페놀성 화합물의 일종인 페놀산도 증가했을 것으로 생각된다. 일반적으로 maltol은 항산화 효과가 있어 생체 노화와 관련된 지질의 과산화를 억제한다고 보고된 바 있고(Choi 등 2002), p-hydroxybenzoic acid는 혈당저하작용, 지혈작용 등(Havsteen 1983), caffeic acid는 발암억제제로 작용하고, 항산화제로서 알려져 있으며, 산화 스트레스 유발 및 아플라톡신의 생산을 억제할 수 있다고 알려져 있다(Tousch 등 2008). 또한 vanillic acid는 항암작용(Han 2009), cinnamic acid는 항미생물 활성(Kuk 등 1997), coumaric acid는 항균활성(Park & Park 1994), ferulic acid는 진통 작용, 평활근 이완작용 등(Cho 등 2000) 생리적으로 기능성이 우수하다고 보고된 바 있다. 실험 결과의 고온고압 처리 홍삼의 페놀산 함량이 수삼이나 홍삼에 비해 증가된 것으로 보았을 때 Fig. 1의 총 페놀 함량이 높음과 동시에 Fig. 2 항산화 활성이 증가된 것처럼 페놀산 역시 높은 생리활성을 가질 것으로 생각된다.

4. 페놀산의 DPPH radical 소거 활성

각 시료별 항산화 활성을 시험한 결과는 Fig. 3(A)와 같다. 10 mg/ml 농도에서 수삼 페놀산의 경우 16.6%, 홍삼 페놀산의 경우 32.9%의 소거 활성을 보였으며, 고온고압 처리 홍삼의 페놀산은 81.5%의 높은 라디칼 소거 활성을 보이며, 수삼 및 홍삼과 유의적 차이를 나타냈다($p < 0.05$). Choi 등(2006)은 백삼에서 페놀산 성분의 조성 및 함량을 조사하고, 획분들의 항산화 활성을 측정하여 ferulic acid의 함량이 항산화 활성 증가에 영향을 줄 것이라고 보고한 바 있다. 표준 페놀산의 항산화 효과를 실험한 결과(Fig. 3(B)), ferulic acid를 포함한 대부분의 페놀산에서 높은 항산화 활성이 측정되었고, 이 결과로 보아 Table 1에서 보여지는 수삼과 홍삼보다 높은 고온고압

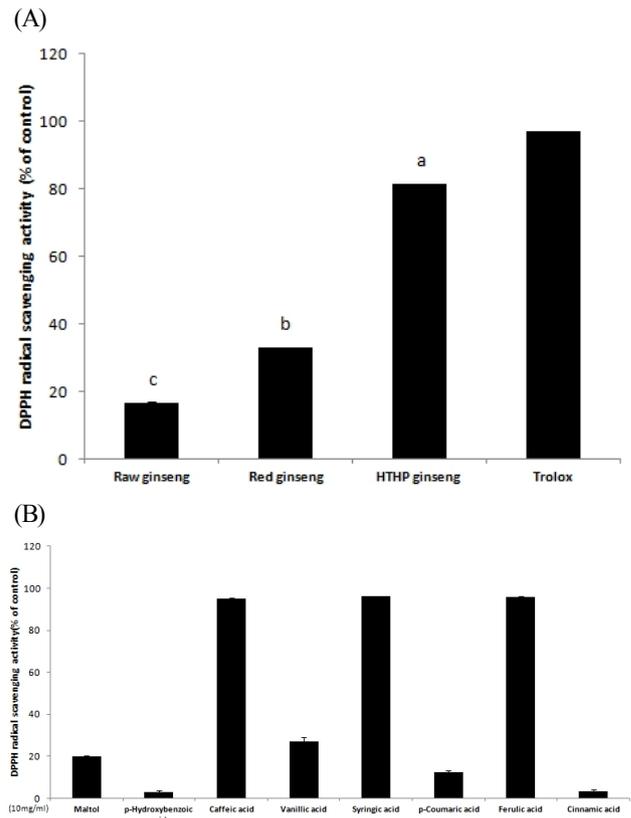


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of phenolic acids from HTHP ginseng extract (A) and authentic phenolic acids (B). Different alphabets in bar show statistically difference at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

처리 홍삼의 페놀산 함량이 항산화 활성을 증가시키는데 영향을 주었을 것이라고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 고온고압 처리를 통한 홍삼 추출물의 항산화 활성과 페놀산 성분의 변화를 측정하였다. 고온고압 처리 홍삼의 총 페놀 함량은 14.76 mg/g으로 기존의 수삼 3.59 mg/g과 홍삼 3.93 mg/g에 비해 높은 함량을 나타냈다. 항산화 활성은 농도 1~100 mg/ml 농도에서 고온고압 처리 홍삼 4.8~78.4%, 수삼 1.0~47.4%, 홍삼 1.8~56.5%의 DPPH 라디칼 소거 활성

Table 1. Phenolic acids composition in ginseng products

(Unit: $\mu\text{g}/100\text{ g}$)

	Maltol	p-Hydroxybenzoic acid	Caffeic acid +vanillic acid	Syringic acid	p-Coumaric acid	Ferulic acid	Salicylic acid	Cinnamic acid
Raw ginseng	6.3	137.2	44.6	18.6	-	-	1,098.3	3,482.6
Red ginseng	56.4	68.6	80.3	129.9	59.0	354.8	231.2	51.6
HTHP ginseng	6,213.2	823.3	307.8	6,938.8	901.2	3,796.7	-	3,737.1

을 보였으며, ABTS 라디칼 소거 활성은 고온고압 처리 홍삼 8.9~99.8%, 수삼 3.4~96%, 홍삼 1.2~96.5%를 보였다. 신규 홍삼에서는 maltol, p-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, vanillic acid, syringic acid, cinnamic acid, p-coumaric acid, ferulic acid 등의 페놀산 성분이 크게 증가한 것을 확인하였으며, 페놀산의 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 10 mg/ml의 농도에서 고온고압 처리 홍삼 81.5%로 수삼 16.6%와 홍삼 32.9%보다 높은 항산화 활성을 나타내었다.

참고문헌

- Blois MA. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cho JY, Moon JH, Park KH. 2000. Isolation and identification of 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid and 3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid from hot water extracts of *Hovenia dulcis* Thunb and confirmation of their antioxidative and antimicrobial activity. *Korean J Food Sci Technol* 32:1403-1408
- Choi CS, Kim KI, Hong HD, Choi SY, Lee YC, Kim KT, Rho JH, Kim SS, Kim YC. 2006. Phenolic acid composition and antioxidative activity of white ginseng (*Panax ginseng*, C. A. Meyer). *J Ginseng Res* 30:22-30
- Choi HJ, Zhang YB, An BJ, Choi C. 2002. Identification of biologically active compounds from *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J Food Sci Technol* 34:493-497
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Clark AM, El-Ferali FS, Li WS. 1981. Antimicrobial activity of phenolic constituent of *Mangolina grandiflora* L. *J Pharm Sci* 70:951-952
- Han KT. 2009. Anti-cancer effect of igongsan and vanillic acid in human leukemia cell line, HL-60 cells. Ph.D. Dissertation, Wonkwang Uni. Iksan. Korea
- Havsteen B. 1983. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem Pharmacol* 32:1141-1148
- Hong HD, Kim YC, Rho J, Kim K, Lee YC. 2007. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. *J Ginseng Res* 31:222-229
- Im GY, Jang SY, Jeong YJ. 2010. Quality characteristics of *Panax ginseng* C. A. meyer with steaming heat and wet grinding conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1005-1010
- Jin L, Ha JH, Jeong MH, Chung EK, Chung AR, Kim JC, Ahn JH, Lee HY. 2009. Enhancement of the antioxidant and anticancer activities of Berberis Koreana Bark by using a low temperature and high-pressure extraction process. *Korean J Food Sci Technol* 41:284-291
- Kim JS, Park SW, Ham YS, Jung SK, Lee SH, Chung SK. 2005. Antimicrobial activities and phenolic compounds of pyroligneous liquor. *Korean J Food Preserv* 12:470-475
- Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK. 2000. Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J Nat Prod* 63:1702-1704
- Kim YC, Cho CW, Rhee YK, Yoo KM, Rho J. 2007. Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1482-1485
- Kuk JH, Ma SJ, Park KH. 1997. Isolation and characterization of cinnamic acid with antimicrobial activity from needle of *Pinus densiflora*. *Korean J Food Sci Technol* 29:823-826
- Kwon DJ, Kim JK, Bae YS. 2011. DPPH radical scavenging activity of phenolic compounds isolated from the stem wood of *Acer tegmentosum*. *J Korean Wood Sci & Tech* 39:104-112
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38:331-336
- Lee YJ, Kim EO, Choi SW. 2011. Isolation and identification of antioxidant polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) seeds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:517-524
- Lee YR, Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Lee SH, Lee JS, Jeong HS. 2012. Physicochemical properties and antioxidant activities of garlic (*Allium sativum* L.) with different heat and pressure treatments. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:278-282
- Min TJ, Bae KG. 1996. The Structure of phenolic compounds and their antiviotic activities in *Umbilicaria vellea*. *J Korean Chem Soc* 40:632-629
- Nam KY. 2002. Clinical applications and efficacy of Korean ginseng. *J Ginseng Res* 26:111-131
- Park CK, Jeon BS, Yang JW. 2003. The chemical components of Korean ginseng. *Food Industry and Nutrition* 8:10-23
- Park JD. 1996. Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean J Ginseng Sci* 20:389-415
- Park SK, Park JC. 1994. Antimicrobial activity of extracts and coumaric acid isolated from *Artemisia princeps* var. *orientalis*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 9:506-511
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with

- phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16:144-158
- Son HJ, Ryu GH. 2009. Chemical compositions and antioxidant activity of extract from a extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:946-950
- Tousch D, Lajoix AD, Hosy E, Azay-Milhau J, Ferrare K, Jahannault C, Cros G, Petit P. 2008. Chicoric acid, a new compound able to enhance insulin release and glucose uptake. *Biochem Biophys Res Commun* 377:131-135
- Van den Berg R, Haenen GRMM, Van den Berg H, Bast A. 1999. Applicability of improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66:511-517
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 37:521-525
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon HJ, Lee GD. 2005. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:1572-1578
-
- 접 수 : 2012년 10월 18일
최종수정 : 2012년 11월 9일
채 택 : 2012년 11월 10일