

참취 추출물과 용매분획물의 항산화 활성

전상민 · 이진영 · 김현웅 · 이영민 · 장환희 · 황경아 · 김행란 · 박동식[†]

농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과

Antioxidant Activity of Extracts and Fractions from *Aster scaber*

Sang-Min Jeon, Jin-Young Lee, Heon-Woong Kim, Young-Min Lee, Hwan-Hee Jang,
Kyung-A Hwang, Haeng-Ran Kim, and Dong-Sik Park[†]

Functional Food and Nutrition Division, Dept. of Agrofood Resources,
Rural Development Administration, Gyeonggi-do 441-853, Korea

Abstract

As an effort to develop functional food ingredients and to discover the biological activity, the total phenolic content, total flavonoid content, DPPH and ABTS radical scavenging activity, SOD-like activity, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and Fe²⁺ chelating of *Aster scaber* were measured using a 70% ethanol extract and various solvent fractions. As a result, the total phenolic content was highest in an ethyl acetate fraction of 141.9 mg GAE eq/g and the total flavonoid content was 105.6 mg QUE eq/g. The DPPH radical scavenging activity was highest in an ethyl acetate fraction of 97.1% at a concentration of 1,000 µg/mL (p<0.05). The ABTS radical scavenging activity showed a 86.9% ethyl acetate fraction and a 57.9% butanol fraction at a concentration of 125 µg/mL, and higher than that of positive control (α-tocopherol and BHT) (p<0.05). The SOD-like activity showed 42.8% in an ethyl acetate at a concentration of 1,000 µg/mL. The ethyl acetate fraction showed the highest value of FRAP at 1051.9 µM and a concentration of 1,000 µg/mL (p<0.05). The Fe²⁺ chelating was highest in the 70.1% chloroform fraction at a concentration of 500 µg/mL (p<0.05). There is the highest correlation between DPPH radical scavenging activity and FRAP (r=0.981) as compared to other antioxidant assays (p<0.01). With these results, we confirmed that the ethyl acetate fraction of *Aster scaber* has great antioxidant potential. So it can be expected to be developed into a specific functional food ingredient.

Key words: *Aster scaber*, total phenolic and flavonoid content, DPPH and ABTS radical scavenging, FRAP, Fe²⁺ chelating

서 론

최근 천연물을 대상으로 성인병의 주된 원인인 활성산소종을 억제시키기 위해 항산화제에 대한 연구가 다양하게 수행되고 있으며, 특히 동양의학과 대체의학에 대한 관심이 고조되면서 민간에서 치료 및 예방의 목적으로 사용되고 있는 각종 생약이나 야생 산채류 등 약용식물을 대상으로 천연 항산화제에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(1,2). 생체 내에서 발생하는 superoxide anion radical, hydroxyl radical, singlet oxygen, hypochlorite, hydrogen peroxide 등과 같은 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 정상적인 대사과정 중에서 지속적으로 생성되는 부산물로 DNA, 단백질, 세포 분자들의 산화적 손상을 유발하여 암, 심혈관 질환 및 퇴행성 장애 등 다양한 질병을 일으키게 된다. 이러한 세포 내 산화 연쇄 반응의 시작이나 진행을 지연하거나 억제하는 항산화제는 산소를 제거하거나 흡수하는 것이 아

니라 free radical과 반응함으로써 특정 비타민류와 필수아미노산 등의 손실을 최소화하거나 유지 제품의 산패를 지연 또는 방지하는 목적으로 사용되어지고 있다(3-5). 최근 식물에서 유래된 페놀 화합물 및 비타민 등의 천연항산화제가 산화손상에 대한 화학적 예방 촉매기능이 보고됨에 따라 많은 주목을 받아 오고 있다(6-8). 다양한 식물에 함유되어 있는 페놀 화합물은 식물의 광합성 과정에서 생성되는 활성산소로부터 자신을 보호할 수 있는 효소와 이차대사산물로서 free radical을 수용할 수 있는 phenolic hydroxyl기를 여러 개 가지고 있는 물질로 거대한 분자들과 결합하여 활성산소종을 제거하는 것으로 알려지고 있다(9-11).

참취(*Aster scaber*)는 우리나라 전국 각지의 산야지에 흔히 자생하며 농가에서 재배하기도 하는 국화과(Compositae)에 속하는 다년생초본으로 백운초, 백산국, 동풍, 나물채, 암취 및 나물취라고도 한다. 해수·이노·보익·방광염·두통·현기증 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(12). 현재까지

[†]Corresponding author. E-mail: dpark@korea.kr
Phone: 82-31-299-0530, Fax: 82-31-299-0504

이루어진 참취의 생리활성 연구는 유전독성 억제효과(13), 지방대사와 항산화에 미치는 영향(14), 고지혈증 예방효과와 혈중 콜레스테롤 LDL, VLDL 농도의 저하 및 혈관 내피 세포의 변화 지연(15), HMG-CoA reductase 저해 활성(16) 등이 보고되었다. 이러한 연구는 주로 참취 추출물을 이용한 것으로 다양한 용매 분획물에 대한 활성 검정은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 참취 추출물과 다양한 용매 분획물을 이용하여 항산화활성을 검정하였고 활성과 관련이 있는 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량을 정량하여 천연항산화 소재로서의 가치를 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 참취는 강원도 양양 서광농협에서 구입하여 40 mesh 분쇄기(FM909T, HANIL, Wonju, Korea)로 분쇄한 후 분말상태로 조제하였다. 시료는 PE Film에 밀봉 포장 후 냉동보관(-20°C)하여 실험에 사용하였다.

추출물 제조 및 용매 분획

참취 분말 100 g에 10배의 70% 에탄올을 첨가하고 실온에서 24시간 진탕기(Shaker SK-71 JEIO Tech, Daejeon, Korea)로 진탕하여 2회 추출하였다. 이를 여과지(No. 6, Advantec, Tokyo, Japan)에 여과한 뒤 rotatory vacuum evaporator(EYELA N-3000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 감압농축한 후 동결 건조하여 70% 에탄올 추출물을 얻었다. 순차적 용매 분획은 70% 에탄올 추출물 10 g을 물 500 mL에 용해시켜 비극성 용매인 hexane 500 mL(1,000 mL×3회)로 추출하여 hexane 분획물을 얻었다. 그 수층을 chloroform, ethyl acetate, butanol, aqueous의 순서로 극성의 차이를 이용하여 분획물을 얻었다. 분리된 각각의 용매 분획물은 감압 농축하여 용매를 제거한 후 -70°C에서 동결 건조하였다. 냉동보관(-20°C)한 시료는 항산화 활성 분석용으로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis 방법(17)을 변형하여 측정하였다. 1 mg/mL의 농도로 용해한 시료 20 µL에 Folin-Ciocalteu's(1 N) 시약 50 µL 및 7.5% sodium carbonate 150 µL를 차례로 가한 다음 실온에서 60분간 정치한 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.06, 0.03, 0.015 mg/mL를 이용하여 작성한 표준곡선으로 gallic acid equivalents(GAE/g) 단위로 나타냈다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(18)과 Singleton 등(19)의 방법을 응용하여 측정하였다. 각 시료 20 µL를 sodium nitrite solution 75 µL와 3차 증류수 100 µL 혼합하여 6분간 반응시키고 aluminum chloride solution 20 µL를 첨가

하여 다시 5분간 반응시킨 후 1 M NaOH 40 µL와 섞어 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 하여 작성한 표준곡선으로 quercetin equivalents(QUE/g) 단위로 나타냈다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(20)의 방법을 변형하여 각 농도별 시료 40 µL와 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 용액 160 µL를 가하여 잘 혼합한 다음 암소에서 30분간 반응시킨 후 518 nm에서 흡광도를 측정하여 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Arano 등(21)과 Re 등(22)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 약 12시간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도가 1±0.1이 되도록 희석하였다. 희석한 용액 285 µL를 취하여 각 농도별 시료 15 µL를 혼합하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성 측정은 Marklund와 Marklund(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 과산화수소(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 SOD 유사활성으로 나타내었다. 일정 농도별 시료 40 µL에 pH 8.5로 보정한 Tris-HCl buffer(50 mM tris amino-methane+10 mM EDTA, pH 8.5) 120 µL와 7.2 mM pyrogallol 20 µL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl 20 µL를 가하여 반응을 정지시키고 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 추출물 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

Ferric reducing antioxidant power(FRAP)에 의한 환원력 측정

FRAP에 의한 환원력 실험은 Benzie와 Strain(24)의 방법을 변형하여 측정하였다. FRAP 시약은 300 mM acetate buffer(pH 3.5), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) 및 20 mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합하여 37°C에서 5분 동안 가온한 후 FRAP 시약으로 사용하였다. 각 농도별 시료 50 µL에 제조한 시약 150 µL를 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였으며 FeSO₄·7H₂O를 표준물질로 하여 얻은 표준 검량선으로부터 계산하였다.

Fe²⁺ chelating 활성 측정

Fe²⁺ chelating 활성 측정은 Decker와 Welch(25)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. Fe²⁺ chelating 활성은 시료 50 µL, 0.6 mM FeCl₂·4H₂O[iron(II) chloride tetrahydrate] 용

액 10 µL와 증류수 90 µL 혼합한 후 실온에서 10분간 반응시켰다. 반응 후 5 mM ferrozine[3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonic acid] 용액 20 µL을 혼합하여 실온에서 5분간 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 항산화활성 데이터에 대한 통계분석은 SPSS(statistical package for the social science, version 12.0, Chicago, IL, USA) program을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 실험군 간의 유의성은 Duncan의 다중범위 시험법(Duncan's multiple range test)로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 페놀성 물질인 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색으로 발색하는 것을 원리(26)로 참취 추출물과 용매 분획물에 존재하는 총 폴리페놀 함량을 gallic acid를 기준으로 측정한 결과 Table 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 70% 에탄올 추출물에서 99.6 mg GAE eq/g이었고, 용매 분획물에 대한 총 폴리페놀 함량은 ethyl acetate> butanol> hexane> chloroform> aqueous 순으로 각각 141.9, 132.9, 115.7, 78.1 및 41 mg GAE eq/g의 함량을 나타내어 ethyl acetate 분획물에서 가장 높은 함량을 나타냈다(p<0.05). 항산화 활성을 나타내는 약용식물 추출물에 함유된 총 폴리페놀의 함량을 측정한 Woo 등(27)은 저먼케모마일, 각시취, 기생초 등에서 74.0~22.5 mg GAE/g의 폴리페놀을 함유한다는 결과와 비교하면 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물에 존재하는 총 폴리페놀 함량이 높은 것으로 나타났다. 미나리 ethyl acetate 분획물에서 240.61 mg GAE eq/g의 폴리페놀을 함유하였다는 Hwang 등(28)의 결과와 쑥부쟁이

ethyl acetate 분획물에서 4.72 mg GAE/g의 폴리페놀이 함유되었다는 Bae와 Kim(29)의 결과와 비교하면 미나리 ethyl acetate 분획물에서는 함량이 낮으나 쑥부쟁이 ethyl acetate 분획물보다는 함량이 높았다. 또한 ethyl acetate 분획물에서 폴리페놀 함량이 높다는 결과는 본 실험의 결과와 일치하였다. Kim과 Suh(30)의 연구에 의하면 식물에 존재하는 페놀 화합물은 항산화활성과 연관되므로 참취 70% 에탄올 추출물 및 용매 분획물은 항산화 효능을 나타내는 페놀 화합물을 함유하고 있어 천연 항산화제로 이용 가치가 높다고 사료된다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드는 노란색 또는 적자색을 띠는 색소 화합물로 C₆-C₃-C₆의 benzopyrone 기본골격을 지니고 있으며, 식물 중에는 대부분 당과 결합된 배당체(glycoside) 형태로 존재하며 폴리페놀에 속하는 것으로 알려져 있다. 플라보노이드는 flavones, flavonols, flavanones, flavanol 및 iso-flavones로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 분류되고 특정 flavonoid는 항산화, 항암, 항고열압, 항염증, 항균 및 항노화 등 여러 생리적 기능을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(31-33). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물에 존재하는 총 플라보노이드 함량을 quercetin을 기준으로 측정한 결과, Table 1과 같이 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 70% 에탄올 추출물에서 38.9 mg QUE/g이었으며, 용매 분획물에 대한 총 플라보노이드 함량은 ethyl acetate> butanol> chloroform> hexane> aqueous 순으로 각각 105.6, 60.6, 42, 34 및 6.1 mg QUE/g의 함량을 나타내어 ethyl acetate 분획물에서 높은 함량을 나타내었으며(p<0.05), 총 폴리페놀 함량의 결과와 일치하였다. Lee 등(34)은 약용식물인 우산나물 지상부와 뿌리 에탄올 추출물에서 31.7 및 10.5 mg QUE/g의 플라보노이드를 함유하였다는 연구결과를 보고하였고, Woo 등(27)은 국화과 식물 각시취, 구절초 에탄올 추출물에서 65.5 및 20.25 mg QUE/g이었다는 결과와 비교하면 참취 에탄올 추출물의 플라보노이드 함량이 높음을 알 수 있었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

항산화 활성을 측정하는데 비교적 간단하여 가장 널리 사용되는 방법인 DPPH 라디칼 소거능 측정은 항산화 물질에 의한 전자공여에 의해 지질과산화 연쇄반응에 관여하는 산화성 free radical의 억제 정도를 간접적으로 측정하는 방법이다(35). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 2와 같이 농도의존적인 경향을 보였다. 특히 ethyl acetate 분획물에서 가장 높은 소거활성을 보여 1,000 µg/mL 농도에서 97.1%의 소거능을 나타냈으며, 125 µg/mL의 농도에서 86.9%의 소거능을 보여 대조군으로 사용한 α-tocopherol과 BHT보다 높게 나타났다(p<0.05). 또한 butanol 분획물은 125 µg/mL 농도에서 57.9%, 62.5 µg/mL 농도에서는 29.1% 소거능을 보였다(p<

Table 1. Total phenolic and flavonoid contents of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	Total phenolic contents (mg GAE ¹⁾ /g)	Total flavonoid contents (mg QUE ²⁾ /g)
70% ethanol	99.6±2.1 ^{3)c4)}	38.9±3.9 ^{bc}
Hexane	115.7±0.4 ^d	34.0±2.2 ^b
Chloroform	78.1±7.2 ^b	42.0±2.0 ^c
Ethyl acetate	141.9±6.7 ^e	105.6±2.6 ^e
Butanol	132.9±4.2 ^e	60.6±4.0 ^d
Aqueous	41.0±6.0 ^a	6.1±1.7 ^a

¹⁾Total phenolic content was expressed as mg/g gallic acid equivalent (GAE).
²⁾Total flavonoid content was expressed as mg/g quercetin equivalent (QUE).
³⁾Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).
⁴⁾Means within each column with different letter (a-e) different significantly (p<0.05).

Table 2. DPPH radical scavenging of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)						
	15.625	31.25	62.5	125	250	500	1,000
70% ethanol	7.1 \pm 1.8 ^{1)aAB2)}	9.7 \pm 0.7 ^{bC}	14.7 \pm 0.5 ^{cC}	27.8 \pm 3 ^{dB}	49.3 \pm 0.5 ^{eE}	89.3 \pm 0.9 ^{fE}	96.3 \pm 0.3 ^{gC}
Hexane	4.2 \pm 1.6 ^{aA}	4.8 \pm 0.6 ^{aA}	6.6 \pm 0.4 ^{abAB}	11.4 \pm 2.3 ^{bA}	18.6 \pm 0.5 ^{cC}	33.3 \pm 0.6 ^{dC}	65.2 \pm 2.7 ^{eB}
Chloroform	4.2 \pm 1.3 ^{aA}	4.4 \pm 0.5 ^{aA}	4.7 \pm 0.6 ^{aA}	8.3 \pm 2.5 ^{bA}	11.7 \pm 0.4 ^{eA}	18.8 \pm 0.8 ^{dA}	38.7 \pm 4.1 ^{eA}
Ethyl acetate	16.4 \pm 1.6 ^{aD}	29.9 \pm 0.2 ^{bF}	54.8 \pm 2.1 ^{cF}	86.9 \pm 1.3 ^{dE}	96.4 \pm 0.1 ^{eG}	96.8 \pm 0 ^{eF}	97.1 \pm 0.2 ^{eC}
Butanol	10.3 \pm 2 ^{aC}	16.4 \pm 0.6 ^{bD}	29.1 \pm 1.1 ^{cD}	57.9 \pm 2.5 ^{dC}	95.1 \pm 0.1 ^{eG}	96.6 \pm 0 ^{eF}	96.9 \pm 0.2 ^{eC}
Aqueous	4.7 \pm 2.2 ^{aA}	4.9 \pm 0.3 ^{aA}	5.8 \pm 0.7 ^{aA}	11 \pm 2.6 ^{bA}	32.8 \pm 3.4 ^{dD}	36.1 \pm 0.1 ^{dD}	62.6 \pm 4.5 ^{dB}
Ascorbic acid	22.9 \pm 1.2 ^{aD}	40.1 \pm 1.3 ^{bG}	74.3 \pm 1.1 ^{cG}	96.9 \pm 0.1 ^{dF}	97.1 \pm 0.1 ^{dG}	97 \pm 0.1 ^{dF}	97 \pm 0.1 ^{dC}
α -tocopherol	13.2 \pm 1 ^{aCD}	22.5 \pm 1.1 ^{bE}	38.3 \pm 0.7 ^{cE}	65.1 \pm 0.1 ^{dD}	90.2 \pm 0.6 ^{eF}	96.9 \pm 0 ^{fF}	97.6 \pm 0 ^{fC}
BHT	6.7 \pm 3.2 ^{aB}	6.9 \pm 2.2 ^{bB}	8.2 \pm 2.2 ^{bB}	11.3 \pm 2.2 ^{bA}	15.8 \pm 1.5 ^{cB}	24.6 \pm 2 ^{dB}	36.9 \pm 0.9 ^{eA}

¹⁾Each value is presented as mean \pm standard deviation (n=3).

²⁾Mean within each column (a-g) and row (A-G) with different letters differ significantly (p<0.05).

0.05). Seo 등(1)은 남천 열매 분획 추출물의 경우 ethyl acetate 분획물 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 95.5%의 소거능을 나타냈다고 발표한 바 있고, Park(36)은 머루 과피 추출물의 ethyl acetate 분획물 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 93.8% 소거능을 보여 본 실험과 유사한 활성을 보였다. 또한 ethyl acetate 분획물에서 높은 활성을 나타낸 결과와도 일치하였다. Morris 등(37)의 연구결과에 의하면 DPPH 라디칼 소거능은 폴리페놀 함량과 연관성이 있다고 보고하였으며, 참취 에탄올 추출물의 ethyl acetate 분획물은 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높게 나타난 본 연구와 일치한 결과를 나타냈다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 potassium persulfate와 반응하여 녹색의 ABTS radical을 형성하고, 생성된 양이온($\text{ABTS}^+ \cdot$)은 항산화성을 가진 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법이다(38). DPPH radical 소거활성 실험과 동일한 원리로, ABTS 시약은 합성된 radical이나 물과 유기용매 모두에 용해되므로 극성 시료뿐만 아니라 비극성 시료의 항산화 활성 측정에 모두 사용 가능하다(39). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 ABTS 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 3과 같이 나타났으며, DPPH 라디칼 소거능과 유사한 경향을 보였다. Ethyl acetate와 butanol 분획물 125 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 86.9%, 57.9%의 높은 소거능을 나타내었으며, 대조군인 α -toco-

pherol과 BHT보다 높은 소거능을 나타냈다(p<0.05). Aqueous, hexane과 chloroform 분획물 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 23.8%, 20.8% 및 13.5%로 다른 분획물에 비해 낮은 항산화성을 나타내었다(p<0.05).

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD는 생체 내에 매우 유해한 superoxide anion radical(O_2^-)과 반응하여 과산화수소를 생성하는 효소로 알려져 있다(40). 세포질이나 미토콘드리아에 존재하는 SOD의 작용으로 세포를 독성으로부터 방어하게 되므로 인체 내에 없어서는 안 될 중요한 효소이다(41). SOD 유사활성은 활성산소 종을 hydrogen peroxide(H_2O_2)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하는 방법이다(24). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 SOD 유사활성 측정 결과는 Table 4와 같이 나타났다. Ethyl acetate 분획물 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서 42.8%로 가장 높아(p<0.05), 대조군인 α -tocopherol과 유사한 활성을 보였다. Choi 등(42)은 메꽃 잎 에탄올 추출물에서 12.66%, Choi 등(43)은 올리브 잎 에탄올 추출물에서 36.08%의 SOD 유사활성을 보였다고 발표한 바 있다. 따라서 참취 에탄올 추출물과 용매 분획물은 다른 식물추출물보다 높은 SOD 유사활성을 갖고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. ABTS radical scavenging of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)						
	15.625	31.25	62.5	125	250	500	1,000
70% ethanol	0.7 \pm 1.4 ^{1)aAB2)}	1.4 \pm 1.6 ^{aA}	3.9 \pm 1.1 ^{abA}	7.1 \pm 0.2 ^{bC}	15.1 \pm 1.2 ^{dD}	29.4 \pm 1.2 ^{dD}	65.6 \pm 6 ^{eC}
Hexane	0.3 \pm 0.2 ^{aAB}	0.8 \pm 0.1 ^{abA}	1.3 \pm 0 ^{bA}	2.5 \pm 0.1 ^{aA}	4.7 \pm 0.8 ^{dB}	9.7 \pm 0.2 ^{eB}	20.8 \pm 0.3 ^{fB}
Chloroform	0.1 \pm 1.5 ^{aA}	0.4 \pm 2 ^{aA}	0.9 \pm 0.2 ^{aA}	1.5 \pm 0 ^{aA}	2.1 \pm 0.7 ^{aA}	5.3 \pm 0.5 ^{bA}	13.5 \pm 2.4 ^{eA}
Ethyl acetate	3.5 \pm 0.9 ^{bB}	9.8 \pm 2.6 ^{bC}	20.7 \pm 3.2 ^{dD}	32.9 \pm 0.7 ^{dF}	69.6 \pm 0.9 ^{eG}	95.5 \pm 0.1 ^{fG}	98.7 \pm 0.1 ^{fE}
Butanol	3.2 \pm 3.4 ^{aB}	5.3 \pm 2.6 ^{aB}	11.8 \pm 2.7 ^{bC}	23.8 \pm 1.6 ^{cE}	38.3 \pm 1.4 ^{dE}	73.4 \pm 2.2 ^{eE}	96 \pm 0.1 ^{fE}
Aqueous	0.8 \pm 0.7 ^{abB}	1.7 \pm 0.7 ^{abA}	3.8 \pm 3.6 ^{abA}	5 \pm 1.9 ^{bcB}	7.6 \pm 2.3 ^{cC}	14.1 \pm 1 ^{dC}	23.8 \pm 2.3 ^{eB}
Ascorbic acid	10.1 \pm 2.9 ^{bC}	17.6 \pm 1.8 ^{bD}	26.6 \pm 2 ^{cE}	49.5 \pm 1.1 ^{dG}	93 \pm 0.5 ^{eH}	99.9 \pm 0.1 ^{fH}	99.9 \pm 0.1 ^{fE}
α -tocopherol	1.1 \pm 0.7 ^{abB}	2.7 \pm 0.9 ^{bB}	7.8 \pm 1 ^{cB}	19.4 \pm 2.3 ^{dD}	38.5 \pm 1.8 ^{eE}	72.9 \pm 4.4 ^{fE}	93.6 \pm 3.7 ^{gD}
BHT	3.3 \pm 0.2 ^{abB}	9.4 \pm 0.7 ^{bC}	17.1 \pm 1.2 ^{cD}	33.3 \pm 0.4 ^{dF}	57.2 \pm 0.9 ^{eF}	86.3 \pm 1.4 ^{fF}	100 \pm 0.1 ^{gE}

¹⁾Each value is presented as mean \pm standard deviation (n=3).

²⁾Mean within each column (a-g) and row (A-H) with different letters differ significantly (p<0.05).

Table 4. SOD-like activity of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	Concentration (µg/mL)						
	15.625	31.25	62.5	125	250	500	1,000
70% ethanol	1.2±2.2 ^{1)aB2)}	3.8±2.7 ^{aAB}	14.6±0.3 ^{bBC}	21.1±2.1 ^{cC}	28.1±1 ^{dB}	32.1±1.8 ^{eBC}	36.2±1.3 ^{fBC}
Hexane	ND ³⁾	3.4±1.1 ^{aAB}	9.1±1.3 ^{bAB}	14±2.3 ^{bcB}	16.2±3.7 ^{cdA}	24.4±11.3 ^{deAB}	28.9±3.6 ^{eB}
Chloroform	ND	1.2±0.5 ^{aA}	4.5±1.8 ^{bA}	7.3±1.6 ^{bcA}	11.2±7.6 ^{bcdA}	16.4±8.4 ^{cdA}	18.4±6.8 ^{dA}
Ethyl acetate	4.1±1.1 ^{aB}	9.9±0.8 ^{aD}	21.8±0.6 ^{bD}	41.3±2.6 ^{cG}	43±7.9 ^{cd}	47.6±4.2 ^{dD}	48±3.7 ^{dD}
Butanol	2.8±0.8 ^{aB}	5.5±0.1 ^{aBC}	18.4±1.4 ^{bCD}	28.5±0.5 ^{cDE}	39.4±3 ^{cdCD}	40.9±3.5 ^{dCD}	42.8±3.6 ^{dCD}
Aqueous	1.4±0.3 ^{aB}	3.8±3.9 ^{aAB}	17.8±1.4 ^{bCD}	29.5±4.1 ^{cE}	41.7±4.1 ^{dD}	42±4.7 ^{dCD}	42.1±7.7 ^{dCD}
Ascorbic acid	5.7±2.5 ^{aB}	15.3±0.9 ^{bE}	23.1±1.6 ^{cD}	35±2.9 ^{dFD}	56.1±1.7 ^{eE}	74.7±0.3 ^{fE}	78.5±0.5 ^{fE}
α-tocopherol	1.7±0.9 ^{aB}	8.2±1.7 ^{aCD}	19.4±8 ^{bCD}	24.6±3.2 ^{bCD}	37.1±4.7 ^{cD}	38.8±3 ^{cD}	43.3±6.8 ^{cD}
BHT	0.5±0.7 ^{aB}	5.3±2.6 ^{abBC}	11.7±3.3 ^{bB}	26.5±1.7 ^{cDE}	30.9±6 ^{cD}	35.4±8.7 ^{cBC}	35.7±10.6 ^{cBC}

¹⁾Each value is presented as mean±standard deviation(n=3).

²⁾Mean within each column (a-g) and row (A-G) with different letters differ significantly (p<0.05).

³⁾ND: Not detected.

FRAP(ferric reducing antioxidant power)에 의한 환원력 측정

FRAP 방법은 DPPH 라디칼 소거능 검정과 같이 직접적으로 자유라디칼을 소거하는 것과는 다른 원리로(44), 산성 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine(Fe³⁺-TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine(Fe²⁺ TPTZ)으로 전환되는 과정을 이용한 것으로 시료 내의 총 항산화능을 측정하는 방법이다(21). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 항산화 활성 비교를 위해 FeSO₄ 검량선에 대입하여 FRAP value를 측정된 결과, Table 5와 같았다. 농도 1,000 µg/mL에서 ethyl acetate 분획물 FRAP value는 1051.9 µM로 가장 높게 나타나(p<0.05) 대조군인 ascorbic acid와 유사한 활성을 보였다. 500 µg/mL 농도에서 butanol 분획물 939.8 µM, 70% 에탄올 추출물 581 µM, hexane 분획물 498 µM, aqueous 분획물 392.4 µM 그리고 chloroform 분획물 206.1 µM 순으로 나타났다(p<0.05). Moon 등(45)은 부추 메탄올 추출물 0.162 µM FRAP value를 보였으며, Choi 등(46)은 칠면초 추출물 ethyl acetate 분획물이 5 mg/mL 농도에서 1.99 mM를 나타냈으며, Ryu 등(47)은 개똥숙잎, 줄기 에탄올 추출물 1,000 µg/mL 농도에서 각각 133.58과 78.76 µM을 나타냈으며, Kim 등(48)은 돼지감자잎 에탄올 추출물에서 0.712 mM의 FRAP value를 나타내었다. Holasova 등(49)은 식물로부터 추출된 페놀함량이 높을수록 항산화능이 증가한다고 보

고하였는데 이는 본 연구와 동일한 결과를 나타내었다. 따라서 페놀 함량이 가장 높은 참취 ethyl acetate 분획물에서 높은 항산화 활성이 나타났다.

Fe²⁺ chelating 활성 측정

금속이온 인자(Fe, Cu, Co, Ni, Sn)는 산화 환원이 용이한 금속이나 이들의 금속염은 지질산화 과정에서 촉매로 작용할 수 있는 금속이다. 일부 식품에 함유되어 있는 Fe²⁺나 Cu²⁺ 등은 hydroxyl radical(-OH)과 superoxide radical(O²⁻) 등의 생성을 촉진하여 식품의 지질산화를 가속화시킨다. 이러한 금속이온인자에 대한 chelating 활성이 높을수록 지질산화 반응에 촉매작용을 감소시킬 수 있으며, free radical의 생성을 억제함으로써 지질산화를 방지할 수 있는 능력을 측정하는 지표로 이용된다(50,51). 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 chelating 활성 측정 결과, Table 6과 같이 농도의존적인 경향을 보였다. Chloroform 분획물의 500 µg/mL 농도에서 70.1%로 가장 높은 활성을 나타냈으며, ethyl acetate, butanol 분획물에서는 4.7% 및 12.2%로 낮게 나타났다(p<0.05). 본 연구에서 페놀 화합물 함량이 높을수록 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 증가된 반면 Fe²⁺ chelating 활성 효과는 낮게 나타났다. 일반적으로 Fe²⁺ chelating 활성 효과는 페놀성 물질함량과 상관관계가 낮으며 금속이온을 제거하는 물질과 라디칼 제거 물질 간의 작용기작의 차

Table 5. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	FRAP value (FeSO ₄ eq. µM)						
	15.625	31.25	62.5	125	250	500	1,000
70% ethanol	16.9±1.1 ^{1)aD2)}	40.2±0.8 ^{bD}	85.2±3.1 ^{cD}	164±8.3 ^{dE}	332.2±0.6 ^{eE}	581±2.6 ^{fE}	901.9±2.9 ^{fE}
Hexane	3.2±1aB	12.1±0.2 ^{bB}	28.6±1.1 ^{cB}	58.1±4.2 ^{dC}	126.4±4.2 ^{eC}	257±1.7 ^{fC}	498±2.7 ^{fD}
Chloroform	0.1±0.1 ^{aA}	2.7±0.2 ^{aA}	10.5±0.5 ^{bA}	23.9±2.4 ^{cA}	54.9±4.2 ^{dA}	110.3±2.4 ^{eA}	206.1±6.4 ^{fA}
Ethyl acetate	93.6±3 ^{fF}	202.7±6.3 ^{bE}	408.5±0.3 ^{cG}	689.7±3.6 ^{dH}	943.7±0.9 ^{eH}	1037.5±2.2 ^{fG}	1051.9±9.6 ^{fG}
Butanol	46.2±1.6 ^{aE}	102.1±3.2 ^{bE}	193.2±13 ^{cE}	400.4±2.2 ^{dF}	726.9±1.6 ^{eF}	939.8±3.2 ^{fF}	1018.5±5.8 ^{fF}
Aqueous	1.1±0.2 ^{aAB}	7.6±0.4 ^{bB}	20.4±1.2 ^{cB}	42.5±3 ^{dB}	94.7±1.6 ^{eB}	204.1±6.4 ^{fB}	392.4±3.1 ^{fB}
Ascorbic acid	102.3±2.2 ^{aG}	210.3±2.1 ^{bG}	428.8±1.9 ^{cH}	845.2±3.9 ^{dI}	1092.5±5.1 ^{eI}	1070.5±2.1 ^{fH}	1059.7±5.9 ^{fG}
α-Tocopherol	47.3±2.2 ^{aE}	103.4±3.2 ^{bE}	210.4±3.2 ^{cF}	418.2±4.3 ^{dG}	761.7±2.4 ^{eG}	1082.4±2.2 ^{fI}	1157.1±4.4 ^{fH}
BHT	12±1.3 ^{aC}	32.8±1.3 ^{bC}	67.2±4.5 ^{cC}	134.4±7.6 ^{dD}	244.2±7.3 ^{eD}	337.9±2 ^{fD}	481.2±6.1 ^{fC}

¹⁾Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

²⁾Mean within each column (a-g) and row (A-I) with different letters differ significantly (p<0.05).

Table 6. Fe²⁺ Chelating of *Aster scaber* extract and fractions

Extract solvent	Concentration (µg/mL)						
	15.625	31.25	62.5	125	250	500	1,000
70% ethanol	9.1±1.7 ^{1(aA2)}	9.3±0.2 ^{aC}	15.8±6.6 ^{bC}	16.3±1.4 ^{bD}	18.9±1 ^{bC}	33.6±0.9 ^{cC}	59.7±2.8 ^{dD}
Hexane	7±4.1 ^{aA}	7.5±1.8 ^{aC}	8.1±1 ^{aB}	12.7±1.7 ^{bC}	19.2±1.6 ^{cC}	36.9±1.6 ^{dD}	81.8±1.5 ^{eE}
Chloroform	12.8±0.8 ^{aA}	17.1±0.8 ^{aD}	29.6±1.2 ^{bD}	48.3±0.6 ^{cE}	64.7±2.8 ^{dD}	70.1±2.6 ^{eE}	80.5±6.4 ^{fE}
Ethyl acetate	2±2 ^{aA}	2.1±1.1 ^{aA}	2.9±2.8 ^{abA}	3.7±2.5 ^{abA}	4.3±1.3 ^{abA}	4.7±1.2 ^{abA}	6.2±2.1 ^{bA}
Butanol	4.9±1.4 ^{aA}	5.1±1.1 ^{aB}	5.8±2.2 ^{aAB}	7.1±1 ^{aB}	10.3±0.8 ^{bbB}	12.2±1.2 ^{bbB}	19.1±2.3 ^{cbB}
Aqueous	7.2±0.9 ^{aA}	8.1±1.8 ^{aC}	9.6±2.5 ^{aB}	15.3±1.9 ^{bCD}	21.5±2.1 ^{cC}	33.4±1.3 ^{dC}	47.2±1 ^{eC}
EDTA	33.5±20.6 ^{aB}	59.7±0.2 ^{bE}	99±0.2 ^{cE}	99.9±0 ^{cF}	99.9±0.1 ^{cE}	99.9±0 ^{cF}	100±0.1 ^{cF}

¹⁾Each value is presented as mean±standard deviation (n=3).

²⁾Mean within each column (a-f) and row (A-F) with different letters differ significantly (p<0.05).

Table 7. Correlations between antioxidant contents and antioxidant activities¹⁾

	TPC	TFC	DPPH	ABTS	SOD-like	FRAP	Chelating
TPC	1						
TFC	0.762	1					
DPPH	0.536	0.549	1				
ABTS	0.564	0.768	0.913 ²⁾	1			
SOD-like	0.197	0.401	0.793	0.754	1		
FRAP	0.628	0.689	0.981 ³⁾	0.967 ³⁾	0.755	1	
Chelating	-0.302	-0.673	-0.737	-0.880 ²⁾	-0.891 ²⁾	-0.784	1

¹⁾*Aster scaber* 70% ethanol extract and its several solvents were used in the correlation.

²⁾Correlation is significant at the 0.05 level.

³⁾Correlation is significant at the 0.01 level.

이점에서 비롯된다는 연구(52)와 비슷한 결과를 나타내었다.

참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 활성 간의 상관관계

참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물중의 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP에 의한 환원력, Fe²⁺ chelating 활성 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 7과 같다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능 관계는 r=0.913으로 유의적인 상관관계를 나타냈으며(p<0.05), DPPH 라디칼 소거능과 FRAP에 의한 환원력 측정 관계는 r=0.981로 가장 높은 유의적 상관관계를 나타내었다(p<0.01). 이는 같은 성분이라도 항산화 측정방법에 따라 항산화 활성이 다르게 나타난다는 Moon 등(53)의 연구와 비슷한 결과를 나타내었다. 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량과 철 이온은 r=-0.302 및 r=-0.673로 상관관계가 없는 것으로 나타나 페놀성 물질과 철 이온에 대한 활성은 큰 영향을 미치지 않는다는 Choi 등(54)의 연구와 일치한다.

요 약

본 연구는 참취 에탄올 추출물과 용매분획물의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하고, 생리활성과 항산화 성분 간의 상관관계를 비교·분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 70% 에탄올 추출물 99.6 mg GAE eq/g으로 나타났으며, ethyl acetate 분획물 141.9 mg GAE eq/g으로 다른 분획물보다 높은 함량을 나타내었다(p<0.05).

또한 총 플라보노이드 함량도 ethyl acetate 분획물에서 105.6 mg QUE eq/g으로 높은 함량을 나타내었다(p<0.05). DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능의 경우 ethyl acetate 분획물 1,000 µg/mL 농도에서 97.1% 및 98.7%를 보여 대조군인 ascorbic acid, α-tocopherol 및 BHT와 유사한 소거능을 나타내었다(p<0.05). SOD 유사활성은 ethyl acetate 분획물 1,000 µg/mL 농도에서 42.8%의 활성을 나타내어 DPPH, ABTS 라디칼 소거능보다 비교적 낮은 활성을 나타내었다(p<0.05). FRAP에 의한 환원력 측정 결과에서도 ethyl acetate 분획물에서 높은 활성을 나타내었다(p<0.05). 그러나 Fe²⁺ chelating 활성 측정은 chloroform 분획물 1,000 µg/mL 농도에서 81.8%로 높게 나타났으며, 오히려 ethyl acetate 분획물에서는 6.2%로 가장 낮게 나타났(p<0.05). 이상의 결과 참취 70% 에탄올 추출물과 용매 분획물 중 ethyl acetate 분획물이 다량의 폴리페놀과 플라보노이드를 함유하고 있으며, 항산화 효과가 높게 나타났다. 따라서 참취는 천연 항산화 소재 및 기능성식품으로의 활용 가능한 약용 식물자원인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 수행한 15대 어젠다 농업연구개발사업(과제번호 PJ007492)의 지원에 의한 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Seo SJ, Shim KB, Kim NW. 2011. Antioxidant effects of

- solvent fraction from *Nandina domestica* fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1371-1377.
2. Lee YS, Joo EY, Kim NW. 2005. Antioxidant activity of extracts from the *Lespedeza bicolor*. *Korean J Food Preserv* 12: 75-79.
 3. Lemberkovics É, Czinner E, Szentmihályi K, Balázs A, Szőke É. 2002. Comparative evaluation of *Helichrysi flos* herbal extracts as dietary source of plant polyphenols, and macro- and microelements. *Food Chem* 78: 119-127.
 4. Veliloglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
 5. Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. 1995. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 80-85.
 6. Carrasco-Pancorbo A, Cerretani L, Bendini A, Segura-Carretero A, Del Carlo M, Gallina-Toschi T, Lercker G, Compagnone D, Fernández-Gutiérrez A. 2005. Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *J Agric Food Chem* 53: 8919-8925.
 7. Pérez-Bonilla M, Salido S, Beek TA, Linares-Palomio PJ, Altarejos J, Nogueras M, Sánchez A. 2006. Isolation and identification of radical scavengers in olive tree (*Olea europaea*) wood. *J Chromatogr A* 1112: 311-318.
 8. Valavanidis A, Nisiotou C, Papageorgiou Y, Kremli I, Satravelas N, Zinieris N, Zygalki H. 2004. Comparison of the radical scavenging potential of polar and lipidic fractions of olive oil and other vegetable oils under normal conditions and after thermal treatment. *J Agric Food Chem* 52: 2358-2365.
 9. Shin SR, Hong JY, Nam HS, Yoon KY, Kim KS. 2006. Anti-oxidative effects of extracts of Korean herbal materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 187-191.
 10. Jeon YH, Kil JH, Lim SM, Kim MH, Kim MR. 2008. Analysis of antioxidative activity and antimutagenic effect of ethanol extract from *Schizandra chinensis* Bailon. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 746-752.
 11. Kwon TH, Kim JK, Kim TW, Lee JW, Kim JT, Seo HJ, Kim MJ, Kim CG, Jeon DS, Park NH. 2011. Antioxidant and anti-lipase activity in *Halocynthia roretzi* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 43: 464-468.
 12. Kim TJ. 1996. *Korea resources plants*. IV. Seoul National University, Seoul, Korea. p 230.
 13. Ham SS, Hwangbo HJ, Cui CB, Lee EY, Cho MA, Lee DS. 2001. Suppressive effects of ethanol extract of *Aster scaber* root on genotoxicity. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 446-471.
 14. Kim JH, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powders and ethanol extracts of *Perilla frutescens*, *Artemisia princeps* var. *orientalis* and *Aster scaber* on lipid metabolism and antioxidant capacity in rats. *Korean J Nutr* 32: 540-551.
 15. Lim SS, Lee JH. 1997. Effect of *Aster scaber* and *Ixeris dentata* on contractility and vasodilation of cardiovascular and endothelial cell in hyperlipidemic rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 300-307.
 16. Park JR, Park JC, Choi SH. 1997. Screening and characterization of anticholesterogenic substances from edible plant extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 236-241.
 17. Singleton VL, Rossi JA Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
 18. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
 19. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology* 299: 152-178.
 20. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 21. Arano MB, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem* 73: 239-244.
 22. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radicals Biol Med* 26: 1231-1237.
 23. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
 24. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
 25. Decker EA, Welch B. 1990. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *J Agric Food Chem* 38: 674-677.
 26. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
 27. Woo JH, Shin SL, Chang YD, Lee CH. 2009. Screening for antioxidant effects of aerial part extracts obtained from sixteen compositae species. *Flower Res J* 17: 271-278.
 28. Hwang CR, Hwang IG, Kim HY, Kang TS, Kim YB, Joo SS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanthe javanica*) ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 316-320.
 29. Bae JS, Kim TH. 2009. Acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant properties of *Aster yomena* extract. *Kor J Herbology* 24: 121-126.
 30. Kim CJ, Suh HJ. 2005. Antioxidant activities of rhubarb extracts containing phenolic compounds. *Korean J Food Culture* 20: 77-85.
 31. Park SM, Choi YM, Kim YH, Ham HM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Antioxidant content and activity in methanolic extracts from colored barley. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1043-1047.
 32. Hertog MGL, Hollman PCH, Venema DP. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anti-carcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *J Agric Food Chem* 40: 1591-1598.
 33. Rice-Evans CA, Miller HJ, Bolwell PG, Bramley PM, Pridham JB. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Res* 22: 375-383.
 34. Lee YS, Ahn DS, Joo EY, Kim NW. 2009. Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1471-1477.
 35. Kim HS, Hong MJ, Kang IY, Jung JY, Kim HK, Shin YS, Jun HJ, Suh JK, Kang YH. 2009. Radical scavenging activities and antioxidant constituents of oriental melon extract. *J Bio-Environment Control* 18: 442-447.
 36. Park HS. Antioxidant activity of solvent extracts from *Vitis coignetiea* skins. *Korean J Culinary Research* 17: 208-217.
 37. Morris JR, Sistrunk WA, Juneck J, Sims CA. 1986. Effect of fruit maturity, juice storage, and juice extraction temperature on quality of concord grape juice. *J Am Soc Hortic Sci* 111: 742-746.
 38. Van DBR, Haenen GRMM, Van DBH, Bast A. 1999. Applic-

- ability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66: 511-517.
39. Awika, JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos, L. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agric Food Chem* 51: 6657-6662.
 40. Ling J, Ha JH, Choi YY, Seo YC, Kim JS, Kim YO, Cha SW, Kim JC, Lee HY. 2011. Enhancement of cosmeceutical activities of *Berberis koreana* bark by high pressure ultrasonification extraction processes. *Korean J Medicinal Crop Sci* 19: 54-65.
 41. The Korean Society of Food Science and Nutrition. 2000. *Handbook of experiments in food science and nutrition*. Hyoil, Seoul, Korea. p 652-654.
 42. Choi BD, Jeon HS, Lee YS, Joo EY, Kim NW. 2010. Analysis of the contents and physiological activities of *Calystegia japonica* leaf extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42: 250-255.
 43. Choi NY, Lee JH, Shin HS. 2008. Antioxidant activity and nitrite scavenging ability of olive leaf (*Olea europaea* L.) fractions. *Korean J Food Sci Technol* 40: 257-264.
 44. Bogin E, Abrams M. 1976. The effect of garlic extract on the activity of some enzymes. *Food Cosmet Toxicol* 14: 417-419.
 45. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidant activities of Buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Kor J Food Sci Technol* 35: 493-498.
 46. Choi JI, Kim YJ, Kim JH, Song BS, Yoon YH, Byun MW, Kwon JH, Chun SS, Lee JW. 2009. Antioxidant activities of the extract fractions from *Suaeda japonica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 131-135.
 47. Ryu JH, Lee SJ, Kim MJ, Shin JH, Kang SK, Cho KM, Sung NJ. 2011. Antioxidant and anticancer activities of *Artemisia annua* L. and determination of functional compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 509-516.
 48. Kim YS, Lee SJ, Hwang JW, Kim EH, Park PJ, Jeon BT. 2011. Antioxidant activity and protective effects of extracts from *Helianthus tuberosus* L. leaves on t-BHP induced oxidative stress in Chang cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1525-1531.
 49. Holasova M, Fiedlerova V, Smrcinova H, Orsak M, Lachman J, Vavreanova S. 2002. Buckwheat—the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res Int* 35: 207-211.
 50. Yoo MY, Kim SK, Yang JY. 2004. Characterization of an antioxidant from sporophyll of *Undaria pinnatifida*. *Korea J Microbiol Biotechnol* 32: 307-311.
 51. Xu XM, Jun JY, Jeong IH. 2007. A study on the antioxidant activity of *Hae-Songi* mushroom (*Hypsizygus marmoreus*) hot water extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1357.
 52. Graf E, Eaton JW. 1990. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biol Med* 8: 61-69.
 53. Moon HI, Lyu SH, Roh JH, Zee OP. 2000. Antioxidative compounds of *Achillea sibirica* Ledeb. *Korea J Med Crop Sci* 8: 1-8.
 54. Choi YM, Jeong HS, Lee JS. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korean. *Food Chem* 103: 130-138.

(2012년 4월 25일 접수; 2012년 6월 4일 채택)