

항산화활성을 나타내는 약용식물 소재 탐색

김은영 · 백인희 · 김정현 · 김성란 · 류미라*
한국식품개발연구원

Screening of the Antioxidant Activity of Some Medicinal Plants

Eun-Young Kim, In-Hee Baik, Jung-Hyun Kim, Sung-Ran Kim, and Mee-Ra Rhyu*
Korea Food Research Institute

Antioxidant activities of water extracts of 20 medicinal plants (1 mg/mL) on peroxidation of linolic acid were evaluated by thiocyanate method, among which 11 showed strong antioxidant activity (> 70%). Higher hydroxy radical scavenging activity (> 60%) were shown in *Cornus officinalis*, *Acanthopanax sessiliflorus*, and *Epimedium koreanum* than the other plants. *Epimedium koreanum* than the other plants extract showed highest superoxide radical scavenging activity (42%). Total polyphenol contents ranged from 2.6 (*Polygonatum odoratum*)~81.2 (*Epimedium koreanum*) mg/g. Direct correlation between the antioxidant activity and polyphenol content ($r=0.8$) was established through simple regression analysis. IC_{50} for selected four plant extracts, showing highest polyphenol contents and antioxidant activities, were significantly higher than positive control. Total antioxidant activity of vitamin c was significantly lower than those of *Acanthopanax sessiliflorus*, *Epimedium koreanum*, and *Erythrina variegata*. Superoxide radical scavenging activity of *Acanthopanax sessiliflorus* was similar to BHA. Results suggest water extracts of some medicinal plants could be potential candidates for natural antioxidants.

Key words: antioxidant activity, medicinal plant, polyphenol

서 론

최근 들어 biomedical science분야에서 노화 및 다양한 질병에 유리 자유기(free radical)들의 관련성이 대두되고 있다(1). 유리 자유기들은 생체막에 존재하는 불포화 지방산을 산화시켜 막의 유동성을 저하하고 효소와 receptor의 활성을 손상시키며 막 단백질에 상해를 입혀 결국에는 세포의 불활성화를 일으키는 작용을 통하여 노화 및 각종 질병발생에 기여하는 것으로 알려져 있다(2). 따라서 이러한 유리 자유기의 발생을 억제하고 이들에 의한 산화작용으로부터 생체를 보호하고 노화를 예방할 수 있는 항산화제의 개발이 매우 중요하다 할 수 있을 것이다.

항산화제로 예전부터 많은 합성물질들이 개발되었으나 그 효과와 경제성 및 안전성 때문에 실제로 주로 사용되는 합성 항산화제는 butylated hydroxyanisole(BHA)과 butylated hydroxytoluene(BHT)의 두 종류이다. 그러나 이들의 경우도 다량을 섭취하면 여러 가지 부작용을 나타낼 수 있는 것으로 알려져 있어 천연항산화제에 대한 많은 연구가 필요한 실정이다(3). 천

연항산화제로는 각종 향신료의 정유성분들을 대상으로 한 연구가 가장 많으며 caraway, sage, cumin, rosemary 등(4)과 thyme, clove 등(5)이 유지에 대한 항산화력이 있는 것으로 보고되어 있다. 또한 우리가 식용이나 약재로 사용하고 있는 천연물 중 고추 과피 추출물이나(6), 더덕(7), 해조류(8), 양조간장(9), 부추(10), 오미자(11,12), 복령(13), 칩뿌리(14) 등에서도 강한 항산화성 물질이 존재함이 보고되어 있으나 아직까지 tocopherol을 대체할 만한 천연항산화제는 개발되지 않고 있다(15).

근래에 동양의학에서 주로 이용되던 약용식물로부터 신약을 개발하려는 연구가 현대의학이 고도로 발달한 서구사회를 중심으로 이루어지고 있으며 이에 대한 관심이 집중되고 있다. 우리 나라에서도 오래 전부터 사용되어온 약용식물은 관련질환의 총체적 치료 또는 예방용으로 처방, 이용되어 왔으나 효능의 과학적 근거를 명확히 제시하지 못하여 상대적으로 그 활용도가 낮았다고 할 수 있다. 그러나 국민소득의 증가와 더불어 한약재를 이용한 건강식품의 수요가 많아지고 약용식물의 재배가 증가하는 추세에 있으며 이의 적절한 사용을 위하여 효능에 대한 과학적 근거를 제시하는 것이 필요하다. 지금까지 동양에서 많이 사용되어온 약용식물의 항산화활성을 측정 한 연구결과도 보고되었으나(16), 어떤 질환과 관련된 연구결과는 적은 실정이다. 현대가 노령화 사회로 접어들면서 노인여성들에 대한 관심이 증가하고 있고 갱년기 이후 여성의 경우 심혈관 질환의 위험이 증가하여 이의 예방책으로 호르몬 요법이 제시되고 있으며(17,18), 여성호르몬은 또한 강력한 항산화제로 알려져 있다(19). 따라서 본 연구에서는 예로부터 임상적으로 갱

*Corresponding author : Mee-Ra Rhyu, Food Function Research Division, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9268
Fax: 82-31-709-9876
E-mail: mrrhyu@kfri.re.kr

년기 및 폐경 후 여성들의 처방에 주로 사용되어 온 생약재를 이용하여 이들의 항산화력을 측정, 향후 이들의 천연 항산화제로 사용 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 물 추출물의 제조

갈근, 감초, 경포부자, 당귀, 사상자, 산수유, 산약, 삼칠근, 속단, 오가피, 오미자, 옥죽, 음양곽, 인삼, 파고지, 토사자, 하수오, 황기, 황정, 해동피의 20종을 대상으로 하였으며 경동시장에서 유통되는 건조된 형태의 국내산 한약규격품을 구입하여 food mixer (FM-707T, Hanil)로 분쇄한 후, 저온 저장하면서 사용하였다(Table 1).

시료에 10배량의 증류수를 가해 약 2시간 동안 환류냉각 추출 후 원심분리(10,000×g, 20 min)한 상정액을 40°C이하, 감압하에서 농축시킨 후 동결건조하여 물 추출물을 제조하였다.

Total antioxidant activity

각 시료 추출물의 항산화활성은 Mitsuda 등(20)의 방법에 따라 thiocyanate 법으로 측정하였다. 즉, 시료 0.5 mL을 linoleic acid emulsion 2.5 mL과 0.2 M phosphate buffer(pH 7.0) 2 mL과 혼합, 37°C에서 24시간 저장 후 0.1 mL을 취하여 thiocyanate 법으로 산화정도를 측정하였다. 즉, 75% ethanol 4.7 mL, 30% ammonium thiocyanate 0.1 mL, 시료 용액 0.1 mL과 ferrous chloride 0.1 mL을 가하여 3분간 방치 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 추출물 대신 linoleic acid를 첨가하여 수행하였고, positive control로 수용성 천연항산화제인 비타민 C, 지용성 천연항산화제인 비타민 E, 합성항산화제 BHT 및 BHA를 사용하여 활성을 비교하였다.

수소이온 라디칼 소거활성

각 추출물의 수소이온 라디칼 소거활성은 Brand-Williams 등(21)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시험관에 6×10^{-5} M의 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH) 용액 2 mL을 가한 후 시료 추출물용액 50 μ L를 첨가하여 암소에서 1시간 방치 후 515 nm에서의 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 수소이온 라디칼 생성 저해활성을 계산하였으며 대조구로는 시료대신 methanol을 가하였고 total antioxidant 활성 측정시와 마찬가지로 positive control을 사용하여 활성을 비교하였다.

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{C_{\text{abs}} - S_{\text{abs}}}{C_{\text{abs}}} \times 100$$

Superoxide radical 소거능

Superoxide 라디칼 소거반응은 Crapo 등(22)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시험관에 sodium carbonate buffer(pH 10.0), xanthine, EDTA, bovine serum albumin, nitro blue tetrazolium 0.1 mL과 시료 0.1 mL을 가하고 xanthine oxidase를 최종적으로 12 mU가 되도록 첨가하여 25°C에서 20분 반응시킨 후 CuCl로 반응을 정지시키고 560 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 활성을 계산하였다.

$$\text{Scavenging (\%)} = \frac{C_{\text{abs}} - S_{\text{abs}}}{C_{\text{abs}}} \times 100$$

C_{abs} : 대조구의 흡광도

S_{abs} : 시료 첨가구의 흡광도

비색법에 의한 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 분석

각 시료 추출물에 대하여 g당 총 폴리페놀 함량은 Folin-Danis 법으로 정량하였다(23). 추출물 희석액 5 mL에 Folin 시약 5 mL을 첨가하고 3분 후 10% Na_2CO_3 5 mL을 가하여 혼합, 발색시키고 1시간 정지 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질은 (+)-catechin을 기준으로 환산하였다. 또한 g당 총 플라보노이드 함량은 diethylene glycol 비색법(naringin 기준)으로 정량하였다(24). 즉, 추출물 희석액 1 mL에 diethylene glycerol 10 mL을 첨가하고 1 N NaOH 1 mL을 첨가하였다. 이를 37°C에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준곡선은 naringin을 기준으로 하여 검량선을 작성하였다.

통계분석

모든 실험은 3회이상 반복하여 실시하였으며, 시료간의 차이는 SAS program으로 분산분석(ANOVA)을 이용하여 비교하였고, 분산분석에 의해 차이가 유의적인 경우 Student Newman Keul의 다중비교법에 의하여 $\alpha = 0.05$ 수준에서 검정하였다(25). 또한 항산화활성과 polyphenol함량의 연관성은 simple linear regression을 실시하여 검토하였다.

결과 및 고찰

Total antioxidant activity

37°C에서 24시간 동안 저장한 linoleic acid emulsion에 대한 20종의 약용식물 물 추출물의 항산화 활성을 측정한 결과 음양곽, 오미자, 파고지, 당귀, 해동피, 토사자, 감초, 갈근, 오가피, 속단, 산수유의 11종에서 1 mg/mL 농도에서 시료대신 lin-

Table 1. List of plants used for antioxidant experiments

Scientific name	Plant part	Scientific name	Plant part
<i>Pueraria thunbergiana</i> (PT)	root	<i>Schizandra chinensis</i> (SC)	fruit
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> (GU)	root	<i>Polygonatum odoratum</i> (PO)	root
<i>Aconitum carmichaeli</i> (AC)	root	<i>Epimedium koreanum</i> (EK)	leaves
<i>Angelica gigas</i> (AG)	root	<i>Panax ginseng</i> (PG)	root
<i>Cnidium monnieri</i> (CM)	fruit	<i>Cuscuta chinensis</i> (CC)	root
<i>Cornus officinalis</i> (CO)	fruit	<i>Psoralea corylifolia</i> (PC)	root
<i>Dioscorea japonica</i> (DJ)	root	<i>Polygonum multiflorum</i> (PM)	root
<i>Panax notoginseng</i> (PN)	root	<i>Astragalus membranaceus</i> (AM)	bark
<i>Dipsacus asper</i> (DA)	root	<i>Polygonatum stenophyllum</i> (PS)	fruit
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i> (AS)	bark & root	<i>Erythrina variegata</i> (EV)	seeds

Table 2. Total antioxidant activity of plant extracts¹⁾

Plant	Total antioxidant (%)	Plant	Total antioxidant (%)
<i>Pueraria thunbergiana</i>	78.9±3.4	<i>Epimedium koreanum</i>	95.0±0.2
<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	80.9±3.9	<i>Panax ginseng</i>	25.3±5.8
<i>Aconitum carmichaeli</i>	11.1±2.3	<i>Cuscuta chinensis</i>	83.9±3.2
<i>Angelica gigas</i>	90.8±3.2	<i>Psoralea corylifolia</i>	91.3±1.8
<i>Cnidium monnieri</i>	56.1±2.5	<i>Polygonum multiflorum</i>	39.4±9.1
<i>Cornus officinalis</i>	70.5±6.3	<i>Astragalus membranaceus</i>	41.9±3.6
<i>Dioscorea japonica</i>	62.0±3.5	<i>Polygonatum stenophyllum</i>	-
<i>Panax notoginseng</i>	24.8±5.1	<i>Erythrina variegata</i>	89.0±4.1
<i>Dipsacus asper</i>	77.8±5.4	BHA	99.8±0.3
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	78.8±10.5	BHT	100.0±0.1
<i>Schizandra chinensis</i>	93.0±2.4	Vit. C	97.9±3.1
<i>Polygonatum odoratum</i>	41.2±7.9	Vit. E	93.5±9.3

¹⁾Total antioxidant activity of each plant extract was measured at 1 mg/mL. Values are means of triplicate determinations ± standard deviation.

Table 3. Radical scavenging activity of plant extracts

Sample	Hydroxy radical scavenging activity (%) ¹⁾	Superoxide radical scavenging activity (%) ²⁾
<i>Pueraria thunbergiana</i>	16.8±2.3	12.4±4.3
<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	13.3±3.4	10.3±3.4
<i>Aconitum carmichaeli</i>	0.6±1.7	3.9±2.5
<i>Angelica gigas</i>	15.8±1.9	11.6±4.7
<i>Cnidium monnieri</i>	20.3±3.7	10.3±5.0
<i>Cornus officinalis</i>	66.7±4.8	18.1±3.3
<i>Dioscorea japonica</i>	9.6±3.4	10.7±4.9
<i>Panax notoginseng</i>	2.6±0.7	7.2±4.5
<i>Dipsacus asper</i>	39.9±9.1	21.3±5.8
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	71.8±8.3	24.2±5.9
<i>Schizandra chinensis</i>	33.5±3.2	11.9±3.4
<i>Polygonatum odoratum</i>	5.4±2.2	3.2±1.6
<i>Epimedium koreanum</i>	69.5±4.4	42.4±8.0
<i>Panax ginseng</i>	2.5±1.0	7.9±2.8
<i>Cuscuta chinensis</i>	57.5±4.6	21.7±7.7
<i>Psoralea corylifolia</i>	19.6±2.0	22.9±4.6
<i>Polygonum multiflorum</i>	6.5±1.1	13.8±6.6
<i>Astragalus membranaceus</i>		16.0±5.4
<i>Polygonatum stenophyllum</i>	3.2±1.5	0.2±7.6
<i>Erythrina variegata</i>	43.4±4.0	29.4±6.2
BHA	88.6±0.3	84.6±11.0
BHT	26.8±5.3	99.0±1.6
Vit. C	89.8±0.1	97.7±1.9
Vit. E	88.9±0.3	98.3±1.3

¹⁾Hydroxy radical scavenging activity of each plant extract was measured at 1 mg/mL.

²⁾Superoxide radical scavenging activity of each plant extract was measured at 5 mg/mL.

Values are means of triplicate determinations ± standard deviation.

olic acid를 첨가하여 저장한 대조구에 비해 70%이상의 높은 항산화활성을 나타내었다. 또한 산약, 사상자, 황기, 옥죽, 하수오는 30-70%의 활성을 나타내었고 인삼, 삼칠근, 경포부자는 10-30%의 활성을 나타내었으며 황정은 활성이 나타나지 않았다(Table 2). 또한 positive control로 사용한 합성항산화제 BHA, BHT 및 천연항산화제인 비타민 C와 E는 모두 90%이상의 높은 활성을 나타내었다. 결과적으로 실험에 사용한 20종의 한약재들 중 일부는 천연항산화제를 풍부히 함유하고 있으며, 이러한 항산화제의 질이나 양은 식물의 종류에 따라 매우 다양한

것을 알 수 있었다. 김등(16)은 180종의 herbs 추출물 중 44종이 강력한 항산화활성을 나타내었다고 하였으며 이중 본 실험에서도 높은 활성을 가진 것으로 나타난 음양곽, 토사자, 파고지 등도 포함되어 있어 본 연구결과와 일치하는 결과를 보고하였다. 실험에 사용한 모든 약재 추출물들이 합성이나 천연항산화제와 비교하여 낮은 활성을 나타내었으나, 이는 본 실험에 사용한 추출물이 단일성분이 아니며 여러 가지 활성물질들이 함께 존재하여 이들에 의한 상호작용에 의한 결과로 사료되었다.

Table 4. Total polyphenol and flavonoid contents of plant extracts

Plant	Polyphenol (mg/g) ¹⁾	Flavonoid (mg/g) ²⁾
<i>Pueraria thunbergiana</i>	59.75 ± 0.48	15.20 ± 0.25
<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	34.60 ± 0.54	55.35 ± 1.06
<i>Aconitum carmichaeli</i>	6.40 ± 0.17	5.97 ± 0.35
<i>Angelica gigas</i>	14.76 ± 0.58	7.20 ± 0.05
<i>Cnidium monnieri</i>	15.72 ± 0.11	8.09 ± 0.09
<i>Cornus officinalis</i>	32.25 ± 0.08	5.15 ± 0.20
<i>Dioscorea japonica</i>	11.09 ± 0.09	2.37 ± 0.02
<i>Panax notoginseng</i>	4.12 ± 0.01	5.89 ± 0.34
<i>Dipsacus asper</i>	45.48 ± 0.82	32.26 ± 2.43
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	69.59 ± 0.10	44.04 ± 0.92
<i>Schizandra chinensis</i>	12.69 ± 0.01	2.94 ± 0.02
<i>Polygonatum odoratum</i>	2.62 ± 0.01	0.51 ± 0.04
<i>Epimedium koreanum</i>	81.20 ± 0.65	38.00 ± 1.78
<i>Panax ginseng</i>	3.97 ± 0.01	5.91 ± 0.38
<i>Cuscuta chinensis</i>	28.22 ± 0.29	19.77 ± 0.98
<i>Psoralea corylifolia</i>	29.51 ± 0.21	22.22 ± 1.12
<i>Polygonum multiflorum</i>	6.49 ± 0.10	1.02 ± 0.09
<i>Astragalus membranaceus</i>	13.28 ± 0.36	1.83 ± 0.07
<i>Polygonatum stenophyllum</i>	4.34 ± 0.11	0.38 ± 0.03
<i>Erythrina variegata</i>	62.06 ± 0.59	26.43 ± 1.03

¹⁾Catechin equivalent.²⁾Naringin equivalent.

Values are means of triplicate determinations ± standard deviation.

Table 5. Comparison of positive controls and water extracts from *Cornus officinalis*, *Acanthopanax sessiliflorus*, *Epimedium koreanum*, and *Erythrina variegata* for 50% inhibition (IC₅₀) of antioxidant activity

Sample	Total antioxidant activity (mg/mL) ¹⁾	DPPH (mg/mL) ¹⁾	SOD (mg/mL) ¹⁾
<i>Cornus officinalis</i>	0.54 ± 0.16 ^(a2)	0.74 ± 0.06 ^b	4.57 ± 0.44 ^a
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	0.19 ± 0.01 ^b	0.70 ± 0.05 ^b	2.92 ± 0.69 ^b
<i>Epimedium koreanum</i>	0.18 ± 0.02 ^b	0.79 ± 0.13 ^b	4.59 ± 0.49 ^a
<i>Erythrina variegata</i>	0.22 ± 0.01 ^b	1.27 ± 0.13 ^a	4.29 ± 0.98 ^a
Vitamin C	0.53 ± 0.14 ^a	<0.01	0.53 ± 0.01 ^d
Vitamin E	<0.01	<0.01	0.22 ± 0.09 ^d
BHT	<0.01	<0.01	0.28 ± 0.03 ^d
BHA	<0.01	<0.01	1.61 ± 0.65 ^{bc}

¹⁾The concentration of samples that inhibited each antioxidant activity by 50% (IC₅₀) were determined by linear regression of inhibitory percentage.²⁾Values in same column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Values are means of triplicate determinations ± standard deviation.

라디칼 소거활성

실험에 사용한 약재 추출물들의 항산화활성 비교를 위한 다른 수단으로 수소이온 및 superoxide 이온 라디칼 소거활성을 측정하였다(Table 3). 1 mg/mL 농도에서 측정된 수소이온 라디칼 소거능은 오가피가 약 72%로 가장 높았고, 음양곽이 약 70%, 산수유가 약 67%로 각각 높은 활성을 나타내었다. 반면 황기는 활성이 나타나지 않았으며 경포부자, 인삼, 삼칠근 및 황정은 5% 이하의 활성을 나타내어 수소이온 라디칼 소거능이 거의 없었다. Positive control의 경우 BHT가 다른 항산화제에 비해 유의적으로 낮은 활성을 나타내었으며 실험에 사용한 한 약재 추출물과 비교하였을 때도 중간정도의 활성을 나타내었으나 나머지 항산화제들은 모두 85% 이상의 높은 활성을 나타내었다. Superoxide 이온 라디칼 소거능은 수소이온 소거능 보다 활성이 낮아 1 mg/mL 농도에서는 거의 모든 시료에서 활성이 관찰되지 않아 5 mg/mL 농도로 실험한 결과 음양곽이 약

42%로 가장 높았으며 해동피, 오가피, 파고지, 토사자 및 속단이 20% 이상의 비교적 높은 활성을 나타내었고 positive control은 BHA가 약 85%, 나머지는 95% 이상의 높은 활성을 나타내었다(Table 3).

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

식물에 존재하는 많은 phytochemical 중 폴리페놀 화합물이나 플라보노이드류는 여러 가지 식품에 널리 분포되어 있으며 천연항산화제로써 작용할 수 있다는 연구들이 행해져 왔다(26-28). 따라서 실험에 사용한 20종의 약용식물 추출물의 항산화활성과 폴리페놀이나 플라보노이드 함량과의 관련성을 검토하기 위하여 추출물내의 총 폴리페놀화합물과 플라보노이드의 함량을 측정하였다. 실험결과 총 폴리페놀은 옥죽이 약 2.6 mg/g으로 가장 작았고 음양곽이 약 81.2 mg/g으로 가장 많았으며, 플라보노이드 함량은 황정이 약 0.4 mg/g으로 가장 적고, 감초

가 약 55.4 mg/g으로 가장 많았다(Table 4). 실험에 사용한 대부분의 식물에서 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 많았으며 폴리페놀의 함량이 많은 식물이 대부분 플라보노이드의 함량도 많았으나 감초, 삼칠근 및 인삼은 플라보노이드의 양이 폴리페놀보다 많아 다른 결과를 나타내었다. 또한 갈근, 산수유, 오가피, 음양곽 및 해동피는 총 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 1.5-2배 이상 많아 플라보노이드와의 다른 페놀성 화합물을 많이 함유하는 것으로 나타났다.

총 폴리페놀의 양과 추출물의 항산화활성과의 관련성을 비교한 결과 대부분 폴리페놀의 함량이 높을수록 항산화활성이 높아 양의 상관관계를 나타내었으며 이중 폴리페놀 함량은 낮으나 각 활성이 높거나 폴리페놀 함량은 높으나 활성이 낮은 몇 종류의 시료를 제외하고 폴리페놀의 함량과 활성간의 관련성에 대한 단순회귀분석 결과 각 활성 모두 r값이 약 0.8 수준에서 나타났다(Fig. 1). 또한 플라보노이드 함량이 폴리페놀함량보다 많은 감초, 삼칠근 및 인삼은 항산화활성이 낮는데 반해 폴리페놀의 함량이 플라보노이드의 함량보다 현저히 많은 식물 중 갈근을 제외한 산수유, 오가피, 음양곽, 해동피는 3 종류의 항산화 활성 실험에서 모두 활성이 높은 것으로 나타나 이들 식물 중에 존재하는 다른 폴리페놀화합물들이 항산화활성을 나타내는 것으로 사료되었다. Sato 등(26)은 여러 종류의 wine을 사용하여 그들의 superoxide 라디칼 소거능과 폴리페놀성 화합물의 관련성을 측정된 결과 양의 상관관계를 나타낸다고 하였으며, Hussain 등(29)은 hydroxy 라디칼, Afanaslev 등(30)은 superoxide 라디칼, Torel 등(31)은 lipid peroxy 라디칼 소거에 페놀성 화합물이 관련성을 가지고 있으며 특히 지질산화의 초기단계에 라디칼을 저해할 수 있다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과를 보고하였다.

시료 추출물 활성의 IC₅₀

시료 추출물의 항산화활성과 폴리페놀화합물함량 측정결과를 토대로 하여 폴리페놀화합물의 함량이 높고 모든 활성이 높은 것으로 나타난 산수유, 오가피, 음양곽, 해동피를 최적의 항산화활성을 나타내는 후보 식물군으로 선정하였다. 다음 단계로 이들 활성의 정도를 정확히 파악하기 위하여 각각에 대하여 최대 활성의 50%를 나타낼 수 있는 농도인 IC₅₀값을 측정하였다(Table 5). Total antioxidant, 수소이온 라디칼 및 superoxide 라디칼 소거활성의 IC₅₀을 측정된 결과 오가피와 음양곽이 total antioxidant, 수소이온 라디칼 소거능에서 거의 유사한 활성을 나타내었으며 superoxide 라디칼 소거활성은 오가피가 가장 높았고, 산수유는 수소이온 라디칼 소거능과 superoxide 라디칼 소거능은 오가피, 음양곽과 유사하였으나 total antioxidant 활성이 낮았고 해동피는 superoxide 라디칼 소거능은 산수유, 음양곽과 유사하였으나 나머지 활성은 다른 세 가지 추출물에 비하여 유의적으로 낮았다. Positive control의 IC₅₀ 값은 BHA의 superoxide 라디칼 소거능과 비타민 C의 total antioxidant활성을 제외한 나머지가 모두 실험에 사용한 식물들에 비하여 유의적으로 낮았으며 특히 수소이온 라디칼 소거활성과 total antioxidant 활성은 각각의 IC₅₀이 모두 0.01 mg/mL 이하인 것으로 나타났다. 그러나 total antioxidant 활성의 경우 오가피, 음양곽, 해동피는 비타민 C보다 유의적으로 IC₅₀이 낮아 활성이 높은 것으로 나타났고, 산수유는 비타민 C와 유사한 것으로 나타났으며 superoxide 라디칼 소거능도 오가피는 BHA에 준하는 활성을 갖는 것으로 나타나 이들이 천연 항산화제로의 사용가능성이 대두되었다.

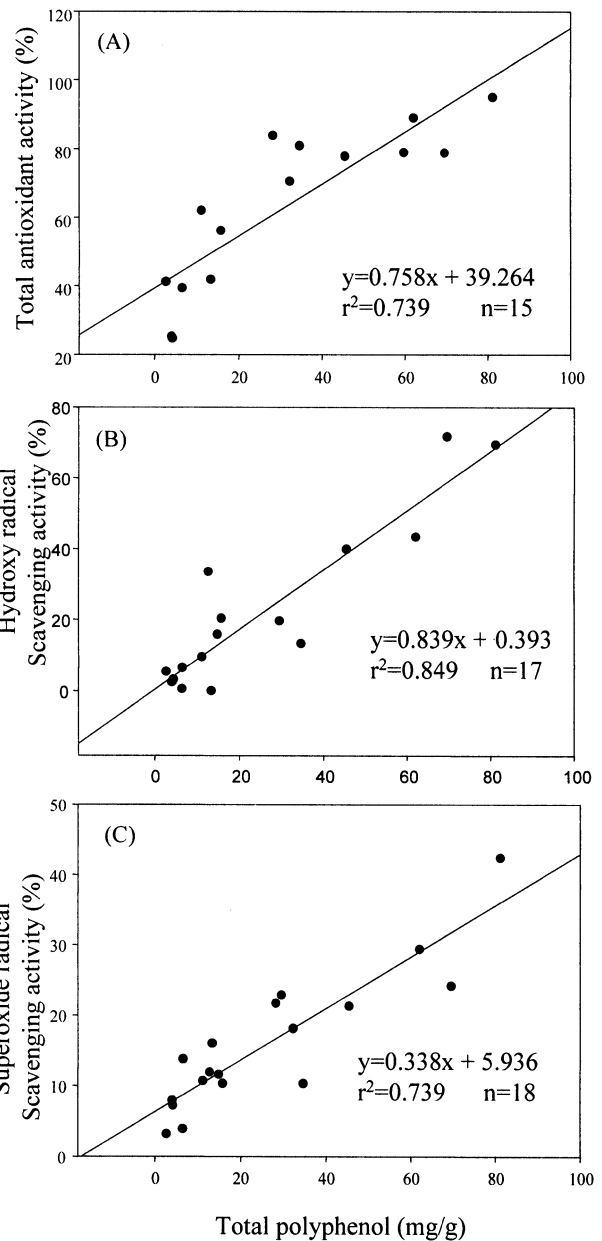


Fig. 1. Relationship between (A) total antioxidant activity, (B) hydroxy radical scavenging activity, and (C) superoxide radical scavenging activity and total polyphenol contents (catechin equivalent) of plant extracts.

요 약

20종 약용식물 물 추출물의 항산화활성 및 이의 폴리페놀화합물과 플라보노이드 함량을 측정 비교하였다. Linoleic acid emulsion을 이용한 total antioxidant 활성에서는 1 mg/mL 농도에서 음양곽, 오미자, 파고지, 당귀, 해동피, 토사자, 감초, 갈근, 오가피, 속단 및 산수유가 대조구에 비해 70%이상의 항산화활성을 나타내었다. 수소이온 라디칼 소거능은 오가피, 음양곽 및 산수유가 60%이상의 활성을 나타내었으며 황기는 활성이 나타나지 않았고 경포부자, 인삼, 삼칠근 및 황정은 5%이하의 매우 낮은 활성을 나타내었다. Superoxide 이온 라디칼 소거능은 수소이온 소거능 보다 활성이 낮아 1 mg/mL 농도에서는 거의 모든 시료에서 활성이 관찰되지 않았으며 5 mg/mL 농도에서

음양곽이 약 42%로 가장 높았고 해동피, 오가피, 파고지, 토사자 및 속단이 20%이상의 비교적 높은 활성을 나타내었다. 총 폴리페놀은 옥죽이 약 2.6 mg/g으로 가장 작고 음양곽이 약 81.2 mg/g으로 가장 많았으며, 플라보노이드 함량은 황정이 약 0.4 mg/g으로 가장 적고, 감초가 약 55.4 mg/g으로 가장 많았다. 실험에 사용한 식물 대부분에서 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 많았으며, 시료 추출물의 항산화활성과 폴리페놀 함량을 비교한 결과 각 활성에 대하여 2-3종의 시료를 제외한 나머지에서 모두 폴리페놀 함량과 활성간에 양의 상관관계를 나타내어($r \approx 0.8$) 식물 중에 존재하는 폴리페놀화합물들이 그들이 나타내는 항산화활성과 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 측정된 세 가지 활성 모두에서 활성이 높고 폴리페놀화합물의 양도 많은 산수유, 오가피, 음양곽 및 해동피의 각 활성에 대한 IC_{50} 을 측정된 결과 오가피가 세 가지 활성 모두에서 가장 낮은 값을 나타내어 활성이 가장 높았으며 음양곽 또한 superoxide 라디칼 소거능을 제외하고는 오가피와 거의 유사한 활성을 나타내었다. Positive control로 사용한 비타민 C, E, BHA 및 BHT의 경우 BHA의 superoxide 라디칼 소거능을 제외한 나머지는 모두 실험에 사용한 식물들에 비하여 IC_{50} 이 유의적으로 낮았다. 그러나 total antioxidant 활성에서 오가피, 음양곽, 해동피는 비타민 C보다 유의적으로 높았고 산수유는 유사하였으며, superoxide 라디칼 소거능도 오가피가 BHA에 준하는 활성을 나타내어 이들 식물이 천연 항산화제로 사용이 가능할 것으로 기대되었다.

문 헌

- Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90: 7915-7922 (1993)
- Dean RT, Gieseg, Davies MJ. Reactive species and their accumulation on radical damaged proteins. Trends Biochem. Sci. 18: 437-441 (1993)
- Branen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. J. Am. Oil. Chem. Soc. 52: 59-63 (1975)
- Farag RS, Badei AZMA, Hewedi FM, El-Baroty GSA. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. J. Am. Oil. Chem. Soc. 66: 792-799 (1989)
- Farag RS, Badei AZMA, El-Baroty GSA. Influence of thyme and clove essential oils on cottonseed oil oxidation. J. Am. Oil. Chem. Soc. 66: 800-804 (1989)
- Yu JH, Cho CM, Oh DH, Pyun YR. Antioxidant properties of red-pepper peel extracts on margarine. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 9: 21-27 (1981)
- Maeng YS, Park HK. Antioxidant activity of ethanol extract from Dodok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 23: 311-316 (1991)
- Park JH, Kang KC, Baek SB, Lee YH, Rhee KS. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 256-261 (1991)
- Cheigh HS, Lee JS, Moon GS, Park KY. Antioxidative characteristics of fermented soybean sauce on the oxidation of fatty acid mixture. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 332-336 (1990)
- Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. Components and antioxidative activities of Buchu (*Chinese chives*) harvested at different times. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 493-498 (2003)
- Lee JS, Lee SW. The studies of composition of fatty acids and antioxidant activities in parts of Omija (*Schizandra chinensis Baillon*). Korean J. Diet. Cult. 6: 147-153 (1991)
- Hong JS, Choi JS, Jung KT, Joo IO. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (Omija) seed. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 928-935 (2000)
- Kim DG, Son DH, Choi UK, Cho YS, Kim SM. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of *Poria cocos*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 1097-1101 (2002)
- Oh MJ, Son HY, Kang JC, Lee KS. Antioxidative effect of Pueraria root extract on edible oils and fats. J. Korean Soc. Food Nutr. 19: 448-456 (1990)
- Choi J, Shin DH, Chang YS, Shin JI. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 142-148 (1992)
- Kim SY, Kim JH, Ki SK, Oh MJ, Jung MY. Antioxidant activities of selected oriental herb extracts. J. Am. Oil. Chem. Soc. 71: 633-640 (1994)
- Kannel WB, Hjortland MC, Mcnamara PM, Gordon T. Menopause and risk of cardiovascular disease. The framingham study. Ann. Int. Med. 85: 447-452 (1976)
- Grodstein F, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Willett WC, Rosner B. Postmenopausal estrogen and progestin use and the risk of cardiovascular disease. N. Engl. J. Med. 335: 453-461 (1996)
- Sack MN, Rader DJ, O'cannon RO. Estrogen and inhibition of oxidation of low-density lipoproteins in postmenopausal women. Lancet 343: 269-270 (1994)
- Mitsuda H, Yasumoto K, Iwami K. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. Eiyo to Shokuryo 19: 210-214 (1966)
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Barnes G. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. Wiss. Technol. 28: 25-30 (1985)
- Crapo JD, Mccord JM, Fridovich I. Preparation and assay of superoxide dismutases. Methods Enzymol. 53: 382-393 (1978)
- Nakabayashi T. Studies on tannin of fruits and vegetables. Nippon Shokuhin Gakkaishi 15: 73-76 (1968)
- NFRI. Manuals of Quality Characteristic Analysis for Food Quality Evaluation (2). National Food Research Institute, Skuba, Japan. p. 61 (1990)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1992)
- Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. J. Agric. Food Chem. 44: 37-41 (1996)
- Bors W, Saran, M. Radical scavenging by flavonoid antioxidants. Free Rad. Res. Comm. 2: 289-294 (1987)
- Fitzpatrick DF, Hirschfield SL, Coffey RG. Endothelium-dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. Am. J. Physiol. 265: H774-H778 (1993)
- Hussain SR, Cillard J, Cillard P. Hydroxyl radical scavenging activity of flavonoids. Phytochemistry 26: 2489-2491 (1987)
- Afanaslev IB, Dorozhko AI, Bordskii AV. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. Biochem. Pharmacol. 38: 1763-1769 (1989)
- Torel J, Cillard J, Cillard P. Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radicals. Phytochemistry 25: 383-385 (1986)

(2004년 2월 6일 접수; 2004년 3월 23일 채택)