

한약재 열수추출물의 항산화 활성

주종찬¹ · 신정혜^{1*} · 이수정² · 조희숙² · 성낙주²

¹창신대학 호텔조리제빵과

²경상대학교 식품영양학과

Antioxidative Activity of Hot Water Extracts from Medicinal Plants

Jong-Chan Ju¹, Jung-Hye Shin^{1*}, Soo-Jung Lee², Hee-Sook Cho² and Nak-Ju Sung²

¹Dept. of Hotel Curinary & Bakery, Changshin College, Masan 630-520, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

The antioxidative activity and the related parameters of hot water extracts obtained from 16 medicinal plants were tested. The extraction yield was the highest in *Salvia miltiorrhiza* Bunge (36.49%). pH range was 4.00~5.92 in all samples. Absorbance at 280 nm was examined to determine aromatic compounds content. The absorbance of 250 µg/mL sample was the highest in *Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai (2.872) and below 0.5 in *Cirsium maackii*, *Crataegus pinnatifida* Bunge and *Zizyphus jujuba* Miller. Also, absorbance at 420 nm was high in order of *Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai (1.312), *Zea mays* Linne (0.917) and *Inula japonica* Thunberg (0.725). Total phenolic compounds contents was the highest in *Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai (5.07±0.05 mg/100 g) and flavonoids contents was 2-fold higher in *Salvia miltiorrhiza* Bunge (4.82±1.16 mg/100 g) than the other samples. Electron donating abilities of *Zizyphus jujuba* Miller, *Cornus officinalis* Siebold et Zuccarini and *Salvia miltiorrhiza* Bunge were over 90% at 1000 µg/mL. Reducing power had similar tendency to electron donating ability while reducing power was significantly lower in samples compared to BHT. Two samples (*Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai and *Inula japonica* Thunberg) were found to have more than 50% nitrite scavenging effect at 500 µg/mL while 8 kinds samples (*Zizyphus jujuba* Miller, *Cornus officinalis* Siebold et Zuccarini, *Chrysanthemum indicum* Linne, *Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai, *Inula japonica* Thunberg, *Acanthopanax sessiliflorum* Seeman, *Salvia miltiorrhiza* Bunge and *Curcuma longa* Linne) showed more than 50% nitrite scavenging effect at 1000 µg/mL. *Prunella vulgaris* Linne var. *lilacina* Nakai showed significantly stronger nitrite scavenging effect than other samples, and its activity was 59.62±1.573% and 80.58±0.300% at concentrations of 250 and 1000 µg/mL, respectively.

Key words: medicinal plants, electron donating ability, reducing power, nitrite scavenging effect

서 론

식품의 가공·저장 중 산화작용은 품질을 저하시키는 주요 요인 중의 하나이며 특히 지질의 산화는 품질의 열화뿐만 아니라 2차 생성물로 인하여 건강에 위해를 미치는 요인으로 알려져 있다(1). 또한 산화작용은 생체에서도 끊임없이 일어나는데 호흡에 산소를 이용하는 유기체로서 산소에 의한 산화적 스트레스에 대한 노출은 불가피 하다(2). 산업화와 더불어 증가되는 각종 환경오염 물질, 흡연, 알코올, 방사선 등은 과도한 반응성이 높은 활성 산소종을 발생하는 원인이 되며, superoxide dismutase, catalase, peroxidase, glutathion reductase 등과 같은 인체 내에 존재하는 항산화제의 역할만으로는 방어체계가 초과되어 산화적 스트레스에

의한 세포막과 단백질 분해, DNA 합성 억제 등의 손상이 유발된다(3-5).

생체내외에서의 산화를 방지하기 위하여 수많은 항산화 물질들이 개발 이용되어 왔는데 합성 항산화제의 간 비대, 간장 중 microsomal enzyme 활성증가, 체내 흡수물질의 독성화 혹은 발암 가능성(6) 등의 문제점이 야기되면서 천연으로부터 항산화물질을 찾고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 연구 대상이 되고 있는 대표적인 천연 항산화 물질로는 식물체의 이차 대사물질이며 미량으로도 현저한 활성을 나타내는 phytochemicals를 들 수 있다(7). 식물은 다양한 활성성분을 함유하고 있고 추출물은 통증완화, 해독, 해열, 방부, 수렴, 항염 등의 효능까지 가지고 있으므로 식용 또는 치료의 개념으로 사용되고 있다(8). 이러한 측면에서

*Corresponding author. E-mail: sjh@csc.ac.kr
Phone: 82-55-250-1208. Fax: 82-55-250-1205

불 때 우리나라뿐만 아니라 동양권에서 오랫동안 질병치료와 예방의 목적으로 사용되어온 한약재는 식물의 2차 대사산물이 가지는 생리활성 효과를 이용하는 대표적인 천연재료라 할 수 있다. 한약재를 포함한 식물 성분들은 vitamin C, carotenoids, cellulose와 식이섬유, phenolic 화합물, flavonoids 등에 의한 항돌연변이원성을 비롯한 항종양활성, 항암활성, 항산화성, 콜레스테롤 저하작용, 정장작용 등 다양한 생리적 기능을 나타내고 있다(9). 한약재 내의 유효한 성분은 식품내의 성분과 공존할 경우 synergistic effect를 나타내어 우리의 면역시스템 중 보체계의 활성화, 여러 가지 cytokine의 활성화 등의 질병에 대한 생체방어시스템의 보강에 유효하며 식품이나 주위환경에 혼입 또는 잔류되어 있는 환경호르몬의 영향으로부터 인체의 생체 항상성을 유지하는데 도움을 준다(10).

최근 건강과 대체의학에 대한 관심의 고조, 합성 약품에 대한 부작용 우려, 한약재 가공 기술의 발달 등으로 한약재의 수요는 꾸준히 증가되고 있으며 관련 연구도 활기를 띠고 있어 관련 논문 수는 80년대에 비해 90년대에는 평균 5배 이상 증가하였고 주로 항산화작용, 항암활성에 대한 연구가 주를 이루고 있다(11). 본 연구에서는 한약재 및 약용식물류의 항산화 효과를 검색하여 한약재 혼합 조성물을 이용한 천연 항산화제 개발을 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 시료는 경남 진주시내 한약방 및 한의원에서 건조된 형태로 시판되는 한약재를 동정 후 구입하였으며, 공시된 시료 및 이용 부분은 Table 1과 같다. 시료는 문헌 고찰을 통하여 약리적으로 심혈관계 질환의 개선 및 항산화 작용을 가지는 것을 선정하였다.

시료의 추출 및 수율측정

한약재는 적당한 크기로 마쇄한 후 추출에 이용하였다. 마쇄시료 100 g에 대해 10배의 증류수를 넣어 95°C 수욕상에서 3시간 동안 환류냉각하면서 2회 반복 추출하였다. 추출된 시료는 여과 후 70°C에서 감압농축하여 완전 건조시킨 다음 건조물의 무게를 측정하고 3차 증류수를 가해 1000 µg/mL의 농도가 되도록 하여 -20°C에서 냉동보관하면서 실험에 사용하였다. 추출 수율은 추출 전 한약재 건조물에 대한 추출물의 완전건고 후 무게백분율로 계산하였다.

추출물의 pH 및 흡광도 측정

시료의 열수추출물을 완전 건조시킨 후 3차 증류수를 가하여 250 µg/mL와 1,000 µg/mL의 농도로 조정된 시료액의 pH 및 흡광도를 측정하였다. pH는 pH meter(410, Thermo Orion, USA)로, 흡광도는 UV spectrophotometer(Optizen 2120 UV, Mecasys Co. Ltd, Korea)를 이용하여 280 nm와 420 nm에서 측정하였으며 3회 이상 반복 측정하였다.

총 페놀 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(12)에 따라 각 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na₂CO₃용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma Co., USA)를 0~100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드 측정

총 플라보노이드는 Moreno 등(13)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma Co., USA)을 표준물질로 하여

Table 1. List of plants used in this study

Common name	Korean name	Scientific name	Effective part (plant parts used)
Zizyphi Spinosi Semen	산조인	<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	Seed
Cornus fruit	산수유	<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	Seed
Cratagi fructus	산사육	<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	Seed
Cassiae torae semen	결명자	<i>Cassia tora</i> Linne	Seed
Chrysanthemum	국화(감국)	<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	Flower
Selfheal	꿀풀	<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	Flower
Inula	금물초	<i>Inula japonica</i> Thunberg	Flower
Corn	옥수수수염	<i>Zea mays</i> Linne	Flower
Silybum marianum	영경귀	<i>Cirsium maackii</i>	Flower, stem
Wrinkle giant hyssop	배초향	<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	Leaves
Whitr mulberry	뽕나무잎	<i>Morus alba</i> L.	Leaves
Hardy rubber tree	두충	<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	Stem
Acanthopanax Cortex	오가피	<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	Stem
Angelica plant	당귀	<i>Angelica gigas</i> Nakai	Root, stem
Sage plant	단삼	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	Root
Turmeric	울금	<i>Curcuma longa</i> Linne	Root

0~100 µg/mL 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

DPPH에 대한 전자공여능의 측정

전자공여작용은 Blois(14)의 방법을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)에 대한 전자공여 효과로 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 일정농도의 시료 추출물에 DPPH 용액을 가하여 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

환원력 측정

Oyaizu(15)의 방법에 따라 측정하였으며 시료 1 mL에 인산 완충액(200 mM, pH 6.6) 및 1%의 potassium ferricyanide 각 1 mL를 차례로 가한 다음 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA용액을 1 mL 가하여 13,500×g에서 15분간 원심분리한 후 얻은 상정액 1 mL에 증류수 1 mL와 ferric chloride 1 mL를 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로 BHT를 시료와 동일 농도로 제조하여 비교하였으며 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

아질산염 소거작용의 측정

아질산염 소거작용 측정은 Kato 등(16)과 Kim 등(17)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 각 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M 구연산 완충액으로 pH 2.5로 보정한 다음 완충액을 가하여 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL를 차례로 가한 후 진탕 혼합하여 실온에서 15분간 방치 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 가하여 측정하였으며, 아질산염 소거능은 100-[시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도]×100]으로 나타내었다.

통계처리

각 실험은 5회 이상 반복실험을 통하여 결과를 얻어 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리하였으며, 각각의 시료에 대해 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

추출수율 및 pH

한약재 추출물의 수율 및 pH는 Table 2와 같다. 추출수율은 단삼이 36.49%로 다른 시료에 비하여 월등히 높았으며 다음으로 산수유(29.62%), 산조인, 금물초 순으로 20% 이상

Table 2. Extraction yield and pH of hot water extracts from the medicinal plants

Sample	Yield (%)	pH
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	22.28	4.00
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	29.62	4.13
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	12.20	4.49
<i>Cassia tora</i> Linne	14.80	5.14
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	9.25	5.77
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	8.20	5.52
<i>Inula japonica</i> Thunberg	20.83	5.16
<i>Zea mays</i> Linne	11.82	5.92
<i>Cirsium maackii</i>	17.47	4.95
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	19.76	4.14
<i>Morus alba</i> L.	15.48	5.64
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	7.80	4.96
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	2.29	5.47
<i>Angelica gigas</i> Nakai	15.28	4.60
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	36.49	5.90
<i>Curcuma longa</i> Linne	10.51	5.55

의 추출수율을 나타내었다. 감국, 꿀풀, 두충, 오가피는 추출수율이 10% 미만이었고 이중 오가피는 2.29%로 수율이 가장 낮았다. 다류원료 식물류 40여종의 물 추출물 수율을 조사한 Kim 등(18)의 결과에 따르면 생지황이 42.80%로 수율이 가장 높았고 여타 시료는 1.38~33.20%로 본 실험의 결과와 유사한 범위였다.

추출수율은 추출용매와 시료와의 비, 추출용매의 종류, 추출온도 및 시간 등 여러 조건에 따라 달라질 수 있는데 결명자(19)와 구기자(20)를 물과 50% 및 75% ethanol을 이용하여 추출수율을 비교한 결과, 물의 추출수율이 가장 높으며 적정 용매 비는 10배라고 보고되어 있다.

Kang 등(21)은 95% ethanol을 이용하여 생약 추출물의 추출수율을 측정된 결과 생지황이 98.11%로 월등히 높았고 당귀, 산조인, 울금 및 두충은 12~13%의 범위인데, 탈지 미강 추출물의 추출수율(7~10%)과 비교할 때 이들 생약재는 산업적 활용이 가능하다고 보고하였다. 이와 비교할 때 본 실험에 사용된 한약재의 경우 오가피를 제외한 모든 시료가 산업적 활용이 가능하리라 판단된다.

각 추출물의 pH는 4.00~5.92의 범위로 산성 pH에 더 가까웠다. 산조인의 pH가 4.00으로 가장 낮았고, 단삼은 5.90, 옥수수수염은 5.92으로 다른 시료에 비하여 pH 값이 더 높았다.

추출물의 흡광도

시료 추출물을 3차 증류수를 이용하여 250 µg/mL의 농도로 만들어 280 nm에서 흡광도를 측정된 결과(Table 3) 꿀풀이 2.872로 가장 높았으며 금물초가 2.189, 옥수수수염이 1.653으로 높은 흡광도 값을 나타내었다. 영경귀와 산사육, 산조인은 0.5이하의 낮은 흡광도를 나타내었다. 1,000 µg/mL 농도의 시료추출물의 흡광도를 420 nm에서 측정된 결과도 유사한 경향을 나타내어 꿀풀의 경우 1.312로 가장 높은 값을 다음은 옥수수수염(0.917), 금물초(0.725) 순이었다.

280 nm에서의 흡광도 측정 결과는 항산화성 물질의 용출

Table 3. Absorbance at 280 and 420 nm of the hot water extracts from the medicinal plants

Sample	280 nm (250 µg/mL)	420 nm (1000 µg/mL)
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	0.276	0.040
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	0.921	0.207
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	0.426	0.113
<i>Cassia tora</i> Linne	0.767	0.538
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	1.022	0.445
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	2.872	1.312
<i>Inula japonica</i> Thunberg	2.189	0.725
<i>Zea mays</i> Linne	1.653	0.917
<i>Cirsium maackii</i>	0.371	0.207
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	0.625	0.095
<i>Morus alba</i> L.	1.110	0.302
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	0.673	0.116
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	1.553	0.310
<i>Angelica gigas</i> Nakai	0.542	0.120
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	0.993	0.240
<i>Curcuma longa</i> Linne	0.555	0.269

정도와 방향족화합물의 함량을 가늠할 수 있으며, 420 nm에서의 흡광도 측정 결과는 갈색화 반응생성물의 농도를 나타내는 갈색도를 측정하는 것(22,23)으로서 본 실험의 결과 높은 흡광도 값을 나타낸 꿀풀, 금물초 및 옥수수수염의 경우 항산화성 물질의 함량이 비교적 높은 것으로 추정하여 볼 수 있다. 280 nm에서 방향족 화합물을 측정할 결과 솔잎과 쑥이 각각 2.27~2.90, 4.15~4.36이었으며, 추출용매에 따른 차이는 크지 않다는 보고(22)가 있다. Shin 등(24)은 갈색화 반응물의 수소공여능에 대한 환원력과 항산화 효과를 비교한 결과 환원력은 갈색화 반응온도의 상승과 더불어 증가하나 항산화 효과는 감소한다고 하였다.

총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량

시료 중의 페놀화합물 및 플라보노이드 함량을 측정할 결과는 Table 4와 같다. 총 페놀 화합물의 함량은 꿀풀이 5.07 ± 0.05 mg/100 g으로 다른 시료에 비하여 월등히 높은 함량 이었고 다음으로 단삼이 4.14 ± 0.19 mg/100 g, 금물초는 3.73 ± 0.09 mg/100 g, 오가피가 3.52 ± 0.02 mg/100 g, 뽕나무

잎에서 3.10 ± 0.05 mg/100 g으로 정량되었으며 이외 시료에서는 3.0 mg/100 g 이하의 함량이었다.

약용식물 82종을 대상으로 총 페놀화합물과 총 16종의 페놀물질을 HPLC로 정량한 결과에 의하면 총 페놀 화합물의 함량은 3~249,731 µg/g의 범위였으며 본 실험과 동일한 시료인 결명자와 울금의 주요 페놀물질은 kampferol과 hesperidine, 배초향과 단삼은 hyricetin, hesperidine과 naringin이라는 보고가 있다(25).

플라보노이드의 함량은 단삼에서 4.82 ± 1.16 mg/100 g으로 다른 시료에 비하여 약 2배 정도 높은 함량이었으며 산조인(2.68 ± 0.03 mg/100 g), 금물초(2.06 ± 0.02 mg/100 g) 및 꿀풀(2.01 ± 0.03 mg/100 g)을 제외한 시료에서는 1.95~1.80 mg/100 g의 범위로 정량되었다.

Kim 등(26)은 20여종의 약용식물 물추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정할 결과 대부분의 식물에서 폴리페놀이 플라보노이드보다 함량이 높으며, 폴리페놀의 함량이 플라보노이드 함량보다 월등히 높은 시료에서 항산화

Table 4. Contents of total phenolic compounds and flavonoids in the hot water extracts from the medicinal plants

Sample	Phenolic compounds	Flavonoids
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	2.68 ± 0.03	2.68 ± 0.03
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	2.79 ± 0.10	1.81 ± 0.01
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	2.25 ± 0.09	1.80 ± 0.01
<i>Cassia tora</i> Linne	2.15 ± 0.01	1.84 ± 0.02
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	2.80 ± 0.01	1.89 ± 0.01
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	5.07 ± 0.05	2.01 ± 0.03
<i>Inula japonica</i> Thunberg	3.73 ± 0.09	2.06 ± 0.02
<i>Zea mays</i> -Linne	2.81 ± 0.05	1.93 ± 0.02
<i>Cirsium maackii</i>	2.12 ± 0.07	1.80 ± 0.03
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	2.66 ± 0.06	1.86 ± 0.01
<i>Morus alba</i> L.	3.10 ± 0.05	1.95 ± 0.01
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	2.36 ± 0.09	1.81 ± 0.002
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	3.52 ± 0.02	1.88 ± 0.04
<i>Angelica gigas</i> Nakai	2.18 ± 0.08	1.80 ± 0.01
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	4.14 ± 0.19	4.82 ± 1.16
<i>Curcuma longa</i> Linne	2.49 ± 0.02	1.85 ± 0.01

활성이 높은 것으로 보아 플라보노이드 외의 다른 폴리페놀 화합물들이 식물에서의 항산화 활성에 기여하는 것으로 보고하였다.

전자공여능

한약재 열수 추출물의 농도를 달리하여 DPPH에 대한 전자공여능을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 100 µg/mL의 농도에서는 BHT(42.17±1.358%)와 비교할 때 산수유, 꿀풀, 금물초, 단삼이 더 높은 전자공여능을 나타내었다. 시료 농도가 250 µg/mL에서는 이들 시료 외에 뽕나무 잎과 오가피가 약 65%의 전자공여능을 보여 총 6종의 시료가 BHT보다 전자공여 효과가 더 뛰어났다. 대부분의 시료에서 농도가 증가함에 따라 전자공여 효과도 높아지는 경향을 보였는데 산조인, 산수유, 단삼은 1000 µg/mL의 농도에서 90% 이상의 전자공여 효과를 나타내었다. 실험 농도 모두에서 다른 시료에 비하여 월등히 높은 전자공여능을 보인 단삼의 경우 100 µg/mL에서는 77.15±1.999%, 250 µg/mL에서는 91.11±0.271%의 높은 효과를 나타내었다. 대표적인 합성 항산화제인 BHT와 비교할 때 100 µg/mL의 농도에서는 산수유, 금물초 및 단삼만이 유의적으로 높은 전자공여 효과를 나타내었으나 1000 µg/mL의 농도에서는 단삼을 포함한 총 8개 시료에서 BHT보다 유의적으로 높은 전자공여 효과를 나타내었다.

Nam과 Kang(27)은 130여종의 식물성 한약재 열수추출물의 항산화 활성을 검증한 결과 25종이 대조군에 비해 80% 이상의 전자공여능을 나타내었으며 항변이원성 효과를 동시에 가지는 한약재도 12종이라고 보고하였다. 식물체는 그 사용 부위에 따라 전자공여능에 차이를 나타내기도 하는데, Jung 등(28)은 도꼬마리의 경우 뿌리와 잎부분은 12.0~12.7%, 줄기와 열매는 각각 2.2%와 6.1%의 전자공여능을 나

타낸 것으로 보고한 바 있다. 여러 생약재 추출물의 전자공여능을 실험한 결과 <결> <열매> <뿌리> 순으로 껍질이 나 위에서 활성이 높게 나타나며 생약재 내의 페놀성 화합물 및 플라보노이드류가 항산화 활성을 나타내는 주요 물질이라는 보고(29)도 있다. 항산화 성분의 함량과 free radical 소거활성과의 관계를 보면 폴리페놀 함량에 비례하여 활성이 증가하는데 폴리페놀 함량이 30 µg/mg을 기준으로 그 이상인 시료에 비해 그 이하의 함량을 보인 시료는 DPPH 소거활성이 급격히 떨어지며 플라보노이드 함량과는 상관관계가 없다는 보고도 있다(9). Lee 등(30)은 한약재의 항산화 활성을 검증한 실험에서 높은 DPPH 소거능을 보이는 한약재는 폴리페놀처럼 hydroxy group을 구조 중에 포함하며 DPPH와 반응하기에 적합한 입체구조를 가지는 화합물이 존재하기 때문으로 추정하고 있으며 높은 DPPH 활성을 가지는 한약재의 경우 인체 LDL 항산화 효과도 높아 α-tocopherol보다 더 높은 항산화 효과를 발휘한다고 보고하였다.

환원력

시료의 농도별 환원력을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 모든 시료에서 농도가 증가함에 따라 시료의 환원력도 증가하는 경향을 나타내었으나 BHT와 비교할 때 유의적으로 낮은 환원력을 나타내었다. 시료 중 가장 높은 환원력을 나타낸 꿀풀의 경우 100 µg/mL에서는 0.25±0.009이던 것이 1000 µg/mL에서는 1.92±0.067로 증가하였다. 배초향의 경우 500 µg/mL이하에서는 다른 시료들에 비하여 유의적으로 낮은 환원력을 나타내어, 100 µg/mL에서 0.14±0.013이었으며 500 µg/mL에서도 0.22±0.002로 낮았다. 항산화 반응은 reductones가 제공하는 수소원자가 free radical 사슬을 분쇄함으로써 시작되는데 환원력은 첨가되는 시료의 농도 변화

Table 5. Electron donating ability of hot water extracts from the medicinal plants (%)

Samples	Sample concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	24.69±0.467 ^{ef}	53.97±1.557 ^{ef}	86.11±3.124 ^{hi}	92.88±0.326 ^h
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	46.69±8.706 ⁱ	67.90±7.997 ^g	76.81±4.708 ^g	93.41±0.696 ^h
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	15.17±0.087 ^{cd}	27.01±0.421 ^b	43.52±0.447 ^c	66.30±0.075 ^c
<i>Cassia tora</i> Linne	16.09±2.415 ^d	35.29±3.085 ^c	57.10±8.225 ^d	77.56±0.236 ^f
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	21.45±0.906 ^e	49.42±0.756 ^e	83.02±3.234 ^h	85.15±0.258 ^f
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	89.66±0.208 ^k	68.46±5.626 ^{gh}	68.84±3.643 ^{ef}	74.32±1.150 ^d
<i>Inula japonica</i> Thunberg	48.67±1.842 ^j	72.61±0.202 ^h	75.19±0.221 ^g	88.80±0.167 ^g
<i>Zea mays</i> Linne	28.45±1.670 ^f	53.21±0.807 ^{ef}	77.03±0.360 ^g	78.30±0.556 ^e
<i>Cirsium maackii</i>	6.96±1.149 ^a	17.88±1.719 ^a	28.74±0.123 ^a	51.18±4.723 ^a
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	20.48±0.714 ^c	43.28±1.928 ^d	67.22±0.251 ^e	89.25±0.167 ^g
<i>Morus alba</i> L.	33.19±1.851 ^g	65.97±0.231 ^g	88.91±0.405 ⁱ	89.37±0.836 ^g
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	10.96±0.797 ^{abc}	22.37±0.467 ^{ab}	37.79±0.298 ^b	60.82±2.022 ^b
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	41.51±1.610 ^h	65.31±0.966 ^g	72.46±0.539 ^g	89.59±0.236 ^g
<i>Angelica gigas</i> Nakai	10.29±0.248 ^{ab}	18.12±0.145 ^a	28.46±0.545 ^a	50.63±0.437 ^a
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	77.15±1.999 ^j	91.11±0.271 ⁱ	93.96±1.425 ^j	95.87±0.479 ⁱ
<i>Curcuma longa</i> Linne	12.03±0.254 ^{bcd}	23.96±1.110 ^b	42.90±0.127 ^c	66.13±0.112 ^e
BHT	42.17±1.358 ^h	56.23±1.509 ^f	69.03±0.988 ^{ef}	77.20±0.151 ^e
F	272.629	203.145	176.323	360.155
(p-value)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.01.

Table 6. Reducing power of hot water extracts from the medicinal plants

Samples	Sample concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	0.19±0.005 ^{1ke2)}	0.23±0.003 ^{ef}	0.27±0.016 ^{bc}	0.35±0.008 ^{bc}
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	0.18±0.010 ^{de}	0.25±0.005 ^{gh}	0.35±0.024 ^{ef}	0.60±0.040 ^e
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	0.19±0.004 ^e	0.26±0.009 ^h	0.28±0.001 ^{cd}	0.31±0.002 ^{abc}
<i>Cassia tora</i> Linne	0.17±0.008 ^c	0.19±0.006 ^b	0.21±0.000 ^f	0.27±0.005 ^a
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	0.15±0.009 ^b	0.19±0.008 ^b	0.23±0.015 ^a	0.36±0.001 ^c
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	0.25±0.009 ^h	0.47±0.003 ^k	0.99±0.065 ^j	1.92±0.067 ^h
<i>Inula japonica</i> Thunberg	0.26±0.001 ^h	0.35±0.003 ^j	0.49±0.006 ^j	0.93±0.038 ^g
<i>Zea mays</i> Linne	0.25±0.001 ^h	0.30±0.008 ⁱ	0.37±0.001 ^{fg}	0.46±0.011 ^d
<i>Cirsium maackii</i>	0.18±0.011 ^{cd}	0.20±0.001 ^{bc}	0.24±0.001 ^{ab}	0.29±0.003 ^{abc}
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	0.14±0.013 ^a	0.17±0.001 ^a	0.22±0.002 ^a	0.33±0.005 ^{abc}
<i>Morus alba</i> L.	0.17±0.005 ^{cd}	0.21±0.005 ^{cd}	0.32±0.016 ^{de}	0.53±0.029 ^d
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	0.23±0.002 ^g	0.25±0.002 ^{fg}	0.28±0.008 ^c	0.32±0.013 ^{abc}
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	0.22±0.002 ^f	0.19±0.000 ^b	0.41±0.024 ^h	0.71±0.038 ^f
<i>Angelica gigas</i> Nakai	0.15±0.003 ^b	0.20±0.001 ^{bc}	0.29±0.008 ^{cd}	0.51±0.003 ^d
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	0.17±0.008 ^{cd}	0.25±0.004 ^{fg}	0.40±0.012 ^{gh}	0.77±0.023 ^f
<i>Curcuma longa</i> Linne	0.19±0.002 ^e	0.22±0.003 ^{de}	0.24±0.009 ^{ab}	0.29±0.010 ^{ab}
BHT	0.53±0.014 ^f	0.84±0.034 ^f	1.50±0.018 ^k	2.81±0.118 ^f
F	434.562	909.839	833.040	935.433
(p-value)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

¹⁾Absorbance of hot water extracts from medicinal plants at 700 nm.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.01.

에 따라 큰 변화를 나타내며, 시료 첨가량에 따라 환원력이 증가하는 경향을 보이지만 시료 추출시 사용되는 용매에 따른 환원력의 차이는 시료마다 상이하다고 보고되어 있다(31).

아질산염 소거능

pH 2.5의 반응계에서 아질산염 소거능을 측정된 결과 (Table 7) 시료의 농도가 증가함에 따라 아질산염 소거능도 상승하였으나 500 µg/mL의 농도에서 50% 이상의 소거효과를 나타낸 시료는 꿀풀과 금물초 2종에 불과하였으며 1000 µg/mL의 농도에서는 산조인, 산수유, 감국, 꿀풀, 금물초, 오가피, 단삼, 울금이 50% 이상의 소거효과를 나타내었다.

꿀풀의 경우 모든 실험 농도에서 다른 시료들에 비하여 유의적으로 높은 아질산염 소거효과를 나타내어 250 µg/mL에서는 59.62±1.573%, 1000 µg/mL에서는 80.58±0.300%의 소거효과를 보였다. 반면, 가장 낮은 소거효과를 나타낸 영경귀 열수추출물의 경우 100 µg/mL에서는 4.46±0.595%, 1000 µg/mL에서는 21.99±0.294%의 소거효과를 보였다.

아질산염의 소거 효과는 시료 첨가농도의 증가에 따라 비례적으로 증가하여 시료 농도를 50 mg%에서 200 mg%로 높임에 따라 아질산염 소거능은 약 1.8배~5배 증가한다고 보고되어 있다(32). 이는 본 실험의 결과 시료농도가 100 µg/

Table 7. Nitrite scavenging activity of hot water extracts from the medicinal plants in pH 2.5

(%)

Samples	Sample concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
<i>Zizyphus jujuba</i> Miller	9.52±1.888 ^{bct1)}	16.57±2.436 ^{bc}	27.10±0.891 ^d	86.42±1.969 ^m
<i>Cornus officinalis</i> Siebold et Zuccarini	21.42±2.546 ^f	26.51±0.940 ^e	36.67±1.491 ^c	52.98±2.426 ^h
<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	14.46±0.917 ^d	15.23±1.252 ^b	24.46±1.137 ^{cd}	36.95±0.000 ^d
<i>Cassia tora</i> Linne	7.48±2.406 ^b	15.94±0.283 ^{bc}	24.88±1.291 ^{cd}	44.75±2.450 ^f
<i>Chrysanthemum indicum</i> Linne	9.08±1.662 ^{bc}	17.62±2.216 ^{bc}	22.42±2.217 ^c	41.33±1.217 ^c
<i>Prunella vulgaris</i> Linne var. <i>lilacina</i> Nakai	29.90±0.515 ^h	59.62±1.573 ^g	65.46±0.889 ^f	80.58±0.300 ^j
<i>Inula japonica</i> Thunberg	22.82±0.566 ^f	30.54±0.985 ^f	52.22±0.854 ^h	66.17±2.803 ^{jk}
<i>Zea mays</i> Linne	9.11±1.073 ^{bc}	18.21±0.784 ^{bc}	35.91±0.789 ^c	57.73±4.027 ⁱ
<i>Cirsium maackii</i>	4.46±0.595 ^a	8.76±0.515 ^a	11.86±1.860 ^a	21.99±0.294 ^a
<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntze	10.27±0.769 ^e	16.50±0.294 ^{bc}	22.22±0.878 ^c	32.15±2.493 ^c
<i>Morus alba</i> L.	27.95±0.774 ^{gh}	30.05±1.893 ^f	44.58±2.073 ^f	48.32±1.166 ^g
<i>Eucommia ulmoides</i> Oliver	17.63±0.567 ^e	21.31±2.165 ^d	22.49±1.441 ^c	27.36±1.244 ^b
<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman	9.38±1.283 ^{bc}	18.77±3.372 ^{cd}	48.98±2.030 ^g	65.19±2.429 ^j
<i>Angelica gigas</i> Nakai	7.71±1.080 ^{bc}	10.02±0.953 ^a	15.72±1.785 ^b	23.11±0.945 ^a
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	25.94±1.700 ^g	29.53±1.801 ^f	47.33±1.966 ^g	68.55±0.548 ^k
<i>Curcuma longa</i> Linne	13.82±1.228 ^d	28.13±2.252 ^{ef}	38.21±2.030 ^e	50.73±0.975 ^{gh}
F	105.237	148.555	272.455	315.380
(p-value)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

¹⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.01.

mL에서 1000 µg/mL로 증가함에 따라 1.6배~9배 정도 아질산염 소거능이 증가한 것과 일치하는 경향이였다. 아질산염 소거능은 시료의 첨가량뿐만 아니라 반응계의 pH와 추출용매에 따라 서로 달라지는데, pH 의존도가 매우 커 산성영역에 가까울수록 소거능이 높으며 중성에 가까울수록 소거능이 낮아진다(32,33). Lim 등(34)은 솔잎과 당귀미의 경우 pH 1.2의 영역에서 각각 99.03%, 96.90%의 높은 아질산염 소거능을 나타내었고 pH 3.0에서도 소거능이 높았으나 pH 6.0에서는 소거능이 급격히 낮아졌으며, 일부 시료는 아질산염 소거능이 나타나지 않았다고 보고하였다. Lee 등(35)은 맥엽과 항산화 조성물의 아질산염 소거능은 물층에 비해 메탄올층이 2배 이상 높았으며 ascorbic acid가 주된 역할을 하는 것으로 보고하였다.

요 약

16종의 한약재 및 약용식물류의 열수 추출물에 대한 흡광도, 총페놀화합물 및 플라보노이드 함량과 이들의 항산화 효과를 분석하였다. 추출수율은 단삼이 36.49%로 다른 시료에 비하여 월등히 높았으며 pH는 4.00~5.92의 범위로 산성 pH에 더 가까웠다. 방향족 화합물의 함량을 검색하고자 250 µg/mL 농도의 시료로 280 nm에서 흡광도를 측정할 결과 꿀풀이 2.872로 가장 높았으며 영경귀와 산사육, 산조인은 0.5이하의 낮은 흡광도를 나타내었다. 갈색화 반응 생성물의 흡광도를 측정할 결과도 유사한 경향을 나타내어 꿀풀의 경우 1.312로 가장 높은 값을 다음은 옥수수수염(0.917), 금물초(0.725) 순이었다. 총 페놀 화합물의 함량은 꿀풀이 5.07±0.05 mg/100 g으로 다른 시료에 비하여 월등히 높은 함량이었고 플라보노이드의 함량은 단삼에서 4.82±1.16 mg/100 g으로 다른 시료에 비하여 약 2배 정도 높은 함량이었다. 대부분의 시료에서 농도가 증가함에 따라 전자공여 효과도 높아지는 경향을 보였는데 산조인, 산수유, 단삼은 1000 µg/mL의 농도에서 90% 이상의 전자공여 효과를 나타내었다. 환원력도 전자공여능과 유사한 경향이였으나 BHT와 비교할 때 유의적으로 낮은 환원력을 나타내었다. 아질산염 소거능은 500 µg/mL의 농도에서 50% 이상의 소거효과를 나타낸 시료는 꿀풀과 금물초 2종에 불과하였으며 1000 µg/mL의 농도에서는 산조인, 산수유, 감국, 꿀풀, 금물초, 오가피, 단삼, 울금이 50% 이상의 소거효과를 나타내었다. 꿀풀의 경우 전 농도에서 다른 시료들에 비하여 유의적으로 높은 아질산염 소거효과를 나타내어 250 µg/mL에서는 59.62±1.573%, 1000 µg/mL에서는 80.58±0.300%의 소거효과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업 연구 과제(과제번호: S0507110-J1550519-13002021)의 일환

으로 수행된 결과의 일부로서 연구비를 지원해 준 관계자에 감사 드립니다.

문 헌

1. Song JC, Park NK, Hur HS, Bang MH, Beak NI. 2000. Examination and isolation of natural antioxidants from Korean medicinal plants. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8: 94-101.
2. Evance CR, Halliwell B, Lunt GG. 1995. *Free radicals and oxidative stress: environment, drug and food additives*. Ashgate Publishing Co, Aldershot, UK. p 1-31.
3. Sozmen EY, Tanyakin T, Onat T, Kufay F, Erlacin S. 1994. Ethanol-induced oxidative stress and membrane injury in rat erythrocytes. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 32: 741-744.
4. Cerutti PA. 1985. Prooxidant states and tumor promotion. *Science* 227: 375-381.
5. Frei B. 1994. *Natural antioxidants in human health and disease*. Academic Press, New York. p 25-55.
6. Kim SM, Cho YS, Kim EJ, Bae MJ, Han JP, Lee SH, Sung SK. 1998. Effect of water extracts of *Salvia miltorrhiza Bge.*, *Prunus persica Stokes*, *Angelica gigas Nakai* and *Pinus strobus* on lipid oxidation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 339-405.
7. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol Med* 20: 933-956.
8. Kim KD. 2004. Research of oriental medicine plant on anti-oxidation and ultraviolet rays absorption. *J Kor Soc Cosm* 10: 145-153.
9. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J Food Sci Technol* 37: 233-240.
10. Lee JM, Lee SH, Kim HM. 2000. Use of oriental herbs as medical food. *Food Industry and Nutrition* 5: 50-56.
11. Sohn ES, Kim S, Kang JS, Lee SP. 2004. Domestic R&D trend analysis of functional food using medicinal plants. *Applied Chemistry* 8: 470-473.
12. Gutfinger T. 1958. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
13. Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacology* 71: 109-114.
14. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200.
15. 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.
16. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable mel-anoidins. *Agric Bio Chem* 51: 1333-1338.
17. Kim DS, Ahn BW, Yeum DM, Lee DW, Kim ST, Park YH. 1987. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components. *Bull Korean Fish Soc* 20: 463-468.
18. Kim MH, Kim MC, Park JS, Kim JW, Lee JO. 2001. The Antioxidative effects of the water-soluble extracts of plants used tea materials. *Korean J Food Technol* 33: 12-18.
19. Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. 2004. Extraction char-

- acteristics and antioxidative activity of *Cassia tora* L. extracts. *Korean J Food Culture* 19: 499-505.
20. Kim HK, Na KM, Ye SH, Han HS. 2004. Extraction characteristics and antioxidative activity of *Lycium chinense* extracts. *Korean J Food Preservation* 11: 352-357.
 21. Kang WS, Kim JH, Park EJ, Yoon KR. 1998. Antioxidative property of Turmeric (*Curumae Rhizoma*) ethanol extract. *Korean J Food Technol* 30: 266-271.
 22. Kang YH, Oark YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Technol* 27: 978-984.
 23. Won JT, Kim DH. 1980. Antioxidant activity of various solvents extracts obtained from maillard-type browning reaction mixture. *Korean J Food Technol* 12: 235-241.
 24. Shin MJ, Yoon HH, Ahn MS. 2002. A study on the relations between the color intensity and the antioxidant activity of caramelization products. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 603-612.
 25. Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY, Chung IM. 2004. Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medical plants. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 191-202.
 26. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Technol* 36: 333-338.
 27. Nam SH, Kang MY. 2000. Screening of antioxidative activity of hot-water extracts from medicinal plants. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 141-147.
 28. Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baek NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 135-140.
 29. Moon JS, Kim SJ, Park YM, Hwang IS, Kim EH, Park JW, Park IB, Kim SW, Kang SG, Park YK, Jung ST. 2004. *Korean J Food Preservation* 11: 201-206.
 30. Lee SE, Seong NS, Bang JK, Park CG, Seong JS, Song J. 2003. Antioxidative activity of Korean medicinal plant. *Korean J Medicinal Crop Sci* 11: 127-134.
 31. Kim JG, Kang YM, Eum KS, Ko YM, Kim TY. 2003. Antioxidative activity and antimicrobial activity of extracts from medicinal plants (*Akebia quinata* Decaisn, *Scirus-fluviatilis* A. gray, *Gardenia jasminoides* for. *grandiflora* Makino). *J Agric & Life Sci* 37: 69-75.
 32. Lee JM, Ahn MS. 1997. A study on nitrite scavenging ability of tea extracts. *Korean J Dietary Culture* 12: 567-572.
 33. Park YB, Lee TG, Kim OK, Do JR, Yeo SG, Park YH, Kim SB. 1995. Characteristics of nitrite scavenger derived from seeds of *Cassia tora* L. *Korean J Food Technol* 27: 124-128.
 34. Lim SM, Cho YS, Kim EJ, Bae MJ, Han JP, Lee SH, Sung SK. 1998. Effect of hot water extracts of *Salvia miltiorrhiza* Bge., *Prunus persica* Stokes, *Angelica gigas* Nakai and *Pinus strobus* on lipid oxidation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 399-405.
 35. Lee DH, Hong IJ, Park HG, Jew SS, Kim KT. 2003. Functional characteristics from the barely leaves and its antioxidant mixture -study on the nitrite scavenging effect-. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 333-337.

(2005년 11월 1일 접수; 2005년 12월 27일 채택)