J Korean Soc Food Sci Nutr
41(7), 914~920(2012)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.7.914

열처리와 추출방법에 따른 몇 가지 약초의 항산화 활성

장귀영[1] · 김현영[1] · 이상훈[1] · 강유리[1] · 황인국[2] · 우관식[3] · 강태수[4] · 이준수[1] · 정헌상[1†]

[1]충북대학교 식품공학과, [2]국립농업과학원 농식품자원부
[3]국립식량과학원 기능성작물부, [4]충북도립대학 바이오식품생명과학과

Effects of Heat Treatment and Extraction Method on Antioxidant Activity of Several Medicinal Plants

Gwi Yeong Jang[1], Hyun Young Kim[1], Sang Hoon Lee[1], Yuri Kang[1], In Guk Hwang[2], Koan Sik Woo[3], Tae Soo Kang[4], Junsoo Lee[1], and Heon Sang Jeong[1†]

[1]Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea
[2]Dept. of Agrofood Resources, NAAS, Gyeonggi 441-857, Korea
[3]Dept. of Functional Crop, NICS, Gyeongnam 627-803, Korea
[4]Dept. of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science and Technology, Chungbuk 373-807, Korea

Abstract

We investigated the effects of heat treatment and extraction method on the antioxidant activities of five medicinal plants: *Cyperus rotundus*, *Eucommia ulmoides*, *Bupleurum falcatum*, *Achyranthes japonica* Nakai, and *Akebia quinata*. Extraction was performed with only ultrasound, ultrasound after heating at 130°C for 2 hours, and reflux extraction with distilled water. The phenolic contents of reflux extraction and ultrasound extraction after heating were higher than only ultrasound extraction, and ultrasound extraction after heating samples was higher than reflux extraction except for *Eucommia ulmoides* and *Cyperus rotundus*. Total flavonoid content was higher in reflux and ultrasound extraction after heating samples than only ultrasound extraction, except for *Cyperus rotundus*. ABTS radical scavenging activity was higher in reflux extraction and ultrasound extraction after heating a sample, than only ultrasound extraction. DPPH radical scavenging activity was higher in reflux extraction except for *Achyranthes japonica* Nakai and *Akebia quinata*. The reducing power of ultrasound extraction after heating was higher with *Achyranthes japonica* Nakai. From the results of this study, we can expect to increase the antioxidant activity of medicinal plant extracts by applying suitable extraction and pretreatment conditions on the type of medicinal plant.

Key words: medicinal plants, heat treatment, extraction methods, total polyphenol, antioxidant activity

서 론

최근 산업화와 더불어 환경오염, 흡연, 음주 등은 활성산소를 발생시키고 체내에 축적된 활성산소는 세포의 구성성분인 지질, 단백질, 당 및 DNA 등을 비가역적으로 파괴하여 질병을 유발시키는 원인이 되고 있다(1). 이를 예방하기 위하여 합성항산화제들이 이용되어 왔으나 과량을 섭취할 경우 신장, 폐, 간, 위장점막, 순환계 등에 심각한 독성을 일으키는 것으로 알려져 보다 안전한 대체물질에 대한 연구가 요구되고 있다(2,3). 이에 따라서 천연식품의 다양한 생리활성에 대한 연구들이 보고되면서 천연유래 생리활성물질의 효능에 대한 관심이 증대되고 있고, 특히 천연물질의 항산화, 항암 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(4).

우슬은 쇠무릎(*Achyranthes fauriei*)의 뿌리를 지칭하는 생약으로 한방에서 이뇨, 진통, 소종, 통경, 정혈 등의 목적으로 사용하고 있으며, 항염증, 항산화, 간 보호, 항암작용 등이 다양하게 보고되고 있다(5,6). 우슬의 유용성분으로는 oleanolic acid, saponin, metamorphosis hormone, inokosterone, ecdysone, polysaccharide, 20-hydrozyecdysone, steroid 계열인 β-sitosterol, stigmasterol, rubrosterone 등이 보고되어 있다(7,8). 목통(*Akebia quinata*)의 주요 활성성분으로는 anti-nociceptive, 항염, 항암에 영향을 준다고 알려진 saponins와 oleanane disaccharides를 함유하며, 이뇨, 소염, 진통제로서 민간요법에 사용되었으며(9), 항산화 활성에 대한 연구가 보고되었다(10). 두충(*Eucommia ulmoides*)은 polyphenolic 계열의 성분을 다량 함유하고 있어 체내 항산

†Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

화작용에 중요한 역할을 하며(11), 생리활성 물질인 flavonoid, lignan 및 iridoid 화합물이 주요성분으로 알려져 있다(12,13). 시호(*Bupleurum falcatum*)는 궤양성 대장염 치료제로서 연구되고 있고 주요 성분으로는 saikosaponin과 olean, tritepenoids, anomalin, angelicin, stigmasterol 등이 함유되어있다(14). 향부자(*Cyperus rotundus*)의 주요 성분으로는 β-sitosterol, cyperene, cyperol, flavonoids, sesquiterpenoids, ascorbic acid, polyphenols 등이 있으며(15), 향부자 ethanol 추출물에 대한 항산화 효과가 보고되었다(16).

식물의 생리활성을 측정하기 위해 활성성분을 추출해야 하는데, 주로 사용하는 추출방법으로는 가열장치와 냉각관을 사용하여 추출하는 환류냉각추출법이 일반적이지만(17,18), 추출 시 가해지는 열에 의한 유용성분의 파괴 가능성과 가용성분 위주의 추출시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 그러나 초음파 추출법은 비가열 방식의 추출방법으로 가열에 의한 활성성분의 파괴를 최소화할 수 있으며, 비교적 단시간에 추출이 이루어지며, 높은 추출수율을 기대할 수 있는 추출방법이다(19). 또한 최근에는 과일 및 채소와 같은 식품을 열처리할 경우 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다고 보고되었는데(20) 표고버섯(21), 인삼(22), 감초(23), 배(24), 마늘(25)의 열처리 시 유용성분의 생성으로 생리활성이 증가하였다는 연구결과가 보고되어 열처리 초음파추출 시에 항산화효과의 증가를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 항산화 활성이 우수하다고 알려진 몇 가지 약초를 열처리할 경우와 그렇지 않을 경우의 항산화 성분 및 활성 변화에 대한 전처리 및 추출방법의 효과를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 실험재료는 항산화 활성이 높다고 알려진 5종의 약재(26,27), 즉 우슬(*Achyranthes japonica* Nakai), 목통(*Akebia quinata*), 두충(*Eucommia ulmoides*), 시호(*Bupleurum falcatum*), 향부자(*Cyperus rotundus*)를 청주시 소재의 약재상에서 구입하여 사용하였다. 시료는 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Swiss)로 분쇄한 다음 2 g씩을 채취하여 25배의 증류수를 첨가(w/v)하여 25°C에서 초음파추출 하여 비가열 초음파추출물로 사용하였으며, 환류추출물은 시료에 25배의 증류수를 첨가(w/v)하여 95°C에서 3시간씩 3회 환류추출 하였다. 열처리 초음파추출물은 130°C에서 2시간 열처리하여 25°C에서 1시간씩 3회 초음파 추출하여 시료로 사용하였다.

열처리 방법

한약재의 열처리는 10 kg/cm^2 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안, 제작된 열처리장치(Jisco, Seoul, Korea)(21)를 사용하였으며, 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 열처리장치에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로써 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계하였다. 처리온도와 시간은 선행연구(20-25)를 통하여 성분 및 항산화 활성 변화가 많이 발생하는 130°C, 2시간으로 설정하였다. 비가열 초음파추출을 대조구로 하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

추출물 제조

시료 중에 함유된 항산화 성분을 추출하기 위하여 비가열 초음파추출물과 열처리 초음파추출물 제조는 원시료와 열처리한 시료에 대해 25배의 증류수(w/v)를 첨가하여 초음파추출기(Ultrasonic cleaner, frequency 40 KHz, power 810 W, SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)로 25°C에서 1시간씩 3회 반복 추출하였다. 환류추출물은 시료량 대비 증류수를 25배 첨가(w/v)하여 95°C에서 3시간씩 3회 추출하였다. 모든 시료는 추출 후 여과(Whatman No. 2, Maidstone, UK)하여 동결건조(FD 5508, Ilshin Lab Co., Seoul, Korea) 후 99% dimethyl sulfoxide(DMSO, Samchun, Pyeongtaek, Korea)에 100 mg/mL 농도로 재용해하여 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

시료 추출물 중의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(28)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉, 각 추출물 100 μL에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3 min 방치하여 50% Folin-ciocalteu reagent(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 100 μL를 가하였다. 실온에서 30 min 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였으며 총 폴리페놀 함량은 시료 g중의 mg gallic acid로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(29)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 250 μL에 증류수 1 mL과 5% $NaNO_2$ 75 μL를 가하였다. 5분 후 10% $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 150 μL를 가하여 6분 방치하고 1 M NaOH 500 μL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였고, 표준물질로 (+)-catechin hydrate(Sigma Chemical Co.)를 사용하여, 검량선을 작성한 후 시료의 총 플라보노이드 함량은 g중의 mg으로 나타내었다.

ABTS radical scavenging activity 측정

각각의 시료추출물의 총 항산화력은 $ABTS^{\cdot+}$ cation decolorization assay 방법(28)에 의하여 측정하였다. 2,2′-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co.) 7.4 mM과 potassium persulphate (Sigma Chemical Co.) 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하

여 ABTS·$^+$ 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\varepsilon=3.6\times10^4$ M^{-1} cm^{-1})를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS·$^+$ 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준물질로 수용성의 비타민 E 유사체인 trolox(Sigma Chemical Co.)를 사용하여 mg trolox eq/g으로 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity 측정

열처리된 추출물의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)에 의한 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Choi 등(30)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 0.2 mM DPPH (Sigma Chemical Co.) 0.00788 g을 99.9% ethanol에 용해하여 100 mL로 정용하여 60분 동안 충분히 용해한 후 사용하였다. DPPH용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30 min 방치하여 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였으며, 표준물질로 수용성의 비타민 E 유사체인 trolox(Sigma Chemical Co.)를 사용하여 mg trolox eq/g으로 나타내었다.

환원력 측정

환원력은 Mau 등(31)의 방법에 의해 측정하였다. 시료 250 μL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6, SPC Chemical Co., Osaka, Japan) 250 μL, 1% potassium ferricyanide($K_3Fe(CN)_6$, Sigma Chemical Co.) 250 μL를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid(CCl_3COOH, w/v, Junsei Chemical, Tokyo, Japan) 250 μL를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상징액 500 μL에 증류수 500 μL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) 100 μL를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 또한 요인들 간의 상관관계는 Pearson's correlation analysis를 통하여 분석하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

추출방법에 따른 약초추출물의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 우슬은 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출의 7.27 mg/g에 비해 각각 10.58 및 19.85 mg/g으로 증가하였으며, 다른 시료와 비교하여 볼 때 열처리 초음파추출이 가장 높은 증가를 나타내었다. 시호와 목통 또한 우슬과 마찬가지로 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높은 함량을 나타내었다. 두충은 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 12.67 및 11.86 mg/g으로 비가열 초음파추출의 7.80 mg/g보다 높은 증가를 나타내었다. 또한 향부자 환류추출물과 열처리 초음파추출이 각각 9.31 및 5.71 mg/g으로 비가열 초음파추출의 4.22 mg/g보다 많은 함량을 나타내었으나, 열처리 초음파추출이 환류추출에 비해 적은 증가를 보였다. 열처리에 의한 폴리페놀 함량의 증가는 인삼의 열처리에서도 보고되었으며(22), 또한 Choi 등(21)과 Turkmen 등(32)의 연구에서는 과채류를 열처리할 경우 결합형 폴리페놀이 유리되어짐으로써 활성이 증가됨을 보고하였다. 이와 같이 한약재 또한 열처리 시 열에 의해 결합형 폴리페놀의 유리형 폴리페놀로의 전환 때문에 폴리페놀 함량이 증가된 것으로 판단된다. 그러나 환류추출에서는 증가하였으나, 130°C 열처리 초음파추출 시 폴리페놀 함량이 감소한 경우는 톱풀과 울릉미역취 어린잎을 가압열처리 하였을 때 총 폴리페놀 함량이 감소한다는 Woo 등(33)의 보고와 유사한 결과이며, 이는 한약재의 종류에 따라 페놀성 화합물의 종류 및 결합정도의 차이 때문으로 판단된다.

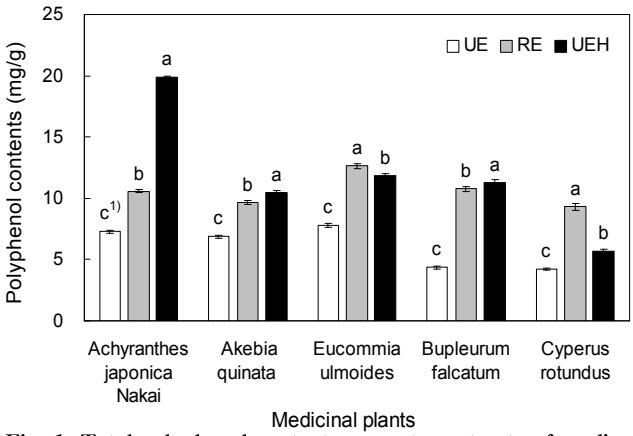

Fig. 1. Total polyphenol contents on water extracts of medicinal plants with heat treatment and extraction methods.
[1)]Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$). UE: ultrasonic extraction, RE: reflux extraction, UEH: ultrasonic extraction after heating.

총 플라보노이드 함량

추출방법에 따른 약초추출물의 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 환류추출과 열처리 초음파추출이 높게 나타내었다. 우슬은 열처리 초음파추출이 0.93 mg/g으로 비가열 초음파추출과 환류추출에 비해 높은 함량을 나타내었다. 목통은 비가열 초음파추출과 환류추출에서 각각 2.44 및 2.47 mg/g으로 유사하였지만 열처리 초음파추출이 3.53 mg/g으로 높게 나타났다. 두충은 비가열 초음파추출의 2.20 mg/g보다 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 3.73 및 2.59 mg/g으로 높게 나타났으며, 시호 또한 비가열 초음파추출, 환류추출 및 열처리 초음파추출이 각각 1.02, 2.64 및 1.91 mg/g으로 환류추출이 높게 나타났으

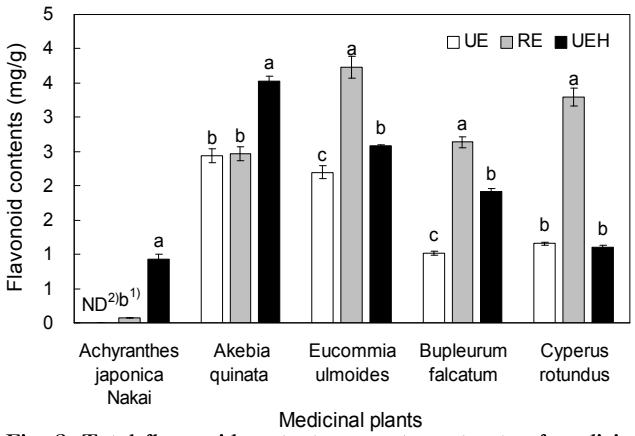

Fig. 2. Total flavonoid contents on water extracts of medicinal plants with heat treatment and extraction methods. [1)]Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$). [2)]ND: not detected. UE: ultrasonic extraction, RE: reflux extraction, UEH: ultrasonic extraction after heating.

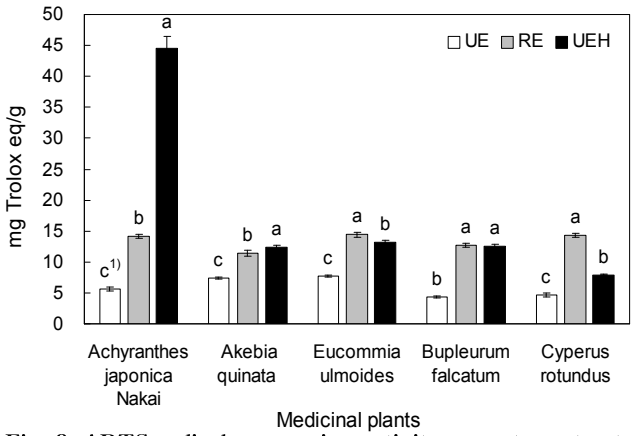

Fig. 3. ABTS radical scavenging activity on water extracts of medicinal plants with heat treatment and extraction methods. [1)]Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$). UE: ultrasonic extraction, RE: reflux extraction, UEH: ultrasonic extraction after heating.

며, 향부자 역시 환류추출이 3.23 mg/g으로 비가열 초음파추출과 열처리 초음파추출의 1.18 및 1.13 mg/g보다 높은 함량을 나타내었다. 이는 가열에 의한 한약재 내부조직의 파괴로 페놀성 화합물의 추출량이 증가되는 것으로 판단되며, 열처리 시 고온에 의해 일부 열안정성이 낮은 플라보노이드계 성분이 파괴되어 환류추출보다는 적게 나타난 것으로 판단된다. Yu 등(34)은 감국의 가열 시 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 증가되었다고 보고하였으며, Hong 등(35)은 치커리의 경우 볶음 온도와 시간이 증가할수록 총 페놀성 성분과 항산화 활성이 증가함을 보고하였으나, Woo 등(33)은 톱풀과 울릉미역취의 가압열처리 시 플라보노이드 함량이 감소하였다고 보고하였으며, Zhong 등(36)은 메밀가루의 가열 시에도 총 플라보노이드 함량이 감소한다고 보고하였는데 이러한 상이한 결과는 식물의 종과 부위에 따라 플라보노이드계 물질의 종류가 다르며, 추출방법 역시 다르기 때문이라 판단된다.

ABTS·$^+$ cation decolorization assay에 의한 항산화력

추출방법에 따른 약초추출물의 총 항산화력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 모든 시료는 환류추출이나 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 우슬은 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 14.20 및 44.60 mg trolox eq/g으로 비가열 초음파추출의 5.62 mg trolox eq/g보다 높게 나타났으며, 특히 열처리 초음파추출이 가장 높게 나타났다. 목통은 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 11.37 및 12.38 mg trolox eq/g으로 비가열 초음파추출의 7.43 mg trolox eq/g보다 높았으며, 시호 또한 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 두충 역시 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 14.40 및 13.19 mg trolox eq/g으로 비가열 초음파추출의 7.78 mg trolox eq/g보다 높았으며, 향부자 또한 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높은 활성을 나타내었다. 이러한 결과는 표고버섯을 autoclaving 한 후 총 항산화력을 측정한 결과, 처리온도와 시간이 증가할수록 항산화 활성이 유의적으로 증가한다고 보고한 Choi 등(21)의 연구와 일치하는 결과이며, Yang 등(22)도 인삼을 열처리하면 항산화 활성이 증가한다고 하였다. 이처럼 열처리나 환류추출에 의해 항산화 활성이 증가하는 것은 가열에 의한 항산화 활성 물질 증가와 결합형 폴리페놀이 유리형으로 전환되어 항산화 활성이 증가하는 것으로 판단되지만, 환류추출과 열처리 초음파추출에 따른 항산화 활성 증가의 차이는 한약재의 종류에 따른 항산화성분의 종류와 가열 정도, 추출방법에 따라 항산화성분의 파괴 및 전환되는 정도와 추출되는 정도가 달라지기 때문이라 생각된다.

DPPH assay법에 의한 항산화 활성

추출방법에 따른 약초추출물의 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 4와 같으며, 강한 항산화 효과를 가진

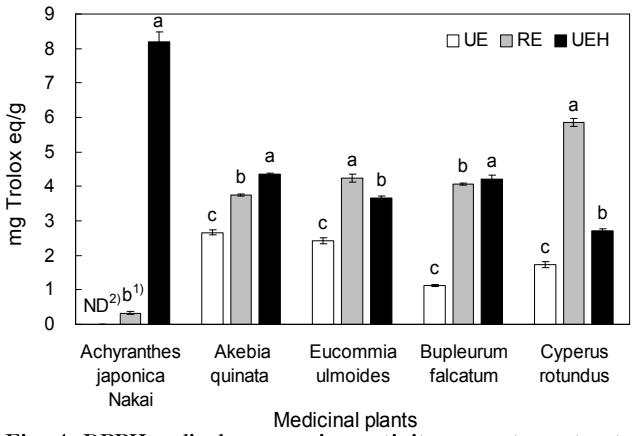

Fig. 4. DPPH radical scavenging activity on water extracts of medicinal plants with heat treatment and extraction methods. [1)]Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$). [2)]ND: not detected. UE: ultrasonic extraction, RE: reflux extraction, UEH: ultrasonic extraction after heating.

수용성의 비타민 E 유사체인 trolox를 표준물질로 하여 mg trolox eq/g으로 나타내었다. 총 항산화력 결과(Fig. 3)와 마찬가지로 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 우슬은 열처리 초음파추출이 8.19 mg trolox eq/g으로 환류추출의 0.33 mg trolox eq/g과 활성을 나타내지 않은 비가열 초음파추출에 비해 높게 나타났으며, 목통 또한 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 3.75 및 4.35 mg trolox eq/g으로 비가열 초음파추출의 2.67 mg trolox eq/g보다 높은 활성을 나타내었다. 두충은 환류추출과 열처리 초음파추출이 각각 4.24 및 3.67 mg trolox eq/g으로 비가열 초음파추출보다 높았으며, 향부자 또한 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높았다. Woo 등(23)은 감초를 열처리할 경우 항산화 활성 및 총 폴리페놀 함량이 증가하였음을 보고하였으며, Hwang 등(24)은 한국산 배의 열처리 시 항산화 활성과 여러 가지 생리활성이 증가함을 보고하였다. 이러한 항산화 활성의 증가는 총 항산화 활성(Fig. 3)에서와 마찬가지로 가열에 의해 항산화 활성 물질의 생성과 결합형 폴리페놀이 유리형 폴리페놀로의 전환에 의해 전자공여능 활성이 증가하는 것으로 판단되며, 고온에서 가열 후 추출하였을 때 활성이 감소하는 것은 Kim 등(37)과 Kwon 등(38)의 연구에서 보고한 바와 같이 고온 열처리 및 고온 덖음 처리 시에 항산화 활성이 감소되었다는 결과로 미루어 볼 때 약초의 종류에 따라 함유된 물질의 종류나 결합구조에 따른 열안정성이 다르기 때문에 고온에서 가열하였을 때 우슬과 목통과 같이 증가할 수 있으며, 추출방법에 따라 활성 증가가 달라질 수 있을 것으로 판단된다.

환원력

추출방법에 따른 약초추출물의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 5와 같이 우슬은 비가열 초음파추출과 환류추출의 흡광도 값이 10 mg/mL에서 각각 0.072 및 0.051로 큰 차이가 없었지만 열처리 초음파추출은 0.355로 크게 증가하였다. 그러나 목통은 비가열 초음파추출, 환류추출 및 열처리 초음파추출이 각각 0.370, 0.381 및 0.412로 추출방법에 따른 차이가 크지 않았다. 두충도 각각 0.364, 0.363 및 0.359로 추출방법에 따른 변화가 크지 않았으며, 시호와 향부자 역시 추출방법에 따른 차이는 작게 나타났다. 환원력은 항산화력과 관계가 있으며, 일반적으로 reductone의 존재와 연관 있다고 보고되었으며(39), Rim 등(40)은 탈지대두박의 환원력은 무처리 시 0.068을 나타낸 반면, 원적외선 조사 및 열처리 후에 각각 0.147 및 0.160으로 증가하였으며, 땅콩껍질은 무처리구에서 0.569를 나타낸 반면, 원적외선 조사 및 열처리 시 각각 0.639 및 0.623으로 증가하는 경향을 보였다고 보고한바 있다. 이는 본 실험 또한 총 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성에서와 같이 가열처리 시에 우슬만이 환원력의 커다란 증가를 나타내었는데 이는 가열처리에 의한 항산화 활성 물질의 증가로 인해 환원력 또한 증가되어진 것으로 판단된다.

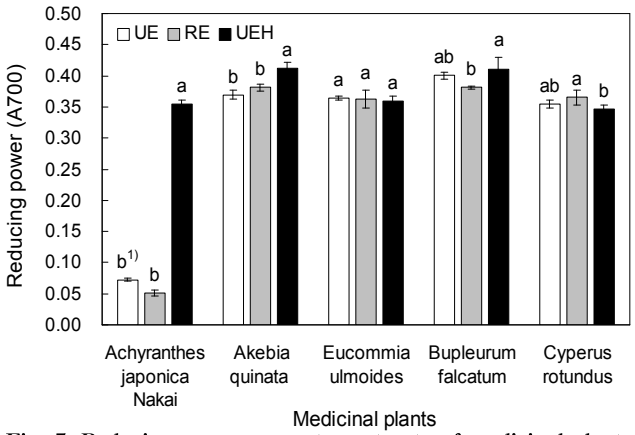

Fig. 5. Reducing power on water extracts of medicinal plants with heat treatment and extraction methods. [1)]Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$). UE: ultrasonic extraction, RE: reflux extraction, UEH: ultrasonic extraction after heating.

Table 1. Correlation coefficients among total polyphenol contents, flavonoid contents, ABTS radical scavenging activity, DPPH radical scavenging activity, and reducing power of medicinal plants with heat treatment and extraction methods

Factor[1)]	TPC	FC	ABTS	DPPH	RP
TPC	1.000	0.177	0.915**	0.750**	0.047
FC		1.000	−0.019	0.514*	0.674**
ABTS			1.000	0.778**	0.066
DPPH				1.000	0.575*
RP					1.000

[1)]TPC: total polyphenol content, FC: flavonoid content, ABTS: ABTS radical scavenging activity, DPPH: DPPH radical scavenging activity, RP: reducing power.
*$p<0.05$, **$p<0.01$.

항산화 물질 및 항산화 활성 간의 상관관계

추출방법에 따른 약초 추출물의 항산화성분과 활성 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 총 폴리페놀 함량이 높을수록 ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능이 높았으며, 상관계수는 각각 0.915, 0.750으로 양의 상관관계를 보였다($p<0.01$). 플라보노이드 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거능과 환원력이 높은 활성을 나타내었으며, 상관계수는 0.514($p<0.05$), 0.674($p<0.01$)로 각각 양에 상관관계를 나타내었다. 그리고 ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능이 0.788로 양의 상관관계를 나타내었으며($p<0.01$), DPPH 라디칼 소거능과 환원력 또한 0.575의 양의 상관관계를 나타내었다($p<0.05$). 이는 열처리 배즙의 총 폴리페놀과 항산화 활성의 IC_{50} 사이에 −0.94($p<0.001$)의 높은 상관관계가 있다고 보고된 Hwang 등(24)의 연구와 같은 결과이며, 무의 열처리 시 총 폴리페놀 함량과 총 항산화력 간에 0.980($p<0.01$)의 높은 상관관계를 나타내었다고 보고한 Lee 등(41)의 연구와 유사한 결과이었다.

요 약

추출방법에 따른 몇 가지 약초의 항산화 활성 변화를 연구하였다. 총 5가지 약초(우슬, 목통, 두충, 시호, 향부자)에 대해 비가열 초음파추출, 환류추출 및 열처리 초음파추출을 실시하였다. 총 폴리페놀 함량은 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 높았으며, 두충과 향부자를 제외한 세 시료가 열처리 초음파추출이 환류추출보다 높았다. 총 플라보노이드 함량은 향부자를 제외한 네 시료가 열처리 초음파추출과 환류추출이 비가열 초음파추출보다 더 많았으며, 우슬과 목통을 제외한 세 시료에서 환류추출이 열처리 초음파추출보다 더 많았다. ABTS 라디칼 소거능은 환류추출과 열처리 초음파추출이 비가열 초음파추출보다 작았으며, DPPH 라디칼 소거능은 우슬과 목통을 제외한 세 시료는 환류추출에서 더 높은 활성을 나타내었다. 환원력은 우슬이 가열처리 시 많은 증가를 나타내었으며, 다른 네 시료는 추출방법에 따른 차이가 작았다. 본 실험 결과에 따르면, 약초의 종류에 따라 적합한 추출방법과 전처리를 적용함으로써 높은 항산화 활성을 가진 추출물을 얻는 것이 가능할 것이라 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

문 헌

1. Reiter RJ. 1995. Oxidative process and antioxidative defense mechanism in the aging brain. *FASEB J* 9: 526-533.
2. Ode P. 1995. Herbal insights—a clpse look at active constituents of medicinal herbs. *SOFW J* 121: 8-11.
3. Choe SY, Yang KH. 1982. Toxicological studies of antioxidants butylated hydroxyl toluene (BHT) and butylated hydrozyanisole (BHA). *Korean J Food Sci Technol* 14: 283-288.
4. Ryu HS, Kim HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. *moench* (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *Korean J Food Nutr* 19: 176-182.
5. Shimomura H, Sashida Y, Nakata H. 1981. Palnt growth regulating activities of crude drugs and medicinal plants. *Shoyakugaku Zasshi* 35: 176-179.
6. Kiso Y, suzuki Y, Konno C, Hkino H, Hashimoto I, Yagi Y. 1982. Liver-protective drugs. 3. The validity of the oriental medicines. 38. Application of carbon tetrachloride- induced liver lesion in mice for screening of liver protective crude drugs. *Shoyakugaku Zasshi* 36: 238-244.
7. Kim JC, Choi GJ, Lee SW, Kim JS, Chung KY, Cho KY. 2004. Screening extracts of *Achyranthes japonica* and *Rumex crispis* for activity against various plant pathogenic fungi and control of powdery mildew. *Pest Manag Sci* 60: 803-808.
8. Son KH, Hwang JH, Lee SH, Park JH, Kang SJ, Chang SY, Lee KS. 1999. Isolation and quantitative determination of 20-hydroxyecdysone from *Achyranthes radiz*. *Korean J Pharmacogn* 30: 335-339.
9. Jung HJ, Lee CO, Lee KT, Park HJ. 2004. Structure activity relationship of oleanane disaccharides isolated from *Akebia quinata* versus cytotoxicity against cancer cells and NO inhibition. *Biol Pharm Bull* 27: 744-747.
10. Rim AR, Kim SJ, Jeon KI, Park EJ, Park HR, Lee SC. 2006. Antioxidant activity of extracts from *Akebia quinata* decne. *J Food Sci Nutr* 11: 84-87.
11. Kim JB, Park JR, Jeon JR, Cha MH. 2001. Isolation and identification of anticancer compounds from *Eucommia ulmoides* leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 732-738.
12. Deyama T, Ikawa T, Kitagawa S, Nishibe S. 1987. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. VI. Isolation of a new sesquilignan and nelolignan glycosides. *Chem Pharm Bull* 35: 1803-1807.
13. Hong ND, Rho YS, Kim JW, Won DH, Kim NJ, Cho BS. 1988. Studies on the general pharmacological activities of *Euocommia ulmoides* Oliver. *Korean J Pharmacogn* 19: 102-110.
14. Cho SW, Kim YK. 2009. Studies on protective effect of *Bupleurum falcatum* extract (SHI-1909) against experimental inflammtory bowel disease model. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* 10: 613-619.
15. Sonwa MM, Konig WA. 2001. Chemical study of the essential oil of *Cyperus rotundus*. *Phytochemistry* 58: 799-810.
16. Hwang EY, Kim DH, Kim HJ, Hwang JY, Park TS, Lee IS, Son JH. 2011. Antioxidant activities and nitric oxide production of medicine plants in *Gyeongsangbukdo (Carthamus tinctorius* seed, *Cyperus rotundus*, *Schizonepeta tenuifolia*, *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum*, *Paeonia lactiflora). J Appl Biol Chem* 54: 171-177.
17. Cho YH, Lee BC, Kim JH, Kim JH, Pyo HB, Zhang YH, Park HD. 2005. Effect of *Artemisia anomala* S. Moore on antioxidant activity and melanogenesis. *Korean J Pharmacogn* 36: 273-277.
18. Choi SY, Lim SH, Kim JS, Ha TY, Kim SR, Kang KS, Hwang IK. 2005. Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 37: 549-556.
19. Kim DH, Kim HJ, Chung BW. 2006. Extraction of anti-oxidative substance from *Haematococcus pluvialis* using ultrasonification. *J Eng Res* 37: 79-86.
20. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
21. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
22. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change pf Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
23. Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. 2006. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiz uralensis* Fisch) extracts. *Korean J Food Sci Technol* 38: 355-360.
24. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
25. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong

HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
26. Chung IM, Kim KH, Ahan JK. 1998. Screening of Korean medicinal and food plants with antioxidant activity. *Korean J Medicinal Crop Sci* 6: 311-322.
27. Lee SE, Seong NS, Bang JK, Park CG, Sung JS, Song J. 2003. Antioxidative activities of Korean medicinal plants. *Korean J Medicinal Crop Sci* 11: 127-134.
28. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
29. Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559
30. Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
31. Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int* 35: 519-526.
32. Turkmen N, Ferda SY, Sedat V. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.
33. Woo JH, Shin SL, Jeong HS, Lee CH. 2010. Influence of applied pressure and heat treatment on antioxidant activities of young leaves from *Achillea alpina* and *Solidago virgaurea* subsp. *gigantea*. *Korean J Plant Res* 23: 123-130.
34. Yu JS, Woo KS, Hwang IG, Chang YD, Jeong HJ, Lee CH, Jeong HS. 2008. Quality characteristics of *Chrysanthemum indicum* L. flower tea in relation to the number of panfiring. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 647-652.
35. Hong Mj, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. 1998. Changes in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting processes. *Korean J Food Sci Technol* 30: 413-418.
36. Zhong G, Roledo RT, Chen Z. 2003. Effects of heat treatment on flavonoids content and antioxidant capacity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaert) flour ethanolic extracts. *Agric Sci China* 2: 1035-1040.
37. Kim MJ, Choi JS, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Lee SJ, Kim SJ, Yoon SY, Jeon YJ, Ahn DH. 2009. Effects of heat and pH treatments on antioxidant properties of *Ishige okamurai* extract. *Korean J Food Sci Technol* 41: 50-56.
38. Kwon GJ, Choi DS, Wang MH. 2007. Biological activities of hot water extracts from *Euonymus alatus* leaf. *Korean J Food Sci Technol* 39: 569-574.
39. Yoshino M, Murakami K. 1998. interaction of iron with polyphenolic compounds, application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257: 40-44.
40. Rim AR, Jung ES, Kim SY, Lee SC. 2005. Effect of far-infrared irradiation and heat treatment on the antioxidant activity of extracts from defatted soybean meal. *Korean J Soc Appl Biol Chem* 48: 400-403.
41. Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. 2009. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 490-495.

(2012년 3월 12일 접수; 2012년 5월 14일 채택)