

한국산 약용식물로부터의 SOD 활성 및 Phenolic Compounds 함량 비교

임정대* · 유창연* · 김명조* · 윤성중** · 이선주*** · 김나영**** · 정일민****†

*강원대학교 농생대 식물응용과학부, **전북대학교 생물자원과학부,
건국대학교 생명환경과학대학, *경희대학교 식품영양학과

Comparision of SOD Activity and Phenolic Compound Contents in Various Korean Medicinal Plants

Jung Dae Lim*, Chang Yeon Yu*, Myong Jo Kim*, Song Joong Yun**, Sun Ju Lee***, Na Young Kim****, and Ill Min Chung****†

*College of Agriculture & Life Sci., Kangwon Natl. Univ., Chunchon 200-701, Korea.

**Division of Biological Resources Sci., Chonbuk Natl. Univ., Chonju 561-765, Korea.

***College of Life and Environment Sci., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea.

****Department of Food & Nutrition, Kyung Hee Univ., Seoul 130-701, Korea.

ABSTRACT : 82 species of Korean medicinal plants were measured to their SOD (superoxide dismutase) activity, total phenol and individual phenol compounds. The SOD activity of medicinal plants was varied from 3.67% to 48.3%, and especially, 4 species including *Polygala tenuifolia* Willd. showed activity over 40% higher than other species. The 16 individual phenol compounds concentrations have a severe variation in medicinal plants. *Codonopsis lanceolata* is the highest concentration (12,176 $\mu\text{g/g}$), and 10 species including *Glycyrrhiza uralensis* Fisch were showed to concentrations more than 1,000 $\mu\text{g/g}$. And also, salicylic acid was generally found in many plants, but trans-cinnamic acid, naringenin and kampferol was little found in plants. The total phenol by Folin-Dennis methods showed a respectively variation (3~249,731 $\mu\text{g/g}$) in 82 medicinal plants, and 7 species including *Astragalus membranaceus* showed low total phenol concentrations less than 10 $\mu\text{g/g}$. In conclusion, we expect that selecting medicinal plants with high biological activity might develop to chemicals related to antioxidants, as well as these become most popular substance at many industrial materials, and suggest to more researchs in future.

Key words : SOD activity, total phenol, Folin-Dennis methods, phenol compounds, medicinal plants

서 언

Superoxide dismutase (SOD; EC 1.15.1.1.)는 생체에 매우 유해한 superoxide anion radical ($\cdot\text{O}_2^-$)과 반응하여 hydrogen peroxide (H_2O_2)를 생성하는 효소로, 산소를 소비하는 모든 생물 중에 존재하여 생체 내에서 활성산소 장애에 대한 방어 작용을 하는 대표적인 활성산소 저해

제이다. 활성산소 중으로는 superoxide anion radical, hydrogen peroxide, hydroxy radical ($\cdot\text{HO}$), singlet oxygen ($^1\text{O}_2$) 등이 있으며 외부에서 침입하는 세균 등에 대한 방어와 신호전달 등의 효과 (Foyer *et al.*, 1997; Levone *et al.*, 1994) 가 있지만 반응성이 높은 활성산소 종의 과다 발생으로 인한 생체 방어체계 용량을 초과하게 되면 산화적 스트레스를 야기 시켜 세포막 분해, 단백질

† Corresponding author: (Phone) +82-2-450-3730 (E-mail) imcim@konkuk.ac.kr

Received November 28, 2003 / Accepted April 19, 2004

분해, DNA 합성 억제 등 생체 내에서 심각한 생리적인 장애를 주며 심할 경우는 생명을 잃게 하는 것으로 알려져 있다 (Cerutti, 1985; Cohen, 1988; Halliwell & Gutteridge, 1984). 생체는 이와 같은 활성산소의 독성으로부터 자신을 보호하기 위하여 일련의 산화방어 시스템을 구축하는 진화과정을 거치면서 현재까지 새로운 환경에 적응해 왔으며, 이들 활성 산소 종을 제거하기 위한 생체 내 기작으로, SOD, peroxidase (POD), catalase (CAT), glutathione reductase (GR) 등의 항산화 효소와 비타민 C (ascorbic acid), 비타민 E (tocopherol), glutathione, ubiquinone, 요산 등의 저분자 항산화물질이 있다 (Alscher & Hess., 1993; Last *et al.*, 1997). 이들 중 SOD는 산소분자가 환원되어 생기는 superoxide anion radical ($\cdot O_2^-$; $2O_2 + 2e^- \rightarrow 2 \cdot O_2^-$)을 제거하는 첫 번째 방어 메커니즘에 관여하는 중요한 효소 ($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2^-$)이며 또한 가장 독성이 강한 hydroxy radical의 생성을 예방하는 작용을 한다. SOD는 상업적으로 매우 중요한 효소로서 화장품의 첨가제로 사용되고 있으며, 류마티스, 관절염 등 각종 퇴행성 질병 치료제로 개발되고 있고, 형질전환 식물체의 육종을 통하여 환경스트레스에 대한 내성을 증대시키는 연구가 진행, 또는 완성 단계에 있다 (Grasbon *et al.*, 1999; Bryan *et al.*, 2000).

항산화적 방어기구는 항산화 효소 뿐 아니라 생물체의 생육단계에서 만들어 내는 이차대사물질인 phytochemicals들이 있으며, 이들은 항산화 활성 뿐 아니라 인간의 건강과 영양학적 측면에 연관된 많은 생리활성들을 나타내어 그 기능이 속속 밝혀지고 있다 (Waterhouse & Walzem, 1998; Rice-Evans *et al.*, 1996; Frankel *et al.*, 1993; Rein *et al.*, 2000). 이러한 phytochemical은 매우 적은 양으로 현저한 활성을 나타내는 고부가가치의 물질로서 수많은 종류가 인류에게 유용하게 이용되고 있으며 식물체에 다량 존재하는 것이 밝혀짐과 동시에 건강과 안전에 대한 관심의 증가 되면서, 미국과 일본 등지에서는 국책연구과제로서 활발한 진행 되고 있다. 이 중에서도 수종의 식물 기원 phenol 화합물은 항산화 효과와 항암 및 platelet aggregation inhibition activity 등을 포함하는 광범위한 약리학적 활성 때문에 관심이 더욱 증가되고 있다 (Wattenberg *et al.*, 1980; Waterhouse & Walzem, 1988; Rice-Evans *et al.*, 1996; Frankel *et al.*, 1993; Rein *et al.*, 2000). Phenol 화합물은 일반적으로 과실과 영양채 부분에 존재하며 초식동물과 해충류에 대한 방어기능을 수행하는 것으로 알려져 있으며 (Stevenson *et al.*, 1993) 이러한 phenol 화합물의 합성은 병해충, UV에 대한 노출 및 미생물에 대한 감염에 연관되어 photo-oxidation, bacteria와 fungi의 감염 및 해충으로부터 방어적 역할을 수행하는

것으로 알려져 있다 (Duval *et al.*, 1999; Kwok & Shetty, 1997). 이러한 phenol 화합물의 합성은 식물 종 및 생육 단계에 따라 조절되어지는데 (Macheix *et al.*, 1990), 전통적인 재배적 방법을 통하여 식품으로 이용하고자 하는 경우에는 그 함량에 있어서 인간에 영향을 미칠 수 있는 최적 농도보다 일반적으로 낮은 수준으로 존재하는 것으로 알려져 있다 (Brandt & Molgaard, 2001; Woese *et al.*, 1997).

최근 항산화 관련 효소와 이차대산 산물에 대한 연구가 약용작물을 중심으로 하여 급진전되고 있기는 하지만 다양한 약용식물에서의 항산화 효소인 SOD의 활성 검정, phenol 화합물에 관한 정보가 매우 미흡할 뿐만 아니라 약용작물에서의 식물체의 자체 방어체계에 대한 연구와 인간건강에 있어서 plant phenol 화합물의 중요성이 대두되고 있어 약용작물의 식물 종에 따른 SOD의 발현 수준 및 phenol 화합물의 합성 수준과의 상관관계를 구명할 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 82종의 약용식물을 대상으로 하여 SOD 및 phenol 화합물의 함량을 검정하여 스트레스에 대한 내성 평가함으로써 약용식물에서의 항산화 기구를 이해하고 스트레스와 관련된 인자를 탐색하며 나아가 형질전환에 의한 환경내성 약용식물 신종종육성 및 이러한 약용식물을 이용하여 인간 건강에 이로운 유용 물질을 대량생산하기 위한 기초 자료로 사용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 약용식물은 오가피 (*Acanthopanax gracilistylus* W.W. Smith)를 포함한 총 82종을 대상으로 하였다. 재료의 수집은 2003년에 수원 작물과학원 약용식물원, 진안 약초시험장 등에서 직접 채취하였다. 각종 약용식물 중에 약용으로 사용되어지는 부위 (RT, 뿌리; LF, 잎; TB, 구근; ST, 줄기; FR, 과실; SD, 종자; FW, 꽃; BB, 인경)를 대상으로 하였으며 실험에 사용되어진 각 부위를 신선한 상태에서 수집하여 완벽히 밀봉된 polyethylene plastic bags (168 × 150 mm, Glad-Lock zipper sandwich bags, First Brands Corp., Danbury, CT)에 넣은 후 -80°C (ULTRA LOW, SANYO) 에서 사용하기 전까지 보관하였으며 수집되어진 시료를 -80°C에서 급속 동결건조 (Biotron, Cleanvac 8B) 시킨 후에 분쇄하였다 (40-mesh).

2. SOD효소활성 검정

82종의 약용식물 건조 시료 (0.2 g)와 extraction buffer (pH 7.8, 50 mM phosphate, 0.1% BSA, 0.1% ascorbate, 0.05% mercaptoethanol <W/V>) 2 ml를 얼음 위의 유발

에 넣은 후, 곱게 갈아서 얻은 조추출액을 원심분리 하였다 (15,000 rpm, 10 min.). 원심분리하여 얻은 상등액을 탈염 완충용액 (50 mM phosphate, pH 7.0, 0.2 mM EDTA)으로 평형 시키고, Sephadex G-25 column을 이용하여 탈염 시킨 다음 효소활성검정 용액으로 사용하였다. SOD 효소활성 검정은 SOD의 효소활성이 NBT의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT (Nitroblue tetrazolium) method를 사용하였다 (Beyer & Fridovich, 1987). 추출한 조효소 60 μ l와 3.0 ml assay-buffer (pH7.8, 50 mM phosphate, 9.9 mM L-methionine, 57 μ M NBT, 0.025% Triton X-100, 0.0044% riboflavin)를 혼합하여 식물 생장상 (25 $^{\circ}$ C, 20W, 7 min., 45 μ mol/m² s⁻¹ fluorescent, Sylvania

Groix)에서 균일하게 조사시켰다. SOD의 활성은 NBT 환원법에 의하여 흡광도 560 nm에서 측정하였고, 항산화 활성 정도는 NBT의 환원 저해율로 표시하였으며 각 시료에 대하여 3회 반복하였다 [항산화활성, NBT의 환원 저해율 (%) = (1 - A / B) \times 100, A: 시료의 흡광도, B: 대조구의 흡광도]. Protein 정량은 Peterson (1979)의 방법에 의거하여 bovine serum albumin (BSA)을 사용하여 정량 하였다

3. HPLC에 의한 Phenol 화합물 함량 분석

HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) 기술을 이용한 phenol 화합물 (16종)의 분석은 gradient elution 과 UV 또는 fluorimetric detection 등의 방법을 적용하여

Table 1. HPLC conditions for analysing phenol compounds.

Column	YMC AM303 (4.6 \times 250 mm)		
	Gradient		
	Solvent A	Solvent B	
Mobile phase	98% H ₂ O + 2% glacial acetic acid in 0.018 M ammonium acetate	70% solvent A + 30% organic solvent (82% MeOH, 16% n-butanol and 2% 0.018 M ammonium acetate)	
Flow rate	1.0 ml \cdot min ⁻¹		
Detector (UV)	SPD-10A spectrophotometer, 280 nm		
Injection volume	20 μ l		
	Time	Solvent A	Solvent B
Time program	0.0	90	10
	1.0	90	10
	21.0	75	25
	36.0	55	45
	56.0	0	100
	82.0	90	10
	92.0	90	10

Table 2. Calibration curves of 16 phenol compounds and resveratrol.

Standard Chemicals	Equation	Standard chemicals	Equation
Resveratrol	Y = 37.53X - 8.72	Ferulic acid	Y = 47.41X - 14.45
Gentisic acid	Y = 1.05X - 3.96	Salicylic acid	Y = 6.96X - 5.78
p-Hydroxy benzoic acid	Y = 32.83X - 3.42	trans-Cinnamic acid	Y = 123.80X - 19.08
Chlorogenic acid	Y = 21.38X - 7.85	Kampferol	Y = 22.97X - 32.75
Caffeic acid	Y = 43.12X - 7.43	Naringenin	Y = 38.95X - 18.70
Syringic acid	Y = 40.60X - 0.03	Naringin	Y = 24.92X - 3.50
p-Coumaric acid	Y = 67.50X - 5.55	Quercetin	Y = 15.99X - 36.52
Cathechin	Y = 1.876X - 0.18	Hesperidin	Y = 20.46X - 4.47
Hycricetin	Y = 15.99X - 36.52		

특별한 정제 및 전 처리 없이 달성되어질 수 있으며 전기 화학적 특성을 이용한 LC를 이용하여 자연계의 source로부터 선별적이고 높은 감도로 phenol 화합물을 검출할 수 있다 (Zhu *et al.*, 2000; Melzoch *et al.*, 2000).

82종의 약용식물 건조 시료 (2 g)에 0.1 N-HCl 2 ml와 acetonitrile 10 ml를 넣고 정치 (soaking, 2 h), 여과 (Whatman No. 42), 건조 (vacuum dry oven)한 후, 10 ml의 80% 메탄올 (MeOH)에 희석하고 다시 syringe filter (0.45 μm)로 여과한 다음, 이 여과액을 HPLC 분석시료로 사용하였다. HPLC 기기는 LC-10A liquid chromatography (Shimadzu Kyoto, Japan)를 사용하였으며 분석조건은 다음과 같다 (Table 1). Phenol 화합물의 정성 및 정량 분석은 16종의 phenolics 표준물질의 peak area와 retention time을 비교하였고 표준물질을 각각 0 ppm, 1 ppm, 50 ppm, 100 ppm의 일정한 비율로 희석하여 각각의 회귀곡선 식을 구한 다음, 각 sample의 HPLC 분석에서 얻어진 면적을 Y에 대입하여 X 값을 구한 다음, μg/g의 양으로 환산하였다 (Table 2).

4. Total phenol 분석

82종의 약용식물 건조 시료의 phenol 화합물의 함량 분석에서 사용되어진 추출물에 대한 total phenol 함량을 Folin-Denis method (Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists)를 사용하여 분석하였다. 시료 200 μl에 1 ml의 Folin-Denis reagent 와 0.8 ml의 sodium carbonate (7.5%)를 첨가한 후 45분 동안 암 상태에서 incubation 시킨 후에 spectrophotometer (760 nm, HITACHI Instrument, Inc)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid (Sigma Chemical Company, 2002)을 이용하여 검량곡선을 작성하였다.

$$Y = 0.0139 X + 0.0049,$$

$$R^2 = 0.9995 \text{ [Y: absorbance; X: gallic acid conc. (}\mu\text{g)}]$$

결과 및 고찰

1. SOD 효소 활성 검정

NBT 환원법에 의해 Superoxide anion radical ($\cdot O_2$) 소거에 관련된 SOD 효소 활성을 검정한 결과, 82종의 약용식물 중 77종이 30% 이하의 NBT 환원 저해율을 나타내었으며 약 6.1% (5종/82종)의 약용식물 중에서 30% 이상의 NBT 환원 저해율을 나타내었다. 특히 원지 (*Polygala tenuifolia* Willd.), 백편두 (*Dolichos lablab* L.), 백개자 (*Sinapis alba* L.), 대황 (*Rheum palmatum* L.), 감초 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch), 연자육 (*Nelumbo nucifera* Gaertn), 지황 [*Rehmannia glutinosa* (Gaertner) Liboschitz], 현삼 (*Scrophylaria buergeriana* Miq.), 인진 (*Artemisia capillaris* Thb.)은 각각 48.30%, 47.87%, 46.53%, 41.53%, 35.63%, 28.70%, 28.43%, 25.97%, 25.40%로 다른 약용작물보다 비교적 높은 SOD 효소 활성 능력을 나타냈다 (Table 3). SOD 활성이 가장 높은 백편두의 경우 16종의 phenol 화합물에 대해서 gentisic acid (133.9 μg/g)와 catechin (13.7 μg/g)이 소량 검출되었고 total phenol의 경우도 4324 μg/g으로서 매우 적은 함량을 나타내었다. SOD 활성이 비교적 높게 나타난 다른 약용식물중 백개자, 연자육, 지황 등에서도 total phenol 및 phenol 화합물의 함량이 그 농도의 차이는 있지만 소량으로 함유되어진 것으로 나타났다. 반면 대황의 경우 SOD 활성뿐만 아니라 total phenol 및 phenolic acid의 함량이 모두 높게 나타났다. 일반적으로 대황은 건위 (健胃), 지사 (止瀉), 사하 (瀉下), 행어혈 (行瘀血), 사열독 (瀉熱毒), 특히 강력한 사하 및 항균 작용 및 구취억제능 등이 있는 것으로 알려져 있으나 본 실험의 결과 높은 항산화 효소 활성 및 phenol compound 화합물을 다수 포함하고 있어 대황의 약효에 대해서는 항산화 활성과 관련하여 새로운 접근이 모색되어야 할 것이다.

Table 3. Analysis of SOD (superoxide dismutase) activity in 82 medicinal plants.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	SOD activity (%)
<i>Acanthopanax gracilistylus</i> W.W. Smith	오가피	RT	13.50
<i>Achyranthes bidentata</i> Blume	우슬	RT	16.50
<i>Aconitum carmichaeli</i> Debx	부자	RT	10.26
<i>Acorus gramineus</i> Soland	석창포	RT	7.10
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> Hara	사삼	RT	3.90
<i>Agastache rugosa</i> Fisch. et Mey.) O. Ktze.	곽향	LF	16.50
<i>Alisma orientale</i> (Sam.) Juzep.	택사	TB	10.13
<i>Alpinia officinarum</i> Hance	양강	RT	10.07
<i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bunge	지모	RT	21.53

Table 3. Continued.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	SOD activity (%)
<i>Angelica dahurica</i> Benth. et Hook.	백 지	RT	17.67
<i>Angelica koreana</i> Maxim.	강 활	RT	23.00
<i>Aralia cordata</i> Thumb.	독 활	RT	10.97
<i>Arctium lappa</i> L.	우방자	FR	23.13
<i>Artemisia argyi</i> Levl. et Vant.	애 엽	LF	22.90
<i>Artemisia capillaris</i> Thb.	인 진	LF, ST	25.40
<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr	천문동	RT	11.70
<i>Astragalus membranaceus</i>	황 기	RT	23.13
<i>Atractylodes chinensis</i> (DC.) Koidz.	창 출	RT	12.43
<i>Atractylodes japonica</i> Koidz.	삼 주	RT	14.10
<i>Biota orientalis</i> (L.) Endl.	백자인	SD	7.40
<i>Bupleurum chinense</i> DC.	시 호	RT	4.97
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	홍 화	FW	13.43
<i>Cassia tora</i> L.	결명자	SD	17.73
<i>Chaenomeles sinensis</i>	목 과	FR	14.17
<i>Cirsium maackii</i> var. <i>koraense</i>	대계근	RT	9.47
<i>Codonopsis lanceolata</i>	만 삼	RT	10.73
<i>Coix lachrymajobi</i> var. <i>mayuen</i> (Roman.) Stapf	의이인	SD	5.53
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	산 사	FR	6.70
<i>Curcuma aromatica</i> Salisb	울 금	RT	10.63
<i>Curcuma zedoaria</i> (Berg.) Rosc.	봉 출	RT	8.60
<i>Cyperus rotundus</i> L.	향부자	TB	7.80
<i>Dioscotea opposita</i> Thunb.	산 약	TB	5.80
<i>Dolichos lablab</i> L.	백편두	SD	47.87
<i>Ephedra sinica</i>	마 황	ST	5.83
<i>Euryale ferox</i> Salisb.	감 인	SD	6.30
<i>Foeniculum vulgare</i> Gaertner	회 향	FR	24.73
<i>Gardenia jasmonoides</i> Ellis	치 자	RT	10.93
<i>Gleditsia japonica</i>	조각자	FR	4.23
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	감 초	RT	35.63
<i>Hordeum vulgare</i> L.	맥 아	SD	10.57
<i>Imperata cylindrica</i> L.	백모근	RT	4.87
<i>Ledeouriella seseloides</i> (Hoffm.) Wolff	방 풍	RT	14.03
<i>Leonurus sibiricus</i> (Lour.) S.Y. Hu	익모초	LF	7.53
<i>Ligusticum chuanxing</i>	천 궁	RT	18.47
<i>Lilium longiflorum</i> Thunb	백 합	BB	7.97
<i>Liriope platyphylla</i> Wang et Tang	맥문동	RT	10.53
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	금은화	ST	21.60
<i>Lycium chinense</i> Mill.	구기자	FR	21.27
<i>Lycium chinense</i> Mill.	지골피	RT	9.73
<i>Mentha arvensis</i> L.	박 하	LF	15.00
<i>Morus alba</i> L.	상백피	RT	9.00
<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn	연자육	SD	28.70
<i>Paeonia lactiflora</i> Pall	작 약	RT	6.27
<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	목단피	RT	9.10
<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>acuta</i> Kudo	소 엽	LF	3.67

Table 3. Continued.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	SOD activity (%)
<i>Perilla frutescens</i>	소 자	SD	11.90
<i>Pharbitis nil</i> Choisy	흑 축	SD	13.43
<i>Phellodendron amurense</i>	황 백	ST	13.80
<i>Phlomis umbrosa</i> Turgi	속 단	RT	20.60
<i>Pinellia ternata</i>	반 하	RT	10.50
<i>Plantage asiatica</i> L.	차전자	SD	18.90
<i>Platycodon grandiflorum</i> (Jacq.) A.DC.	길 경	RT	9.07
<i>Pleuropterus multiflorum</i> Thunb.	하수오	RT	5.57
<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.	원 지	RT	48.30
<i>Polygonatum sibiricum</i>	황 정	RT	11.40
<i>Prunus mume</i>	오 매	FR	15.63
<i>Raphanus sativus</i> L.	갈 근	SD	17.13
<i>Pueraria thunbergiana</i> Benth	무	RT	20.93
<i>Rehmannia glutinosa</i> (Gaertner) Liboshitz	지 황	RT	28.43
<i>Rheum palmatum</i> L.	대 황	RT	41.53
<i>Rubia akane</i> Nakai	천 초	RT	7.60
<i>Rubus chingii</i> Hu	복분자	FR	13.20
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bae.	단 삼	RT	18.80
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	지 유	RT	19.83
<i>Schizonepeta tenuifolia</i> var. <i>japonica</i> Briguët	형 개	LF	11.60
<i>Scrophylaria buergeriana</i> Miq.	현 삼	RT	25.97
<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	황 금	RT	23.10
<i>Sinapis alba</i> L.	백개자	SD	46.53
<i>Sinocalamus beecheyanus</i>	죽 여	ST	4.37
<i>Taraxacum mongolium</i> Hand. Mazz	포공영	LF	19.13
<i>Trichosanthes kirilowii</i> Maxim.	과루인	RT	20.17
<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	생 강	RT	9.03
LSD.05	-	-	11.24

2. HPLC에 의한 Phenol 화합물 함량 분석

약용식물 82종에 대한 16종의 phenol 화합물 함량을 HPLC로 정량 분석하였다 (Table 4). Gentisic acid는 감초 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch), 복분자 (*Rubus chingii* Hu)에서 각각 3183.4 µg/g, 1351.4 µg/g으로 가장 많은 함량을 보였다. Catechin의 함량은 무 (*Raphanus sativus* L.), 목단피 (*Paeonia suffruticosa* Andr.), 오매 (*Prunus mume*)에서 각각 658.8 µg/g, 259.0 µg/g, 216.9 µg/g으로 높은 함량을 나타냈다. Catechin의 함량 분석과정에서 시료의 건조과정 중 열풍건조와 동결건조 사이에 함량을 비교하여 본 결과 목단피의 경우 열풍건조 (81.3 µg/g) 시 보다 동결 건조 시 (259.0 µg/g) 3배 이상 높은 함량을 나타내었는데 (자료 미제시) 이러한 것은 열풍건조 시 60°C 이상의 고온을 통하여 건조하는 과정에서 열에 민감한 catechin과 같은 성분이 산화적인 축합이 일어나거나 변

형된 결과라고 생각되어진다. 또한 이러한 결과는 시료의 건조과정 중에 동결건조는 식물체내에 얼음 결정을 형성하게 하고 이러한 얼음 결정이 식물체의 세포 구조를 더 잘 붕괴시켜 추출용매의 접근을 용이하게 하여 추출효율이 더 높은 수준이 된다는 보고 (Keinänen & Julkunen-Tiitto, 1996) 와도 유사하게 관찰되었다.

p-Hydroxy benzoic acid는 82종의 약용식물 중에서 작약 (*Paeonia lactiflora* Pall)을 포함한 14종에서만 검출되었고, 작약 (*P. lactiflora* Pall), 대황 (*R. palmatum* L.), 치자 (*Gardenia jasmonoides* Ellis), 복분자 (*R. chingii* Hu)에서 각각 38.10 µg/g, 18.81 µg/g, 15.64 µg/g, 15.38 µg/g으로 높은 함량을 나타냈다. Chlorogenic acid는 금은화 (*Lonicera japonica* Thunb.), 천초 (*Rubia akane* Nakai)에서 각각 736.11 µg/g, 402.32 µg/g의 높은 함량을 보였다. Caffeic acid는 약용식물 82종에 대부분

Table 4. Analysis of 16 phenol compounds concentrations in 82 medicinal plants using HPLC.

Korean name	Gentisic acid	Catechin	<i>p</i> -hydroxy benzoic acid	Chlorogenic acid	Caffeic acid	Syringic acid	<i>p</i> -coumaric acid	Ferulic acid	Hesperidin	Narigin	Salicylic acid	Hyricetin	Quercetin	<i>trans</i> -Cinnamic acid	Naringenin	Kampferol	Total
----- $\mu\text{g/g}$ -----																	
오가피	0.0	0.9	0.0	245.5	56.8	0.0	1.2	1.7	21.2	13.5	25.0	20.6	0.0	0.0	1.3	0.0	388
우슬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
부자	374.5	34.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.9	2.5	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	425
석창포	0.0	0.1	0.0	1.2	0.6	0.3	0.5	3.8	1.0	1.1	3.0	26.1	0.0	0.0	0.0	0.0	37
사삼	22.1	0.6	0.0	2.0	0.0	0.2	0.0	7.5	0.6	2.7	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41
곽향	0.0	0.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	1.5	4.2	3.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20
택사	118.9	0.0	7.6	1.2	0.5	16.6	0.0	0.0	0.0	5.1	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156
양강	27.0	0.0	0.0	61.4	0.0	4.3	0.5	1.8	0.0	0.0	6.0	19.1	0.0	0.0	43.5	0.0	164
지모	10.6	41.1	0.0	1.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	7.5	5.0	385.6	0.0	0.0	2.6	0.0	457
백지	0.0	0.0	0.0	9.0	1.6	0.0	0.3	0.0	0.8	2.6	21.0	26.8	22.79	4.9	3.5	0.0	93
강활	0.0	0.0	0.0	65.6	0.0	4.3	0.0	1.6	6.4	7.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98
독활	159.0	11.0	0.0	293.0	1.0	0.7	0.0	3.2	23.1	0.0	9.0	29.2	0.0	13.4	0.0	0.0	542
우방자	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.2	1.1	0.0	88.2	6.8	83.0	37.4	0.0	0.0	0.0	0.0	265
애엽	0.0	0.0	0.0	1.8	0.6	0.0	0.2	0.0	37.4	13.2	3.0	49.5	0.0	0.0	0.0	5.3	111
인진	0.0	167.2	0.0	35.4	0.0	0.0	36.2	0.9	312.4	5.5	108.0	50.4	15.6	0.0	0.0	3.4	736
천문동	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	2.1	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23
황기	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	20.6	6.0	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	70
상출	26.3	0.0	0.0	1.1	0.7	0.0	8.8	0.8	1.6	0.9	20.0	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	79
삼주	0.0	0.0	0.0	23.3	2.1	1.8	3.3	2.1	0.9	2.5	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42
백자인	0.0	0.2	0.0	4.2	0.0	0.0	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	25
시호	0.0	0.0	0.0	2.5	1.0	0.0	0.7	0.9	4.6	4.0	7.0	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	40
홍화	0.0	40.9	0.0	24.4	2.7	0.5	0.6	5.3	6.7	8.2	7.0	155.9	87.3	1.0	3.6	3.3	348
결명자	32.7	22.2	8.0	0.0	0.0	0.4	4.5	3.3	103.5	43.9	30.0	54.5	54.5	37.3	62.2	214.8	672
목과	180.2	0.4	0.0	12.3	1.2	0.1	0.0	0.0	4.1	5.9	5.0	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	222
대계근	21.6	0.1	0.0	292.5	1.2	0.3	0.0	0.0	1.5	44.8	0.0	47.6	446.8	0.0	1.4	0.0	858
만삼	0.0	0.0	0.0	2.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11923.0	0.0	245.1	2.8	1.5	0.0	12,176
의이인	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
산사	18.6	7.4	0.0	2.2	7.9	0.0	0.5	4.0	0.0	1.0	5.0	37.3	51.9	0.0	0.0	0.0	136
울금	35.5	9.8	0.0	0.9	10.4	0.1	1.6	0.8	69.8	0.0	5.0	19.9	6.1	0.0	2.9	55.8	219
봉출	64.2	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	12.4	50.0	1.2	8.0	0.0	74.8	0.0	0.0	16.2	231
향부자	12.9	0.3	7.5	6.1	0.4	1.2	1.6	5.5	6.7	0.5	7.0	35.5	7.2	0.0	0.0	0.0	92
산약	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
백편두	133.9	13.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148
마황	0.0	8.6	0.0	8.0	6.2	0.3	0.7	1.9	11.6	28.3	0.0	147.5	12.5	0.0	33.4	0.0	259
감인	16.9	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	12.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34
회향	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.2	2.3	2.6	3.0	21.0	19.8	0.0	6.3	3.4	70
치자	287.3	0.0	15.6	5.5	4.6	5.2	9.5	2.0	21.4	48.9	97.0	338.2	13.0	0.0	0.0	0.0	848
조각자	107.2	0.8	2.7	65.9	1.2	0.0	0.6	0.9	45.5	19.7	32.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0	297
감초	3183.4	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.7	9.6	1.5	265.0	23.1	24.7	0.0	0.0	0.0	3,510
맥아	0.0	0.5	0.3	0.0	1.5	8.0	1.2	0.0	0.0	0.6	125.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137
백모근	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28
방풍	0.0	0.2	0.0	0.0	1.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.8	6.0	0.0	0.0	0.0	20

Table 4. Continued.

Korean name	Gentisic acid	Catechin	p-hydroxy benzoic acid	Chlorogenic acid	Caffeic acid	Syringic acid	p-coumaric acid	Ferulic acid	Hesperidin	Narigin	Salicylic acid	Hyricetin	Quercetin	trans-Cinnamic acid	Naringenin	Kamferol	Total
----- µg/g -----																	
익모초	0.0	4.9	0.0	4.9	0.5	11.7	0.6	5.1	26.5	12.4	3.0	81.3	0.0	0.0	1.3	0.0	152
천궁	0.0	0.6	0.0	0.0	7.3	5.2	0.2	0.0	1.2	10.8	180.0	11.4	0.0	0.0	0.0	3.5	220
백합	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1	0.0	0.0	26.2	0.6	5.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	46
맥문동	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	11
금은화	318.1	4.6	0.0	736.1	0.0	1.0	0.9	1.8	666.4	24.1	4.0	730.1	0.0	0.0	2.7	0.0	2,490
구기자	10.1	0.3	0.0	2.4	13.5	0.4	0.3	3.4	0.0	0.0	0.0	9.8	15.8	2.0	0.0	7.3	66
지골피	0.0	0.0	0.0	59.9	0.5	0.1	0.2	0.0	24.6	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	95
박하	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	5.0	26.5	0.0	0.0	1.3	0.0	59
상백피	144.0	0.0	0.0	32.6	0.0	0.0	0.0	9.0	78.5	0.0	0.0	19.2	68.5	0.0	1.2	0.0	353
연자육	0.0	33.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	2.0	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	59
작약	25.8	15.8	38.1	1.0	10.2	0.5	3.7	0.8	0.0	8.6	171.0	20.1	0.0	1.9	0.0	0.0	297
목단피	37.6	259.0	0.0	8.9	1.1	4.3	8.2	32.5	263.5	765.1	2143.0	23.4	0.0	0.0	25.9	0.0	3,572
소엽	0.0	0.0	1.2	1.0	14.0	1.8	1.4	10.1	19.1	3.5	80.0	10.0	16.6	0.0	0.0	0.0	159
소자	0.0	1.9	0.0	15.9	2.7	0.0	4.7	25.8	12.5	12.8	40.0	20.6	6.1	0.8	0.0	0.0	144
흑측	0.0	21.8	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	5.7	3.9	0.0	0.0	47.0	0.0	0.0	15.3	0.0	100
황백	111.1	29.0	5.6	93.7	7.0	11.1	12.8	0.0	6.3	11.4	0.0	12.2	13.0	0.0	0.0	0.0	313
속단	194.5	2.8	0.0	162.2	9.0	96.4	0.0	0.0	401.8	289.2	16.0	580.8	0.0	0.0	1.3	0.0	1,754
반하	0.0	7.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	10.8	0.0	0.9	0.0	0.0	8.9	0.0	2.5	0.0	31
차전자	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.2	0.0	2.3	11.2	2.8	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	29
길경	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	9.7	0.0	0.0	0.0	28.6	49
하수오	0.0	13.7	0.0	1.2	1.4	0.0	0.3	0.0	1.3	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	1.2	0.0	28
원지	22.6	0.0	0.0	87.3	0.5	0.0	3.0	6.6	0.0	14.4	103.0	438.2	156.3	38.0	154.6	7.4	1,032
황정	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	14
오매	1211.2	216.9	3.9	183.5	2.3	12.4	5.0	1.7	2.3	2.7	21.0	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1,683
갈근	70.9	0.0	0.0	29.3	3.4	21.7	0.5	26.8	2.8	22.5	25.0	32.5	0.0	0.0	0.0	4.2	240
무	0.0	658.8	0.0	13.1	3.5	1.1	0.0	14.5	40.4	20.1	19.0	28.2	0.0	0.0	1.6	0.0	800
지황	0.0	0.4	0.0	2.8	3.3	2.1	0.9	4.1	10.8	5.2	110.0	35.7	20.9	0.0	1.3	0.0	198
대황	202.2	112.3	18.8	45.6	0.0	6.1	0.0	86.3	0.0	193.8	242.0	0.0	64.5	16.8	30.1	737.8	1,757
천초	109.7	9.6	6.4	402.3	1.2	0.7	9.2	2.6	35.8	56.2	117.0	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	780
복분자	1351.4	7.7	15.4	62.2	27.7	88.4	36.9	15.6	2.7	31.0	181.0	36.0	6.0	0.0	3.8	0.0	1,866
단삼	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.1	0.0	2.2	23.2	1.3	8.0	390.9	0.0	0.0	1.3	0.0	432
지유	0.0	0.0	0.0	93.8	61.1	49.8	6.7	66.3	1.7	18.3	64.0	53.6	12.67	0.0	0.0	0.0	428
형개	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.9	0.0	9.0	5.0	92.3	5.8	0.0	0.0	0.0	114
현삼	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	1.1	3.5	111.6	5.0	26.2	0.0	0.0	274.7	0.0	425
황금	14.8	0.0	0.0	0.0	97.8	0.0	1.1	0.0	4.7	6.1	114.0	619.4	144.4	3.5	219.0	3.4	1228
백개자	66.9	0.0	0.0	0.0	35.4	0.0	7.9	0.0	38.0	48.8	65.0	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	282
죽여	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	4.4	0.6	16.1	8.6	2.7	81.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	135
포공영	12.0	0.5	0.0	8.0	0.0	28.6	0.0	0.9	4.5	41.7	0.0	20.6	0.0	0.0	1.4	0.0	118
과투인	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.4	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
생강	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	1.8	0.0	0.8	20.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	49
LSD.05	213.1	216.8	9.2	86.1	36.6	42.1	10.6	24.6	127.4	247.7	3708.9	264.46	91.6	16.5	69.5	227.2	3826

적은 함량을 나타내었으며, 황금 (*Scutellaria baicalensis* Georgi), 지유 (*Sanguisorba officinalis* L.)에서 각각 97.76 $\mu\text{g/g}$ 과 61.14 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 보였다. Syringic acid는 속단 (*Phlomis umbrosa* Turgi)과 복분자 (*R. chingii* Hu)에서 96.40 $\mu\text{g/g}$, 88.42 $\mu\text{g/g}$ 으로 높은 함량을 나타냈다. *p*-Coumaric acid는 복분자 (*R. chingii* Hu)와 인진 (*A. capillaris* Thb.)에서 각각 36.94 $\mu\text{g/g}$ 와 36.9 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 보였다. Ferulic acid는 대황 (*R. palmatum* L.)과 지유 (*S. officinalis* L.)에서 각각 86.33 $\mu\text{g/g}$ 과 66.3 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 나타냈다. Hesperidin은 금은화 (*L. japonica* Thunb.)와 사삼 (*Denophora triphylla* var. *japonica* Hara)에서 666.40~0.58 $\mu\text{g/g}$ 의 범위를 보였다. Narigin은 목단피 (*P. suffruticosa* Andr.)와 속단 (*P. umbrosa* Turgi)에서 각각 765.1 $\mu\text{g/g}$ 과 289.2 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 보였고, 천문동 (*Asparagus cochinchinensis* Merr)과 향부자 (*Cyperus rotundus* L.)에서 낮은 함량을 나타냈다. Salicylic acid는 만삼 (*Codonopsis lanceolata*)과 목단피 (*P. suffruticosa* Andr.)에서 현저히 높은 함량을 나타냈다. Hyricetin은 금은화 (*L. japonica* Thunb)와 황금 (*S. baicalensis* Georgi)에서 각각 730.1 $\mu\text{g/g}$ 과 619.4 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 보였다. The *trans*-Cinnamic acid는 대체적으로 매우 적은 함량을 보였으며, 원지 (*Polygala tenuifolia* Willd.)와 결명자 (*Cassia tora* L)에서 각각 37.97 $\mu\text{g/g}$ 과 37.31 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 나타냈다. Naringenin에서는 현삼 (*Scrophylaria buergeriana* Miq.)과 황금 (*S. baicalensis* Georgi), 원지 (*P. tenuifolia* Willd.)에서 각각 274.66 $\mu\text{g/g}$, 219.00 $\mu\text{g/g}$, 154.62 $\mu\text{g/g}$ 의 함량을 나타냈다. Quercetin은 대계근 (*Cirsium maackii* var. *koraiense*)과 만삼 (*C. lanceolata*)에서 각각 446.82 $\mu\text{g/g}$ 와 245.13 $\mu\text{g/g}$ 의 높은 함량을 나타냈다. Kampferol은 대황 (*R. palmatum* L.)과 결명자 (*C. tora* L.)를 포함한 15종의 약용식물에서만 검출되었으며, 그

함량은 각각 737.8 $\mu\text{g/g}$ 과 214.8 $\mu\text{g/g}$ 이었다. 이러한 결과를 종합하여 보면, phenol 화합물의 정량에서는 만삼 (*C. lanceolata*)과 목단피 (*P. suffruticosa* Andr.)에서 가장 높은 함량인 12,176 $\mu\text{g/g}$ 과 3,572 $\mu\text{g/g}$ 을 나타냈으며, 산약 (*Dioscorea opposita* Thunb.)과 의이인 [*Coix lachrymajobi* var. *mayuen* (Roman.) Stapf], 과루인 (*Trichosanthes kirilowii* Maxim.)에서는 가장 낮은 함량을 나타내었다.

약용식물에서 quercetin 이나 kampferol 등과 같은 flavonoids는 antimicrobial compound 라는 점에서 매우 중요한데, 이는 약용 작물 재배 시 더 적은 양의 살충제를 사용하여 약용작물을 유기적으로 재배 할 수 있는데 그 의의가 있다. 또한, 제초제와 살충제의 잦은 사용은 이러한 phenol 화합물의 함량을 낮춘다는 사실 (Macheix *et al.*, 1990)을 고려하여 볼 때 phenolic flavonoid들의 함량이 높은 약용작물의 유기재배는 더 많은 phenol 화합물을 생성할 수 있을 것으로 사료된다.

4. Total phenol 분석

약용식물 82종에 대하여 Folin-Denis 법으로 Total phenol의 함량을 측정하였다. Total phenol 함량의 결과는 Table 5와 같다. Total phenol 함량은 3~249731 $\mu\text{g/g}$ 의 범위를 보였으며 지유 (*S. officinalis* L.), 대황 (*R. palmatum* L.), 복분자 (*R. chingii* Hu)에서 각각 249,731 $\mu\text{g/g}$, 209,546 $\mu\text{g/g}$, 170,333 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나인 페놀 화합물은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고 산화 환원 반응 시 기질로 작용하며, 미생물의 공격을 막아 식물자체를 보호하는 기능을 수행한다는 점을 고려하여 볼 때 지유, 복분자, 대황 등에 대한 phenol 화합물과 병 저항성 및 작물 특성에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

Table 5. Total phenol concentrations in 82 medicinal plants by Folin-Dennis methods.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	Total phenolic compounds ($\mu\text{g/g}$)
<i>Acanthopanax gracilistylus</i> W.W. Smith	오가피	RT	28,528
<i>Achyranthes bidentata</i> Blume	우슬	RT	2,574
<i>Aconitum carmichaeli</i> Debx	부자	RT	2,241
<i>Acorus gramineus</i> Soland	석창포	RT	32,046
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> Hara	사삼	RT	7,333
<i>Agastache rugosa</i> Fisch. et Mey.) O.Ktze.	곽향	LF	23,759
<i>Alisma orientale</i> (Sam.) Juzep.	택사	TB	4,222
<i>Alpinia officinarum</i> Hance	양강	RT	113,204
<i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bunge	지모	RT	32,185

Table 5. Continued.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	Total phenolic compounds ($\mu\text{g/g}$)
<i>Angelica dahurica</i> Benth. et Hook.	백 지	RT	6,685
<i>Angelica koreana</i> Maxim.	강 활	RT	11,306
<i>Aralia cordata</i> Thumb.	독 활	RT	14,685
<i>Arctium lappa</i> L.	우방자	FR	137,880
<i>Artemisia argyyi</i> Levl. et Vant.	애 엽	LF	57,093
<i>Artemisia capillaris</i> Thb.	인 진	LF, ST	81,491
<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr	천문동	RT	4,657
<i>Astragalus membranaceus</i>	황 기	RT	5
<i>Atractylodes chinensis</i> (DC.) Koidz.	창 출	RT	30,565
<i>Atractylodes japonica</i> Koidz	삼 주	RT	53,019
<i>Biota orientalis</i> (L.) Endl.	백자인	SD	45,333
<i>Bupleurum chinense</i> DC.	시 호	RT	5,982
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	홍 화	FW	30,380
<i>Cassia tora</i> L.	결명자	SD	25,889
<i>Chaenomeles sinensis</i>	목 과	FR	45,333
<i>Cirsium maackii</i> var. <i>koraense</i>	대계근	RT	16,074
<i>Codonopsis lanceolata</i>	만 삼	RT	1,824
<i>Coix lachrymajobi</i> var. <i>mayuen</i> (Roman.) Stapf	의이인	SD	5
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	산 사	FR	73,296
<i>Curcuma aromatica</i> Salisb	술 금	RT	74,685
<i>Curcuma zedoaria</i> (Berg.) Rosc.	봉 출	RT	33,065
<i>Cyperus rotundus</i> L.	향부자	TB	17,370
<i>Dioscorea opposita</i> Thunb.	산 약	TB	4
<i>Dolichos lablab</i> L.	백편두	SD	4,324
<i>Ephedra sinica</i>	마 황	ST	114,824
<i>Euryale ferox</i> Salisb.	감 인	SD	4
<i>Foeniculum vulgare</i> Gaertner	회 향	FR	28,065
<i>Gardenia jasmonoides</i> Ellis	치 자	RT	69,037
<i>Gleditsia japonica</i>	조각자	FR	42,694
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	감 초	RT	13,157
<i>Hordeum vulgare</i> L.	맥 아	SD	2,250
<i>Imperata cylindrica</i> L.	백모근	RT	9,083
<i>Ledeouriella seseloides</i> (Hoffm.) Wolff	방 풍	RT	2,157
<i>Leonurus sibiricus</i> (Lour.) S.Y.Hu	익모초	LF	16,120
<i>Ligusticum chuanxing</i>	천 궁	RT	22,417
<i>Lilium longiflorum</i> Thunb	백 합	BB	280
<i>Liriope platyphylla</i> Wang et Tang	맥문동	RT	4
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	금은화	ST	45,426
<i>Lycium chinense</i> Mill.	구기자	FR	15,287
<i>Lycium chinense</i> Mill.	지골피	RT	17,185
<i>Mentha arvensis</i> L.	박 하	LF	12,556
<i>Morus alba</i> L.	상백피	RT	14,222
<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn	연자옥	SD	11,815
<i>Paeonia lactiflora</i> Pall	작 약	RT	47,232
<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	목단피	RT	88,157
<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>acuta</i> Kudo	소 엽	LF	75,935
<i>Perilla frutescens</i>	소 자	SD	27,833

Table 5. Continued.

Scientific names	Korean name	Therapeutical using part	Total phenolic compounds (µg/g)
<i>Pharbitis nil</i> Choisy	흑 축	SD	8,389
<i>Phellodendron amurense</i>	황 백	ST	34,685
<i>Phlomis umbrosa</i> Turgi	속 단	RT	49,917
<i>Pinellia ternata</i>	반 하	RT	7
<i>Plantage asiatica</i> L.	차전자	SD	11,259
<i>Platycodon grandiflorum</i> (Jacq.) A.DC.	길 경	RT	2,667
<i>Pleuropterus multiflorum</i> Thunb.	하수오	RT	3
<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.	원 지	RT	30,704
<i>Polygonatum sibiricum</i>	황 정	RT	574
<i>Prunus mume</i>	오 매	FR	13,944
<i>Raphanus sativus</i> L.	갈 근	SD	17,926
<i>Pueraria thunbergiana</i> Benth	무	RT	24,315
<i>Rehmannia glutinosa</i> (Gaertner) Liboshitz	지 황	RT	333
<i>Rheum palmatum</i> L.	대 황	RT	209,546
<i>Rubia akane</i> Nakai	천 초	RT	49,269
<i>Rubus chingii</i> Hu	복분자	FR	170,333
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bae.	단 삼	RT	120,657
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	지 유	RT	249,731
<i>Schizonepeta tenuifolia</i> var. <i>japonica</i> Briquet	형 개	LF	9,778
<i>Scrophylaria buergeriana</i> Miq.	현 삼	RT	8,120
<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	황 금	RT	127,694
<i>Sinapis alba</i> L.	백개자	SD	16,028
<i>Sinocalamus beecheyanus</i>	죽 여	ST	29,083
<i>Taraxacum mongolium</i> Hand. Mazz	포궁영	LF	59,500
<i>Trichosanthes kirilowii</i> Maxim.	과루인	RT	1,463
<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	생 강	RT	55,935
LSD.05			23,948

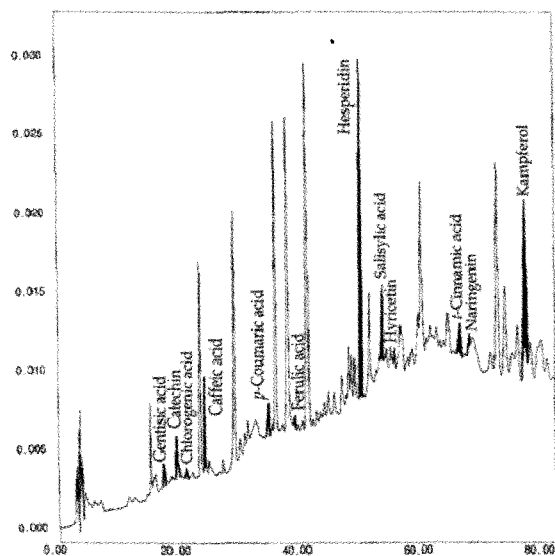


Fig. 1. HPLC profile of phenolic compounds in *Curcuma aromatica* Salisb (Detection: UV 280 nm).

적 요

한국에 분포하고 있는 82종의 약용식물에 대하여 환경내성 및 기능성 소재의 개발을 위한 탐색을 위하여 항산화 효소와 관련된 첫 번째 방어기작인 SOD 효소활성과 phenol 화합물의 함량정도를 검정하여 본 결과 SOD 효소활성은 원지 (*P. tenuifolia* Willd.), 백편두 (*D. lablab* L.), 백개자 (*S. alba* L.), 대황 (*R. palmatum* L.), 감초 (*G. uralensis* Fisch), 연자육 (*N. nucifera* Gaertn), 지황 [*R. glutinosa* (Gaertner) Liboshitz], 현삼 (*S. buergeriana* Miq.), 인진 (*A. capillaris* Thb.) 등에서 다른 약용작물보다 비교적 높은 SOD 효소 활성 능력을 나타냈다. Total phenol 함량은 3~249,731 µg/g의 범위를 보였으며 지유 (*S. officinalis* L.), 대황 (*R. palmatum* L.), 복분자 (*R. chingii* Hu)에서 각각 249,731 µg/g, 209,546 µg/g, 170,333 µg/g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 16종의 phenol 화합물의 경우에는 82종의 약용식물이 각기 매

우 상이한 농도의 분포를 나타내었다.

앞으로의 연구에서는, 항산화 효소 및 phenol 화합물이 많이 함유하여 우수한 기능성을 가지고 있는 것을 확인된 약용식물에 대해 그들의 이용성을 증대시킬 수 있는 구체적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 phenol성 물질을 많이 함유하는 약용식물 추출물을 이용한 기능성 식품, 화장품, 천연 보존제 및 의약품 등으로 개발 (Cook & Samman, 1996) 할 수 있을 것으로 판단되어진다.

사 사

본 연구논문은 농촌진흥청 바이오그린 21사업의 연구지원에 의해 얻은 결과이므로 이에 감사드립니다.

LITERATURE CITED

- Alscher RG, Hess JL** (1993) Antioxidants in higher plants. CRC Press, Boca Raton p. 1-174.
- Beyer WF, Fridovich Y** (1987) Assaying of superoxide dismutase activity; some large consequences of minor change in condition *Analytical Biochemistry* 161:559-566.
- Brandt K, Molgaard JP** (2001) Organic agriculture: Does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *J. Sci. Food Agric.* 81:924-931.
- Bryan DM, Murnaghan J, Jones KS, Bowley SR** (2000) Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance. *Plant Physiol.* 122(4):1427-1438.
- Cerutti PA** (1985) Prooxidant states and tumor promotion. *Science* 227:375-381.
- Cohen G** (1988) Oxygen radicals and Parkinson's disease. In 'Oxygen Radicals and Tissue Injury' (Halliwell B, ed). Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda, MD, p. 130-135.
- Duval B, Shetty K, Thomas WH** (1999) Phenolic compounds and antioxidant properties in the snow alga *Chlamydomonas nivalis* after exposure to UV light. *J. Appl. Phycol.* 11:559-566.
- Foyer CH, Lopez-Delgado H, Dat JF, Scott IM** (1997) Hydrogen peroxide and glutathione associated mechanism of acclimatory stress tolerance and signalling. *Physiol. Plant.* 100:241-254.
- Frankel EN, Waterhouse AL, Kinsella JE** (1993) Inhibition of human LDL oxidation by resveratrol. *Lancet.* 341:1103-1104.
- Grasbon T, Grasbon-Frodl EM, Juliusson B, Epstein C, Brundin P, Kampik A, Ehinger B** (1999) CuZn superoxide dismutase transgenic retinal transplants. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 237(4):336-41.
- Halliwell B, Gutteridge JMC** (1984) Oxygen toxicity, radicals, transition metal and disease. *Biochem. J.* 319:1-14.
- Keinänen M, Julkunen-Tiitto R** (1996) Effect of sample preparation method on birch (*Betula pendula* Roth) leaf phenolics. *J. Agri. Food Chem.* 44:274-277.
- Kwok D, Shetty K** (1997) *Pseudomonas* spp.-mediated regulation of total phenolic and rosmarinic acid levels in shoot-based clonal lines of thyme (*Thymus Vulgaris* L.). *J. Food Biochem.* 20:365-377.
- Last RL, Conklin PL, Kliebenstein DJ** (1997) Genetic approaches to studies of free radical detoxification in *Arabidopsis*. In Abstracts of Keystone Symposium in Metabolic Engineering in Transgenic Plants, Copper Mountain, Colorado, USA, p. 8
- Levone A, Tenhaken R, Dixon R, Lamb C** (1994) H₂O₂ form the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. *Cell* 79:583-593.
- Macheix JJ, Fleuriet A, Billot J** (1990) Changes and metabolism of phenolics compounds in Fruits. In Fruit Phenolics, 1st ed.; Macheix JJ, Fleuriet A, Billot J, Eds; CRC Press: Boca Raton, FL, p. 149-221.
- Melzoch K, Filip V, Buckiov D, Hanzlikov I, Smidrkal J** (2000) Resveratrol occurrence in wine originating from Czech vineyard regions and effect on human health. *Czech J Food Sci.*, 18(1):35-40.
- Peterson GL** (1979) A simplification of the protein assay method of Lowry *et al.* which is more applicable. *Analytical Biochemistry* 83:346-356.
- Rein D, Paglieroni TG, Wun T, Pearson DA, Schmitz HH, Gosselin R, Keen CL** (2000) Cocoa inhibits platelet activation and function. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:30-35.
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G** (1996) Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol. Med.* 20:933-956.
- Stevenson PC, Anderson JC, Blaney WM, Simmonds MSJ** (1993) Developmental inhibition of *Spodoptera litura* (Fab.) larvae by a novel caffeoylquinic acid from the wild groundnut, *Arachis paraguariensis*. *J. Chem. Ecol.* 19:2917-2933.
- Waterhouse AL, Walzem RL** (1998) Nutrition of grape phenolics. In *Flavonoids in Health and Disease*; Rice-Evans CA, Packer L, Eds. Dekker: New York, USA, p. 359-385.
- Wattenberg LW, Coccia JB, Lam LKT** (1980) Inhibitory effects of phenolic-compounds on benzo(a)pyrene-induced neoplasia. *Cancer Res.* 40:2820-2823.
- Woese K, Lange D, Boess C, Bogl KW** (1997) A comparison of organically and conventionally grown foods-results of a review of the relevant literature. *J. Sci. Food Agric.* 74:281-293.
- Zhu Y, Coury LA, Long H, Duda CT, Kissinger CB, Kissinger PT** (2000) Liquid chromatography with multichannel electrochemical detection for the determination of resveratrol in wine, grape juice, and grape seed capsules with automated solid phase extraction. *J. Liq. Chrom. Rel. Technol.* 23(10):1555-1564.