

Antioxidative Activities of Methanol Extracts from Different Parts of *Chrysanthemum zawadskii*

Hai-Jung Chung[†] and In-Sook Jeon

Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, Pocheon 487-711, Korea

구절초의 부위별 메탄올 추출물의 항산화활성

정해정[†] · 전인숙

대진대학교 식품영양학과

Abstract

The major objective of this study was to investigate the antioxidant activities of methanolic extracts from different parts (flower, leaf-stem, and root) of *Chrysanthemum zawadskii* by employing various in-vitro assay systems. The extraction yields from the flower, leaf-stem, and root were 18.347, 12.93, and 11.33%, respectively. The total polyphenol content was highest in the flower (17.16 mg/100 g) and lowest in the root (11.33 mg/100 g). The antioxidant activities were raised within creasing amounts of extracts, and the extracts from the flower showed the highest effect on the superoxide anion radical scavenging, metal chelating on ferrous ions and reducing power. In addition, the leaf-stem also showed good antioxidant activity in various systems. These results suggest that the methanolic extracts from the flower and leaf-stem possess excellent antioxidant activities and may thus serve as potential sources of natural antioxidants.

Key words : *Chrysanthemum zawadskii*, polyphenol, flavonoid, ABTS radical scavenging activity, superoxide anion radical scavenging activity

서 론

활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 인간에게 발병하는 100 여 종류의 질병과 관련성이 있는 것으로 알려져 있는데(1) 활성산소종이란 superoxide radical ($\cdot O_2^-$), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radical ($\cdot OH$), 일중항 산소(singlet oxygen) 등과 같이 반응성이 매우 큰 산소를 일컫는다. 이들은 체내의 대사과정에서 끊임없이 생성되지만 체내에 존재하는 superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase 등의 항산화효소와 식품으로부터 섭취하는 비타민 C, 비타민 E, 베타 카로틴 등의 항산화 성분에 의해 제거되어 산화와 항산화간 균형을 유지하고 있다. 병리학적인 요인에 의하여 활성산소의 생성과 제거 간에 균형이 깨져 활성산소가 과잉으로 존재하게 되면 산화적 스트레스가 일어나 지질, DNA, 단백질, 탄수화물 등에 산화적 손상을 초래하여 뇌졸

중, 암, 동맥경화, 노화, 당뇨, 알츠하이머 등의 질병을 유발하게 된다(2-6). 활성산소에 의한 DNA 손상 및 만성질환을 억제하고 이들에 의한 산화작용으로부터 생체를 보호하는데 있어 항산화제의 사용이 효과가 있는 것으로 알려지면서 다양한 항산화제가 개발되고 있고 특히 천연물을 이용하여 안전하고 효과가 탁월한 항산화제를 개발하려는 연구에 많은 노력이 집중되고 있다.

구절초는 국화과의 여러해살이 풀로 전국의 산기슭, 하천변, 들판에서 자생하며 한국, 중국 북부, 만주, 시베리아 등에 분포되어 있다. 길이가 50 cm 정도이고 줄기는 곧게 서서 약간의 가지를 치거나 전혀 치지 않기도 하며, 잎은 위로 갈수록 작아지고 가늘어지는 특징이 있다. 꽃은 흰색 또는 연한 분홍색이고, 7~9월경에 줄기 끝에 한 송이씩 하늘을 향해 피며 들국화와 비슷한 모양을 하고 있다. 종류는 매우 다양하여 포천구절초, 가는잎구절초, 산구절초, 한라구절초, 낙동구절초 등이 있다(7,8). 꽃이 달린 구절초 전체를 캐서 그늘에서 말린 것을 한방과 민간에서는 여자들의 손발이 차거나 산후 냉기가 있을 때 달여 마시는 상비약

[†]Corresponding author. E-mail : haijung@daejin.ac.kr
Phone : 82-31-539-1861, Fax : 82-31-539-1860

으로 이용해 왔다. 성질은 따뜻하고 진통 소염작용이 강하며 고혈압 및 위장병을 치료하는데 효과가 있다고 알려져 있다(8). 구절초의 생리활성에 대한 연구로는 주로 항균성 물질에 관한 보고들이 있고(9-11), 그 외는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 구절초를 꽃, 잎·줄기, 뿌리로 나누어 메탄올로 추출하고 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거활성, ABTS radical 소거활성, 아질산염 소거활성, 환원력 등을 조사하여 새로운 기능성 소재로의 이용 가능성을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 구절초는 경기도 포천 농업기술지도센터에서 공급받아 꽃, 잎·줄기, 뿌리 등으로 구분하고 각 부위별로 수차례 물로 세척하여 동결 건조한 다음 분쇄하여 시료로 사용하였다. 2,2-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), butylated hydroxytoluene (BHT), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), naringin, nitrotetrazolium blue chloride (NBT), potassium ferricyanide, potassium persulfate, sodium dodecyl sulfate (SDS), sodium nitrite, tannic acid, trichloroacetic acid (TCA), xanthine, xanthine oxidase 등은 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Folin-ciocalteu's phenol reagent는 Fluka (Switzerland)에서 구입하였고 그 외 추출에 사용된 용매와 시약은 특급 및 일급 시약을 사용하였다.

부위별 추출액의 제조

구절초의 꽃, 잎·줄기, 뿌리 등 부위별 분말에 20배(w/v)의 메탄올(99.9%)을 각각 첨가하여 37°C에서 180 rpm으로 3시간 진탕하면서 2회 반복 추출하여 얻어진 용액을 합하고 여과한 후 감압 농축하였다. 이것을 각각 0.5, 1, 2, 4 mg/mL의 농도가 되도록 dimethyl sulfoxide에 용해하여 시료를 제조하였으며, 양성대조군으로 BHT 또는 EDTA를 시료와 동일 농도로 제조하여 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(12)을 변형하여 각 시료용액 0.1 mL에 증류수 1.9 mL와 0.2 N Folin-ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 가하여 균일하게 혼합한 후 실온에 3분간 방치하였다. 여기에 Na₂CO₃ 포화용액 0.4 mL와 증류수 1.9 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 분광광도계(Smart Plus, Korea)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였고 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다. 총 플라보노이드 함량 측정은 Lee 등(13)의 방법을 변형하여 시료용액

0.2 mL에 1 N NaOH 1 mL, diethylene glycol 5 mL를 혼합하여 37°C에서 1 시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였고 naringin을 이용하여 얻어진 표준곡선으로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 각 시료용액 0.3 mL에 0.2 mM DPPH 용액 2 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

ABTS radical 소거능

ABTS 소거능은 Re 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 14:1로 혼합(v/v)하여 실온의 어두운 곳에서 14~16시간 동안 방치하였다. 여기에 증류수를 가하여 734 nm에서의 흡광도 값이 0.70 내외가 되도록 희석한 후 이 중 2 mL를 취하여 시료용액 40 μ L를 가하고 5분 동안 방치한 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

Superoxide anion radical 소거능 측정

Superoxide anion radical 소거능은 Wang 등(15)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 50 μ L에 0.4 mM xanthine과 0.24 mM NBT를 1:1로 혼합한 용액 0.5 mL와 0.049 U/mL의 xanthine oxidase 0.5 mL를 가하고 최종부피가 2 mL가 되도록 증류수로 맞춘 후 잘 혼합하여 37°C에서 40분간 반응시켰다. 69 mM SDS 2 mL를 가하여 반응을 정지시킨 다음 560 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능(nitrite scavenging ability)은 Kato 등(15)의 방법에 준하였다. 각 시료용액 0.4 mL에 1 mM sodium nitrite 0.2 mL를 가하고 0.1 N HCl로 pH 1.2가 되도록 한 다음 증류수를 가하여 1 mL로 맞추고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 이 용액에 2% acetic acid 3 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 가하고 잘 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

철 이온(Fe²⁺)에 대한 킬레이트 효과 측정

구절초 추출물의 철이온에 대한 킬레이트 효과 측정은 Gulcin(2)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.5 mL에 2 mM FeCl₂ 0.1 mL를 가하고 5 mM ferrozine 0.2 mL와 ethanol 3.2 mL를 가한 후 실온에서 10분간 방치한 다음 562 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가구와

무침가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

환원력(Reducing power) 측정

구절초 추출물의 환원력은 Wong과 Chye(16)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 각 시료용액 0.2 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 1 mL와 1% potassium ferricyanide 1 mL를 넣은 다음 잘 혼합하고 50°C에서 30분간 반응시킨 후 실온으로 냉각시켜 10% TCA 용액 1 mL를 가한 뒤 10분간 방치하였다. 여기에 증류수 1 mL와 0.1% FeCl₃ 0.5 mL를 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 SPSS (Version 12.0 for Window)를 이용하여 평균±표준편차를 구하였다. 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의적 차이가 있는 항목은 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료간의 유의차를 p<0.05에서 검정하였다.

결과 및 고찰

부위별 추출 수율, 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량

구절초의 각 부위별 추출 수율, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 추출 수율은 꽃이 18.34%로 가장 높았고 잎·줄기와 뿌리는 유의적인 차이 없이 각각 12.93%와 11.33%를 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 꽃이 17.16 mg/100 g으로 가장 높았고 잎·줄기와 뿌리가 각각 14.75 mg/100 mL와 13.50 mg/100 mL로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 꽃, 잎·줄기, 뿌리가 각각 6.49 mg/100 mL, 6.09 mg/100 mL, 3.13 mg/100 g으로 뿌리가 가장 낮은 함량을 나타내었다(p<0.05). 대부분의 식물체에 존재하는 페놀성 화합물들은 분자 내에 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물로서 플라보노이드는 페놀성 화합물 중에서 자연적으로 생성되는 가장 큰 그룹 중의 하나이다(17). 이들은 단백질 및 거대 분자들과 결합하는 성질이 있고 reducing agent, singlet oxygen quencher, hydrogen donor로 작용함으로써 항산화 효과를 나타내는 것으로 보고되고 있다(14, 18-20). Kang 등(20)은 각 부위별 활나물 에탄올 추출물의 총 페놀 함량을 측정한 결과, 가지 0.082 mg/mL, 지상부 0.099 mg/mL, 종자 0.071 mg/mL, 잎 0.094 mg/mL로 지상부의 총 페놀 함량이 높았다고 보고하였다. Joung 등(21)은 부위별 식용백합 추출물의 총 페놀 함량이 *L. lancifolium*의 경우, 구근 0.038 mg/mL, 꽃 0.037 mg/mL, 잎 0.035 mg/mL로 유의적인 차이가 없었으며 총 플라보노이드 함량은 구근 0.65 mg/mL, 꽃 0.71 mg/mL, 잎 0.64 mg/mL로 꽃에서의 함량이 가장 높게 나타남으로써

부위에 따라 페놀성 화합물의 함량에 차이가 있음을 보고하였다.

Table 1. Extraction yield, total phenol and total flavonoid contents of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*

	Flower	Leaf·stem	Root
Yield (%)	18.34±1.88 ^{b1)}	12.93±1.31 ^a	11.33±1.52 ^a
Total phenol (mg/100 g)	17.16±0.32 ^b	14.75±0.32 ^a	13.50±1.69 ^a
Total flavonoid (mg/100 g)	6.49±0.26 ^b	6.09±0.03 ^b	3.13±0.03 ^a

Each value is mean±standard deviation.

¹⁾Means with different letters within a row are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Duncan's multiple range test.

DPPH radical 소거능

구절초 부위별 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 시료 추출물의 농도 0.5 mg/mL에서는 14.13~20.93%를 나타내었고 추출물의 농도가 증가함에 따라 소거능은 증가하여 4 mg/mL에서는 꽃과 잎·줄기가 각각 89.87%와 87.64%로 나타나 양성대조군으로 사용한 BHT 소거능(91.49%)의 96~98%를 나타낸 반면, 뿌리는 75.03%로 낮게 나타나 BHT 소거능의 82%에 해당하는 수치를 보여 주었다(p<0.05). DPPH는 안정한 free radical로서 항산화 활성을 갖는 물질로부터 전자나 수소를 제공받으면 DPPH-H로 환원되면서 짙은 보라색이 노란색으로 탈색되므로 페놀성 화합물의 free radical 소거능 측정에 유용하게 사용되고 있다(22,23). Joung 등(21)은 참나리(*L. lancifolium*)의 DPPH radical 소거능이 꽃에서 가장 높게 나타났다고 보고하였고 Kim과 Won(24)은 고려영경귀의 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 꽃에서 가장 높게 나타났고 DPPH radical 소거능도 꽃에서 가장 높게 측정되었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보여 주었다. 반면에, Lee

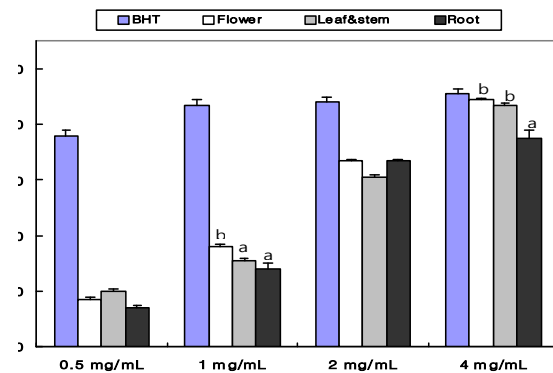


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

등(25)은 털부처꽃의 DPPH 라디칼 소거효과가 뿌리에서 가장 효과적이었고 그 다음으로 꽃, 잎, 줄기 순으로 우수하였다고 보고하였고 Lee 등(26)은 일일초 추출물의 경우 잎, 꽃, 뿌리 순이었다고 보고하여 본 실험과 다른 결과를 나타내었다. 일반적으로 총 페놀 함량이 높으면 항산화 활성도 우수한 경향이 있다고 보고되고 있는데(22) 본 연구에서도 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 높은 꽃과 잎·줄기 추출물에서 DPPH radical 소거능이 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

ABTS radical 소거능

부위별 구절초 추출물의 ABTS radical 소거능 측정 결과 Fig. 2에 나타난 바와 같이 추출물의 농도증가에 따라 소거능은 증가하여 0.5 mg/mL에서 14.39~19.99%, 1 mg/mL에서 30.02~35.82%, 2 mg/mL에서 49.17~71.98%를 나타내었다. 추출물의 농도 4 mg/mL에서는 꽃과 잎·줄기의 소거능이 각각 95.21%와 97.05%를 나타내어 양성대조군으로 사용한 BHT의 97.89%와 거의 동등한 활성을 보여준 반면, 뿌리는 79.11%로 낮은 소거능을 나타내어($p < 0.05$) DPPH radical 소거능에서와 같은 경향을 보여 주었다. ABTS와 potassium persulfate가 반응하여 ABTS cation radical이 생성되면 청록색을 띠게 되는데 시료 중에 항산화 활성을 갖는 물질이 존재하면 활성 정도에 따라 ABTS cation radical이 소거되어 청록색이 탈색되는 정도가 달라지게 된다. Yu 등(17)의 연구에서 생대추 과육 및 씨 추출물의 ABTS radical 소거활성은 추출물 농도 10 $\mu\text{g/mL}$ 에서 20.55~24.15%를 보였고 100 $\mu\text{g/mL}$ 에서는 98.58~99.11%로 농도 증가에 따라 높은 소거활성을 보였다고 보고하였다. Ha 등(3)은 남해 약쭈 부위별 60% 에탄올 추출물의 ABTS radical 소거활성을 측정한 결과 농도 의존적으로 소거활성이 증가하여 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 잎이 89.04%로 가장 높은 활성을 보였고 뿌리 68.93%, 줄기 48.51% 순으로 나타났고 총 페놀성 화합물 함량이 높은 시료에서 라디칼 소거능이 높았다고 보고하였다.

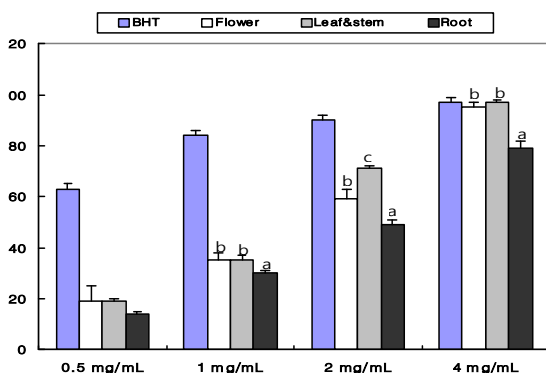


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

Superoxide anion radical 소거능

부위별 구절초 추출물의 superoxide anion radical 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 추출물 농도 0.5 mg/mL에서는 35.33~44.42%로 꽃과 잎·줄기가 뿌리보다 높은 활성을 보였고 농도가 증가함에 따라 활성은 증가하기 시작하여 4 mg/mL에서는 61.36~79.73%로 꽃 부위가 가장 높은 활성을 나타내었으나($p < 0.05$) DPPH radical 소거능이나 ABTS radical 소거능보다는 다소 낮은 활성을 보였다. Superoxide anion radical은 호기성 세포의 효소 및 비효소적 단계에서 생성되는 독성이 매우 강한 radical로서 노화와 관련된 산화반응의 개시단계에 관여하고 있다. 또한 superoxide anion radical은 hydrogen peroxide, hydroxyl radical, singlet oxygen 등과 같은 다른 활성산소종의 생성에 관여하여 지질, 단백질, DNA 등에 산화적 손상을 유도하는 것으로 알려져 있다(1,23). Superoxide anion radical은 NBT과 반응하여 청색을 띠게 되는데 시료 중에 항산화 물질이 존재하면 superoxide anion radical-NBT complex 형성을 방해하여 청색이 탈색된다(2). 페놀성 화합물들이 superoxide anion radical을 소거한다는 보고가 있고(21) 본 실험 결과 꽃에서 superoxide anion radical 소거능이 가장 높게 나타났는데 이는 꽃의 총 페놀 함량이 가장 높기 때문인 것으로 추측된다. Lee 등(27)은 인삼의 잎, 줄기, 뿌리 부위를 각각 50% 에탄올로 추출한

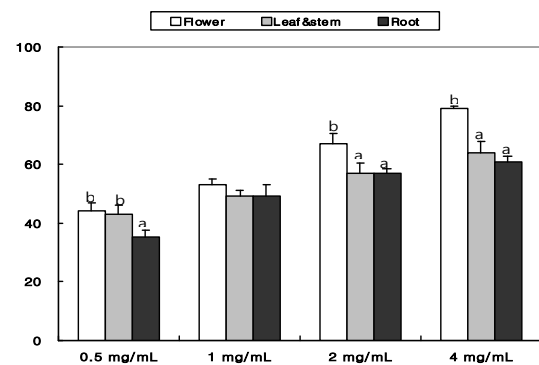


Fig. 3. Superoxide anion radical scavenging activity of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

후 superoxide anion radical을 측정한 결과, 줄기 > 잎 > 뿌리 순으로 높은 활성을 나타내었다고 보고하였다. 양성대조군으로 사용한 BHT는 본 실험에 사용한 농도 범위에서 활성이 나타나지 않아 항산화제로의 기능이 없는 것을 알 수 있었는데 이러한 결과는 Jeong 등(28)의 연구에서 BHA, BHT, vitamin C, vitamin E 등의 상용 항산화제에서 superoxide anion radical 소거능이 나타나지 않았다고 보고한 내용과 일치하였다. 따라서 구절초 추출물이 단일 물질로 분리·정제 된다면 BHT보다 우수한 소거활성을 가질 수 있을 것으로 사료된다.

아질산염 소거능

부위별 구절초 추출물의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 시료추출물 농도 증가에 따라 소거능은 증가하여 0.5 mg/mL에서 31.163~38.56%, 1 mg/mL에서 42.45~55.35%, 2 mg/mL에서 63.95~71.35%로 나타났고 4 mg/mL에서는 88.91~91.24%로 부위별 유의적인 차이 없이 85% 이상의 높은 활성을 보여주었는데 이는 양성대조군으로 사용한 BHT의 87.81%와 유사한 결과를 나타내었다. 아질산염은 식육제품에 첨가되어 발색제, 독소생성 억제제로 이용되고 있는데 일정농도 이상으로 섭취하게 되면 혈액 중의 hemoglobin을 산화시켜 methemoglobin을 형성하여 methemoglobin증 등의 중독을 일으키는 것으로 알려져 있다(29). 또한 단백질 식품, 의약품 등에 존재하는 2급 및 3급 아민과 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하는 것으로 보고되고 있다(30). Choi 등(31)은 오가피 부위별 열수 추출액의 아질산염 소거능을 측정한 결과 pH 1.2에서 뿌리 81.5%, 잎 80.4%, 열매 79.6%, 줄기 76%로 부위와 관계없이 높은 값을 보였다고 보고하였다. Jeong 등(32)은 연의 부위별 아질산염 소거활성 연구에서 분획물의 농도가 증가함에 따라 소거 활성이 증가하였고 백련과 홍련잎은 부탄올 분획물 농도 1 mg/mL에서 각각 95.61%와 92.15%의 높은 소거활성이 있음을 보고하였다. 본 실험 결과 나타난 85% 이상의 높은 소거능으로 미루어 볼 때 구절초 추출물은 체내에서 아민보다 더 경쟁적으로 아질산염과 반응하여 아질산염과 아민 반응에 의한 nitrosamine 생성을 억제할 것으로 기대된다.

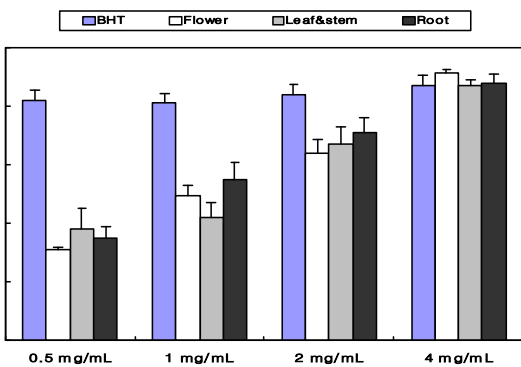


Fig. 4. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

철 이온(Fe²⁺)에 대한 킬레이트 효과

구절초 부위별 추출물의 철 이온에 대한 킬레이트 효과 측정 결과는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 시료 추출물의 농도 0.5 mg/mL에서 꽃과 잎·줄기 추출물이 각각 17.70%와 15.46%를 나타내어 뿌리 추출물의 8.39%보다 높게 나타났다(p<0.05). 추출물의 농도 증가에 따라 킬레이트 효과는

증가하여 4 mg/mL에서 꽃이 89.04%로 가장 높게 나타났고 그 다음으로 잎·줄기가 83.77%로 나타났으며 뿌리가 49.91%로 가장 낮게 나타났다. 본 실험에서 양성대조군으로 사용한 EDTA는 강력한 금속 킬레이트제로서 0.5~4 mg/mL의 농도범위에서 95% 이상의 탁월한 효과를 나타내었다. Ferrozine은 Fe²⁺와 complex를 형성하여 붉은색을 띠게 되는데 이 때 시료 중에 킬레이트 효과를 가진 물질이 존재하면 Fe²⁺-ferrozine complex 형성을 방해하여 발색이 저해된다(23). Chung(33)은 각 부위별 파리 추출물의 철 이온에 대한 킬레이트 효과를 측정한 결과 시료 추출물의 농도가 증가할수록 킬레이트 효과가 증가하여 시료 농도 5 mg/mL에서 줄기, 꽃받침, 뿌리 추출물의 소거활성이 89% 정도로 나타났다고 보고하였다. 본 실험 결과 꽃은 4 mg/mL의 농도에서 EDTA 활성(97.77%)의 91%에 해당하는 높은 활성을 나타내어 Fe²⁺에 대한 킬레이트 효과가 우수한 것을 알 수 있었고 이러한 효과는 꽃 추출물에 많이 함유되어 있는 플라보노이드, 탄닌과 같은 페놀성 화합물의 존재에서 기인하는 것으로 추측된다.

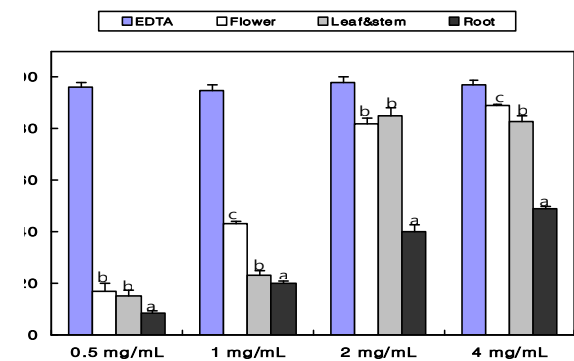


Fig. 5. Metal chelating effect of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

환원력(reducing power)

구절초 부위별 추출물의 금속이온에 대한 환원력을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 시료 추출물의 농도가 증가함에 따라 환원력은 증가하여 0.5 mg/mL에서 0.14~0.17, 1 mg/mL에서 0.24~0.27, 2 mg/mL에서 0.42~0.55로 나타났고 4 mg/mL 농도에서는 0.71~1.02로 나타났는데 특히 꽃과 잎·줄기는 각각 0.96과 1.02를 나타내어 양성대조군으로 사용한 BHT의 환원력 1.06과 대등한 환원력을 보였다. 시료 중에 항산화제와 같이 환원력을 가진 성분이 존재하게 되면 Fe³⁺/ferricyanide complex를 Fe²⁺상태로 환원시키면서 푸른색을 띠게 되는데(23) 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내므로 발색정도가 높을수록 높은 환원력을 나타낸다고 할 수 있다. Kang 등(34)의 연구에서 핑크밤 보리수 열매와 잎의 용매별 분획물의 환원력은 농도 증가에 따라

증가하였으며 특히 잎의 부탄을 분획물 농도 1 mg/mL에서 가장 높은 환원력을 나타내었다고 보고하였다. 본 실험 결과 구절초의 꽃과 잎·줄기에는 뿌리보다 총 페놀 및 총 플라보노이드 화합물이 많이 함유되어 있기 때문에 더 높은 흡광도 값을 나타낸 것으로 사료된다.

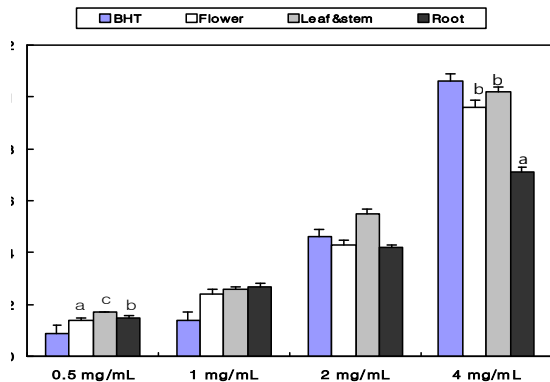


Fig. 6. Reducing power of methanol extracts from different parts of *Chrysanthemum zawadskii*.

요 약

본 실험에서는 구절초를 꽃, 잎·줄기, 뿌리 등의 부위별로 구분하여 메탄올로 추출하고 추출 수율, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, superoxide anion radical 소거능, 아질산염 소거능, 철 이온에 대한 킬레이트 효과, 환원력 등을 측정하였다. 추출 수율은 꽃이 가장 높았고 총 폴리페놀 함량은 꽃에서 가장 높게 나타났고 뿌리에서 가장 낮게 나타났다. DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능은 추출물의 농도가 증가함에 따라 증가하였고 꽃과 잎·줄기가 뿌리보다 높은 소거능을 나타내었다. Superoxide anion radical 소거활성도 추출물의 농도 증가에 따라 증가하여 꽃 부위가 가장 높게 나타났으나 DPPH나 ABTS radical 소거활성보다는 다소 낮은 수치를 보였다. 철 이온에 대한 킬레이트 효과는 추출물의 농도가 증가함에 따라 증가하였고 꽃에서 가장 높게 나타났고 뿌리에서 가장 낮게 나타났다. 환원력은 꽃과 잎·줄기에서 높게 나타났고 뿌리에서 낮게 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 보면 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 구절초 꽃이 높은 항산화활성을 보였고 그 다음으로 잎·줄기가 활성을 보임으로써 향후 천연 항산화제로서의 개발 가능성이 시사되었다.

감사의 글

본 논문은 2011학년도 대전대학교 학술연구비 지원에

의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Samak G, Shenoy RP, Manjunatha SM, Vinayak KS (2009) Superoxide and hydroxyl radical scavenging actions of botanical extracts of *Wagatea spicata*. Food Chem 115, 631-634
- Gulcin, I (2006) Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). Toxicol, 21, 213-220
- Ha GJ, Jeong CH, Jeong HR, Heo HJ, Shon GM, Rho CW, Kim NK (2011) Antioxidant activities from the different parts of *Artemisia argyi* H. using an in vitro system. J Agriculture & Life Sci, 45, 109-117
- Ismail HI, Chan KW, Mariod AA, Ismail M (2010) Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*cucumis melo*) methanolic extracts. Food Chem, 119, 643-647
- Wang J, Yuan X, Jin Z, Tian Y, Song H (2007) Free radical and reactive oxygen species scavenging activities of peanut skins extract. Food Chem, 104, 242-250.
- Wong CC, Li HB, Cheng KW, Chen F (2006) A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. Food Chem, 97, 705-711
- Lee SH, Lee JS (2007) Production and characteristics of antidandruff compound from *Chrysanthemum zawadskii*. Kor J Microbiol Biotechnol, 35, 220-225
- Yook CS (1997) Colored medicinal plants of Korea Academybook, Korea, P 588-589
- Jang DS, Park KH, Choi SU, Nam SH, Yang MS (1997) Antibacterial substances of the flower of *Chrysanthemum zawadskii* Herbich var. *latilobum* kitajura. Agric Chem Biotechnol, 40, 85-88
- Jang DS, Park KH, Lee JR, Ha TJ, Park YB, Nam SH, Yang MS (1999) Antimicrobial activities of Sesquiterpene lactones isolated from *Hemisteptia lyrata*, *Chrysanthemum zawadskii* and *Chrysanthemum boreale*. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol, 42, 17-179
- Lee SH, Lee JS (2007) Production and characteristics of antidandruff compound from *Chrysanthemum zawadskii*. Kor J Microbiol Biotechnol, 35, 220-225
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagent. J Biol Chem, 12, 239-243
- Lee YC, Hwang KH, Han DH (1997) Composition of *Opuntia ficus-india*. Korean J Food Sci Technol, 29, 847-853

14. Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M Rice EC (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26, 1231-1237
15. Kato H, Le, IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agri Biol Chem*, 51, 1333-1338
16. Wong JY, Chye FY (2009) Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. *J Food Composition Analysis*, 22, 269-277
17. Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee IS (2006) Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zyzypos jujuba* var. *inermis* rehder. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 128-134
18. Kwak JH, Choi GN, Park JH, Kim JH, Jeong HR, Jeong CH, Heo HJ (2010) Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. *J Agriculture Life Sciences*, 44, 57-66
19. Lee SY, Shin YJ, Park JH, Kim SM, Park CS (2008) An analysis of the Gyungokgo's ingredients and a comparison study on anti-oxidation effects according to the kinds of extract. *Kor J Herbology*, 23, 23-136
20. Kang MH, Cho, CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG, Park HW (2002) Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. *Korean J Food Sci Technol*, 34, 1098-1102
21. Joung YM, Park SJ, Lee KY, Lee JY, Suh JK, Hwang SY, Park KE, Kang MH (2007) Antioxidant and antimicrobial activities of *Lilikum* species extracts prepared from different aerial parts. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 452-457
22. Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM (2006) Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 49, 328-333
23. Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A (2005) Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J Ethnopharmacology*, 101, 287-293
24. Kim EM, Won SI (2009) Functional composition and antioxidative activity from different organs of Native *Cirsium and Carduus* Genera. *Korean J Food Cookery Sci*, 25, 406-414
25. Lee SE, Park CG, Kim SL, Soe JS, Kim GS, Lee JH, Park CB, Kim YC (2010) Chemical component contents and physiological activity of *Lythrum salicaria* L. according to plant parts and collected time. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 18, 298-304
26. Lee HK, Kim JS, Kim MJ, Heo K, Lee HY, Yu CY (2002) Comparison of biological activities of MeOH extracts in different cultivars and organs of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 10, 212-216
27. Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ, Seong NS (2004) Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 12, 237-242
28. Jeong SJ, Lee H, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baeg NI (2004) Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 47, 135-140
29. Bae YI, Jeong CH, Shim KH (2002) Nitrite-scavenging and antimutagenic effects of various solvent extract from different parts of Loquat (*Eriobotrya japonica*, Lindl.) *Korean J Food Preserv*, 9, 92-96
30. Jeong CH, Nam EK, Shim KH (2006) Antioxidative activities and nitrate scavenging activity in different parts of *Erigeron annuus*. *J Agriculture Life Sciences*, 40, 13-29
31. Choi JM, Kim KY, Lee SH, Ahn JB (2011) Functional properties of water extracts from different parts of *Acanthopanax sessiliflorus*. *Food Eng Prog*, 15, 130-135
32. Jeong CH, Son KB, Kim JH, Kang SK, Park EY, Seo KI, Shim KH (2010) Antioxidant and anticancer activities of Lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf and root. *Korean J Food Preserv*, 17, 131-138
33. Chung HJ (2010) Antioxidant activities of different part extracts of *Physalis alkekengi* var. *francheti* (winter cherry). *Korean J Food Preserv*, 17, 867-873
34. Kang SK, Jeong CH, Heo HJ, Shim KH (2010) Antioxidative activities of various solvent fractions from fruit and leaf of Pinkpop Borisu. *J Agriculture Life Science*, 44, 69-78