

민들레 물추출물의 항산화 및 자유라디칼 소거활성

강미정 · 신승렬* · 김광수

영남대학교 식품영양학과, *경산대학교 생명자원공학부

Antioxidative and Free Radical Scavenging Activity of Water Extract from Dandelion(*Taraxacum officinale*)

Mi-Jung Kang, Seung-Ryeul Shin* and Kwang-Soo Kim

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea

*Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University, Kyungsan 712-749, Korea

Abstract

The antioxidative and free radical scavenging activity of water extracts of dandelion were investigated. Antioxidative and radical scavenging activity were assessed by means of different tests; inhibition of peroxidation on linoleic acid model system, scavenging DPPH radical, scavenging of hydroxyl radical by chemiluminescence assay, scavenging of superoxide anion radical by EPR spectroscopy and scavenging of hydrogen peroxide. The leaf extract showed strong antioxidant activity in linoleic acid system. The antioxidant activity of water extracts of dandelion increased with increasing concentrations of extracts. The scavenging activity of the dandelion extracts, on inhibition of the DPPH radical, was related to the reaction time. Hydroxyl radical were generated by fenton reaction and dandelion extract was found to scavenge OH[·] in a concentration-dependent manner. The water extract of leaf had effective scavenging activities on hydrogen peroxide and superoxide anion radical. From the these data, it is evident that water extract of dandelion leaf is an effective scavenger for OH[·], O₂^{·-}, DPPH[·], hydrogen peroxide. And, the antioxidative effect observed is believed to be partly due to this radical scavenger activity.

Key words : dandelion, *Taraxacum officinale*, antioxidant activity, radical scavenging activity

서론

인체는 산화촉진물질(prooxidant)과 산화억제물질(antioxidant)이 균형을 이루고 있으나 여러 가지 요인들에 의하여 이런 균형상태가 불균형을 이루게 되고 산화촉진 쪽으로 기울게 되면, 산화적 스트레스(oxidative stress)가 유발되어 잠재적인 세포손상 및 병리적 질환을 일으키게 된다(1,2). 이러한 산화적 스트레스의 직접적 원인이 되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 호흡을 하는 대부분의 생물에서 필수적으로 생성되는 부산물로(3-5), 외부물질을 해독하는 과정, 식세포의 식균작용, 세포내 다양한 산화효소들의 정상적인 물질대사 과정에서 생성될 수 있고, 생명을 유지하는 동안 체내에서 계속해서 생성되게 된다(6,7). 특히 ROS에서 유래된 산소 라디칼은 자유라디칼(free radical) 중에서 가장 많은 부분을 차지하며, 비공유 전자(unpaired electron)를 갖고 있기 때문에 불안정

하고 반응력이 높아 여러 생체물질과 쉽게 반응하게 되고, 끊임없이 체내 고분자들을 공격하여 결국에는, 세포와 조직에 비가역적인 손상을 초래하거나 돌연변이, 세포독성 및 발암 등을 초래하여 생체나 식품에서 문제시 되고 있다(1,2,7).

이러한 ROS나 자유라디칼로부터 생체물질이나 식품성분을 보호할 수 있는 항산화 물질 및 항산화 방어망은 활성산소 라디칼의 발생을 미연에 방지하는 시스템과 생성된 라디칼을 포착·제거하는 시스템, 손상된 조직의 회복과 신생 이전에 관여하는 시스템으로 분류할 수 있다(1,8,9). 또한 ROS를 제거하기 위한 생체 방어시스템은 superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase 등의 효소계에 의한 효소적 방어체계와 ROS나 자유라디칼의 연쇄반응을 중단 또는 종결시키는 비효소적 방어체계로 크게 구별되며(8,10), 비효소적 방어체계는 주로 식품을 통해 섭취 가능한 항산화 영양물질과 비영양 항산화 물질에 의하여 이루어진다(6,11). 항산화 활성을 나타내는 영양물질로는 비타민 E, 비타민 C 등의 비타민(9,12)과 Se, Cu, Mn 등의 무기질(1,8,13) 및 타우린 등(8,14)으로, 비영양 항산화 물질로는 polyphenol, phenolic acid, rosmarinic acid, bioflavonoid 등으로 알려져 있다(13-15).

Corresponding author : Kwang-Soo Kim, Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea.
E-mail; mjkgang@yumail.ac.kr

이들 항산화 물질을 함유한 식품을 이용하여 항산화성이 있는 식사를 제공할 경우, 항산화 물질간의 상호작용으로 인하여 자유라디칼이나 ROS에 대한 생체방어시스템을 지속적으로 유지할 수 있게 된다. 따라서 오래 전부터 인간이 안전하게 먹어왔던 식품 자원으로부터 항산화 효과가 있는 물질을 분리, 이용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있으며, 이와 관련된 항산화 연구로는 항산화 비타민류(12,16), 항산화 무기질류(8), caffeic acid, chlorogenic acid와 같은 페놀산류(8,17), catechin과 같은 탄닌류(8,15,17), kampferol, quercetin과 같은 플라보노이드(14,18,19) 및 카로티노이드(12)와 같은 항산화 물질에 대한 보고와 과채류(17), 종실류(13,14), 향신료(13,17,20), 차(茶)(21-23) 및 기타 유용 식물체(14,15,17)로부터 항산화 물질을 분리하여 천연 항산화제로 개발하려는 연구가 주류를 이루고 있다.

그러나 현재까지 유용 식물자원인 민들레에 관한 항산화 활성이나 자유라디칼 소거활성에 관한 연구는 보고된 바 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 서양민들레의 잎과 뿌리로부터 물추출물을 제조하여 지방산을 기질로 과산화물 생성저해력, DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical 및 hydrogen peroxide에 대한 소거활성을 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 민들레는 *Taraxacum officinale* 품종으로, 꽃과 꽃대 및 전잎 등을 제거한 뒤 각각 잎과 뿌리로 나누어 선별, 수세하고 30 °C에서 건조시켜 60 mesh 이하로 분쇄한 건조시료를 사용하였다.

추출물 제조

민들레 물추출물은 건조시료 15 g당 300 mL의 3차 증류수를 넣은 후 75~80 °C에서 3시간 동안 환류 추출하고, 이 과정을 3회 반복하여 모아진 추출액은 여과 후 동결건조하여 일정량의 농축액을 만들어 각 항산화 실험에 이용하였다.

Linoleic acid system을 이용한 항산화 활성

민들레의 잎과 뿌리로부터 분리한 물추출물의 항산화 활성을 측정하기 위하여 linoleic acid를 기질로 하여 Rhodan 철법(ferric thiocyanate method)(24,25)으로 과산화물 생성저해율을 측정하였다. 시험관에 시료 추출물(1 mL), linoleic acid(0.13 mL), 99.8% ethanol 용액(10.0 mL), 0.2 M phosphate buffer 용액(pH 7.0, 10.0 mL)을 첨가한 뒤 증류수를 이용하여 총 부피 25 mL가 되도록 조정하여 반응용액으로 사용하였다. 각 반응용액은 40 °C에서 8일간 incubation 시킨 뒤 0.2

mL를 취하여 75% ethanol 용액(9.4 mL), 30% ammonium thiocyanate 용액(0.2 mL), 20 mM ferrous chloride-3.5% HCl 용액(0.2 mL)을 가하고 정확히 3분 후에 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 시료 추출물의 농도는 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 및 1.0 mg/mL 이었다. 항산화 활성은 linoleic acid peroxidation에 대한 저해율로 나타내었고, $100 - [(시료\ 흡광도 / 대조구\ 흡광도) \times 100]$ 계산식에 의하여 산출하였다.

DPPH radical에 대한 소거활성

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH[·])에 대한 민들레 물추출물의 소거활성을 분석하기 위하여 시료용액 1 mL에 methanolic DPPH radical 0.2 mM 용액 0.5 mL 첨가, 혼합하여 0, 15, 30, 45, 90, 120분간 방치한 후 515 nm에서 흡광도를 변화를 측정하였다. 이때, DPPH 용액은 반응 직전에 제조하여 사용하였으며, 시료용액은 잎과 뿌리 물추출물을 0.1 mg/mL를 각각 첨가하였다. DPPH radical에 대한 소거활성은 $(1 - 시료\ 흡광도 / 대조구\ 흡광도) \times 100$ 값으로 나타내었다(26,27).

Chemiluminescence를 이용한 hydroxyl radical 소거활성

Fenton 반응을 이용하여 hydroxyl radical(OH[·])을 생성시킨 뒤 luminol의 산화로 발생되는 light intensity를 luminometer (Berthold LB 953, USA)로 측정하여 민들레 물추출물의 hydroxyl radical scavenging activity로 나타내었다(28,29). 총 반응용액은 600 μL 기준으로 hydrogen peroxide(1 mM) 200 μL, 시료액 30 μL, luminol(1 mM) 170 μL, FeCl₂(1 mM) 200 μL로 하였고, FeCl₂를 첨가함으로써 반응을 개시하였다.

EPR을 이용한 superoxide anion radical 소거활성

Superoxide anion radical(O₂^{·-})에 대한 민들레 물추출물의 소거활성을 분석하기 위하여 EPR spectroscopy로 측정된 DMPO-O₂^{·-}(DMPO-OOH)의 signal intensity를 비교하였다. Superoxide anion radical은 xanthine-xanthine oxidase(XO) 반응을 이용하여 생성시켰고, EPR 실험 전에 민들레 물추출물이 xanthine oxidase 활성 자체를 저해하는지 290 nm에서 uric acid 생성률로 모니터링한 결과(not data), 물추출물은 1.0 mg/mL까지는 uric acid의 생성을 저해하지 않았기에 시료 추출물 농도를 100 μg/mL 이하가 되도록 제조하여 실험에 사용하였다. EPR spectroscopy는 spin-trapping 반응을 이용하여 행하였으며, spin trapping agent로는 DMPO를 사용하였다. Spin-trapping 반응 혼합물은 sodium phosphate buffer(pH 7.4, 100 mM), xanthine(10 mM), xanthine oxidase(0.038 unit/μL), DMPO(4 M in H₂O) 및 시료 추출물로 구성하였다. 시료 추

출물의 최종농도는 6.648 $\mu\text{g/mL}$ 가 되도록 하였으며, 각 반응액은 100 μL microcell에 넣어 실온에서 EPR spectrometer (Bruker EMX-10, Germany)로 측정하였다. EPR spectra 측정 조건은 X-band, microwave frequency 9.485 GHz, microwave power 20.120 mW, center field 3370 G, sweep width 100 G, modulation frequency 100 kHz, modulation amplitude 0.50 G, resolution 512 points, sweep time 41.943 sec \times 2 times 이었다.

Hydrogen peroxide에 대한 소거활성

Hydrogen peroxide(H_2O_2)에 대한 추출물의 소거활성은 Duh 등(25)과 Ruch 등(30)의 방법을 이용하여 측정하였다. H_2O_2 용액(1 mM)은 phosphate-buffered saline(PBS, pH 7.4)으로 제조하였고, 각 추출물은 0.05~1.0 mg/mL 농도에서 제거효과를 비교하였다. 반응용액은 시료 1 mL당 1 mM H_2O_2 -PBS 용액 0.6 mL를 가하여 30 $^\circ\text{C}$ 에서 10분간 반응시킨 뒤 230 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 blank는 H_2O_2 없이 PBS 용액만으로, 대조구는 시료용액 없이 H_2O_2 -PBS 용액으로 사용하였다.

통계분석

민들레 잎 추출물의 항산화 활성 결과는 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 각 실험결과는 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 Two-way ANOVA로 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검증하였다. 각 군간의 유의적 차이는 Duncan's multiple comparison으로 검증하였다.

결과 및 고찰

Linoleic acid system을 이용한 항산화 활성

Fig. 1은 민들레 부위와 농도에 따른 물추출물의 과산화물 생성억제율을 측정된 것이다. 민들레 물추출물은 부위에 관계없이 첨가농도가 증가할수록 과산화물의 생성이 유의적으로 억제되는 경향이였다. 잎의 물추출물은 추출물 농도 0.2 mg/mL 미만에서는 60% 이하의 낮은 항산화성을 나타내었고, 농도 0.2에서 1.0 mg/mL로 갈수록 83.01, 86.05, 87.42, 89.96%로 높은 항산화성을 나타내었다. 뿌리의 물추출물은 잎 추출물과 달리 0.6 mg/mL 미만까지는 1.05~40.72%로 매우 낮은 항산화 활성을 나타내다가 농도 0.6과 1.0 mg/mL에서 87.43과 89.23%로 급격한 활성증가를 나타내었다. 잎과 뿌리 추출물간에도 유의적인 활성 차이를 나타내었는데, 잎의 물추출물이 뿌리 물추출물 보다 과산화물 생성저해율이 높아 지방산에 대한 항산화력이 높을 것으로 판단된다. 그러나 첨가농도 0.6과 1.0 mg/mL 간에는 교유작용이 발생되어 추출물 종류간에 유의적인 차이는 없었다.

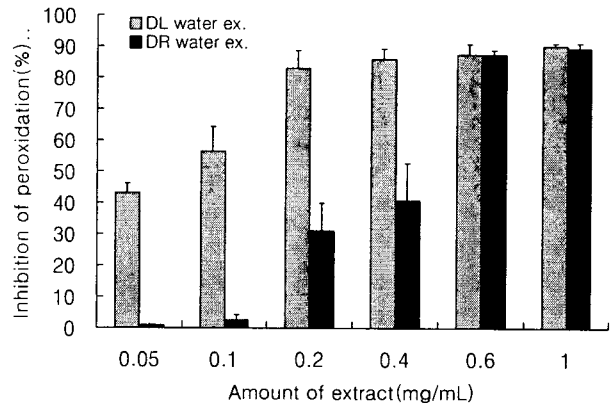


Fig. 1. Antioxidant activity of different amount of water extract.

The linoleic acid system was determined by thiocyanate method. The results are mean \pm S.D
DL water ex.; water extract of leaf powder
DR water ex.; water extract of root powder

DPPH radical에 대한 소거활성

민들레 잎과 뿌리의 항산화 활성을 측정하기 위하여 반응 시간에 따라 나타내는 DPPH radical에 대한 소거활성을 측정하였다. 그 결과, Fig. 2와 같이 잎과 뿌리 물추출물 모두 반응시간에 따라 라디칼 소거활성에 현저한 차이는 있지만 민들레 뿌리 보다는 민들레 잎의 물추출물에서 DPPH radical 소거활성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 두 추출물 종류간에 교유작용이 발생하여 유의적인 차이는 없었다. 반응시간에 따른 라디칼 소거활성에도 유의적인 차이는 없었지만, 잎 추출물의 경우 반응시간 45분에서, 뿌리 추출물의 경우 반응 직후 또는 반응시간 15분에서 최대의 라디칼 소거활성을 나타내었다.

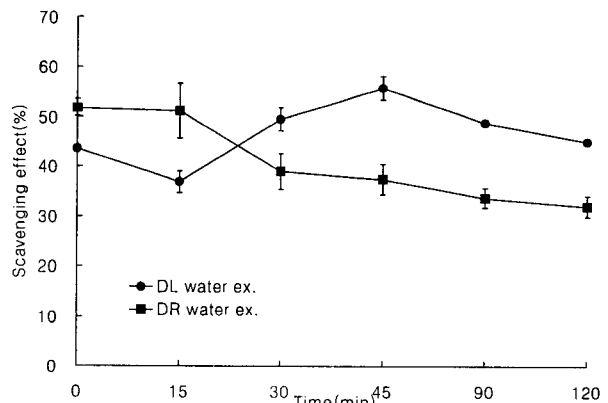


Fig. 2. The radical scavenging effect of dandelion extracts on DPPH radical.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 1. The results are mean \pm S.D.

Duh와 Yen(31)은 *Chrysanthemum morifolium* Ramat, *Hibiscus sabdariffa* 등의 허브로부터 분리한 물추출물에서 DPPH radical 소거활성을 반응 30분후 측정된 결과, 추출물 농도 5 mg/mL에서 47.7~68.6%의 저해활성을 나타내었고, 그중 *Chrysanthemum morifolium* 물추출물이 68.5%로 가장 높은 라디칼 소거활성을 나타내었다고 보고하였다. Duh 등(25)은 대만에서 일반적으로 사용되는 4종류의 *Chrysanthemum morifolium* 물추출물로부터 DPPH radical 소거활성을 반응시간 30분 후에 측정된 결과, 추출물 농도 0.1 mg/mL에서 50% 미만의 제거활성을 나타내었다고 보고하였다. 이러한 연구 보고와 본 연구결과를 비교해 볼 때, 민들레 잎의 물추출물은 첨가농도 1.0 mg/mL, 반응시간 30분에서 50% 이상의 DPPH radical 소거활성을 나타내는 것으로 미루어 항산화제로의 개발가능성 더 높을 것으로 기대된다.

Chemiluminescence를 이용한 hydroxyl radical 소거활성

Hydroxyl radical은 ROS 중 반응성이 가장 큰 것으로, 높은 반응성으로 인하여 생성 부위에서 곧바로 반응이 일어나며, DNA 가닥의 절단, DNA 염기의 변형, DNA 구성당을 분해하는 등 유전 물질 및 생체 거대분자를 손상시키는 주된 인자이자 발암과정의 각 단계에서 원인물질로 작용하는 것으로 알려져 있다(1,2,5). 이러한 hydroxyl radical에 대한 민들레 물추출물의 소거활성을 측정하기 하기 위하여 chemiluminescence assay를 이용하였다.

Chemiluminescence(1,5,13)는 화학발광법의 일종으로, 화학 반응 또는 생화학 반응으로 형성된 들뜬 상태의 물질이 바닥 상태의 에너지 수준으로 떨어지면서 방출되는 빛에너지를 luminol, aminobutylethylisoluminol 등의 증폭제를 넣어 측정하는 방법이다. 본 연구에서는 fenton-type 반응으로 hydroxyl radical을 생성시켰고, 증폭제로 luminol을 사용하였다.

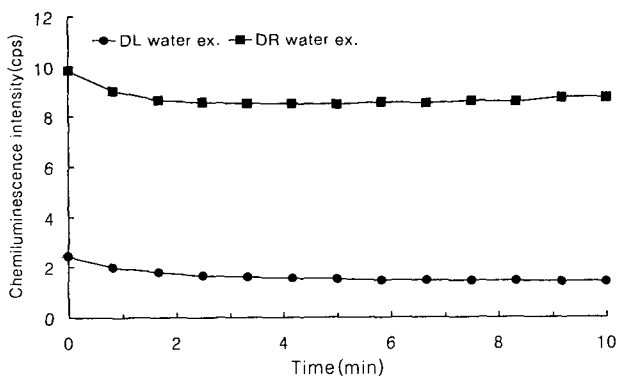


Fig. 3. Effect of dandelion extracts on the luminol-chemiluminescence induced by hydroxyl radical. Abbreviations are the same as shown in Fig. 1. The results are mean \pm S.D.

그 결과, Fig. 3과 같이 잎 추출물이 뿌리 추출물 보다 화학발광이 월등히 낮게 나타났다. 즉, 잎과 뿌리의 물추출물 농도를 2.5 μ g/mL 각각 첨가하였을 때, 잎과 뿌리 모두에서 추출물 종류와 측정시간 간에 교차작용은 없었으며, 측정시간에 따른 발광값의 변화에는 유의성이 인정되지 않았지만 뿌리 보다는 잎 추출물이 hydroxyl radical에 대한 제거효과가 뛰어나 chemiluminescence light intensity를 효과적으로 감소시켰다. 따라서 뿌리 보다는 잎의 물추출물이 hydroxyl radical 소거제로의 개발가능성이 높을 것으로 생각된다.

이상의 결과는 fenton 반응으로 생성된 hydroxyl radical이 luminol을 산화시켜 빛을 발산하여 chemiluminescence로 나타나는 데, 잎의 물추출물이 hydroxyl radical를 포착하거나 생성 자체를 억제하여 luminol의 산화를 감소시킴으로써 낮은 chemiluminescence intensity를 나타내는 것으로 생각된다. 또한, 민들레 물추출물군에서 잎이 뿌리보다 hydroxyl 제거효과가 컸던 것은 chlorophyll의 구리염 형태인 chlorophyllin이 hydroxyl radical 등을 제거한다는 Kim(32)의 보고와, 백색식물군 보다 녹색식물군의 물추출물에서 chemiluminescence 강도가 감소하였고 이는 녹색식물군에 존재하는 색소물질에 의한 것으로 보고한 Kang(33)의 연구결과와 관련이 있을 것으로 생각된다.

EPR을 이용한 superoxide anion radical 소거활성

Superoxide anion radical은 ROS에서 유래된 가장 대표적인 산소 라디칼로 dismutation 반응 후 hydrogen peroxide에 의해 반응성이 더 큰 hydroxyl radical로 전환되고, hydroxyl radical은 생체 거대분자를 손상시키게 되거나, 산화형 철(Fe^{3+})을 환원형 철(Fe^{2+})로 환원시켜 fenton 반응을 유도하게 되거나, 단백질의 구조에 직접적인 변형을 가하여 효소의 불활성을 유도하는 등 물질의 산화와 발암 과정에 밀접한 관계를 갖고 있다(7,13,33). 이러한 $O_2^{\cdot-}$ 에 대한 민들레 물추출물의 소거활성을 측정하기 위하여 DMPO에 포착된 $DMPO-O_2^{\cdot-}$ signal을 EPR spectroscopy로 측정하였다.

그 결과, Fig. 4와 5는 phosphate buffer(100 mM)와 DMPO(4 M, final 200 mM)가 함유되어 있는 xanthine(10 mM, final 500 μ M), xanthine oxidase(0.038 unit, final 0.0006 unit) 혼합액에 각 시료 추출물과 대조구를 첨가하여 얻어진 $DMPO-O_2^{\cdot-}$ signal을 나타낸 것이다. 먼저, Fig. 4는 대조구로서 XO 효소 반응으로 생성된 $O_2^{\cdot-}$ 이 DMPO에 포착되어 형성된 전형적인 $DMPO-O_2^{\cdot-}$ 의 EPR spectrum이다. 세로축은 EPR signal의 intensity로, 가로축은 gauss 단위 값을 나타낸 것으로 511개의 signal 값을 그래프로 표시하였다. 이 그래프는 Halliwell과 Gutteridge(1) 및 Atanasiu(34) 등이 보고한 전형적인 $DMPO-O_2^{\cdot-}$ 의 EPR spectrum과 일치한 결과이었다.

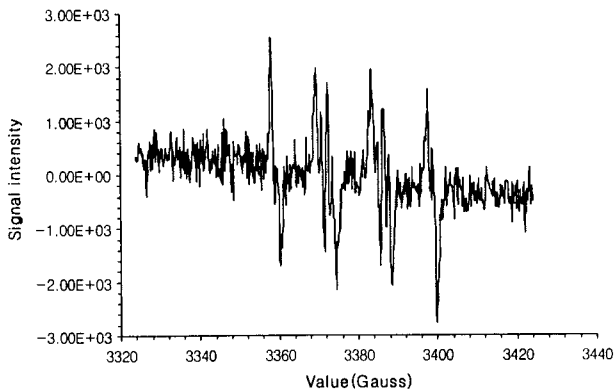


Fig. 4. EPR spectrum of the DMPO-OOH adduct obtained when the reaction mixture containing 100 mM sodium phosphate buffer(pH 7.4), 10 mM xanthine, 4 M DMPO, 0.038 unit/uL xanthine oxidase.

EPR spectroscopy settings were: center field, 3370 G; sweep width, 100 G, microwave frequency, 9.485 GHz, microwave power, 20.120 mW; sweep time 41.943 sec × 2 times.

Fig. 5는 잎과 뿌리 물추출물 첨가에 따른 DMPO-O₂^{•-}의 EPR signal 저해효과를 측정된 것으로, 대조구의 피크높이로부터 각 추출물 피크의 상대적인 값을 구하여 비교·분석하였다. 그 결과, DMPO-O₂^{•-} signal이 잎 추출물은 1440~1320으로, 뿌리 추출물은 1400~1660으로 잎의 물추출물(~60% 저해)이 뿌리의 물추출물(~41% 저해) 보다 EPR signal intensity를 현저히 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 민들레 뿌리보다는 잎의 물추출물이 superoxide anion radical 제거에 보다 효과적인 것으로 보인다.

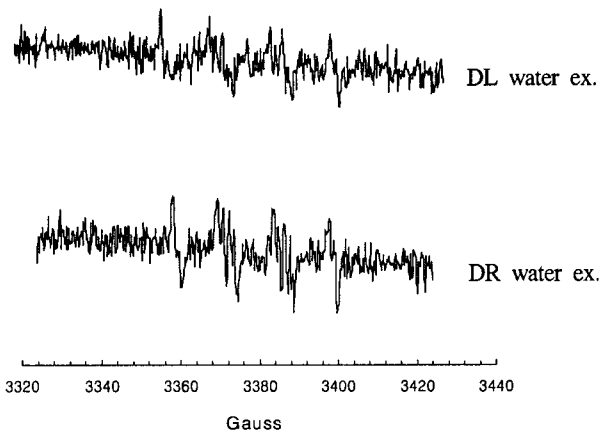


Fig. 5. EPR spectra showing the inhibition of the DMPO-OOH signal by dandelion extracts of dandelion.

Superoxide anion radicals were generated using a xanthine-xanthine oxidase system containing DMPO as the spin trap. Abbreviations are the same as shown in Fig. 1.

Hydrogen peroxide에 대한 소거활성

Hydrogen peroxide는 자유라디칼은 아니지만 활성산소를 쉽게 생성하기 때문에 ROS의 범주에 포함되는 것으로, 그 자체의 독성은 낮지만 세포막을 통과할 수 있고, Fe²⁺ 등과 같은 금속이온과 반응하여 독성이 강한 hydroxyl radical을 생성하기에 생체나 식품에서 문제시 되고 있다(1,6,11). 따라서 민들레 물추출물에서 기대되는 H₂O₂의 제거효과를 측정하고자 하였다.

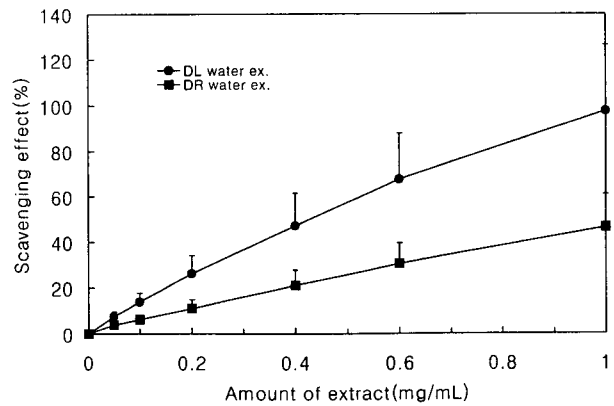


Fig. 6. Scavenging effect of different amount of dandelion extracts on hydrogen peroxide.

Abbreviations are the same as shown in Fig. 1. The results are mean ± S.D.

그 결과, Fig. 6에서와 같이 추출물 종류에 관계없이 농도 증가에 따라 유의적으로 H₂O₂ 제거효과가 증가하였으며, 물추출물의 H₂O₂ 제거방식은 농도 증가에 따라 거의 비례적으로 H₂O₂ 제거율이 상승하는 것으로 미루어 농도 의존적일 것으로 판단된다. 물추출물 종류간에는 잎의 물추출물이 뿌리 추출물 보다 첨가농도 0.4~1.0 mg/mL에서 47~97% 정도의 매우 높은 H₂O₂ 제거효과를 나타내었다.

이상의 결과를 Duh 등(25)이 수세기 동안 전통적인 약제로 사용되어 온 *Chrysanthemum morifolium* Ramat의 물추출물에서 농도 의존적(0~14 mg/mL)으로 H₂O₂ 제거효과를 나타내었고, 추출물 농도 4 mg/mL 이상에서 50~80% 정도의 제거효과를 나타내었다고 보고한 것과 비교해 볼 때, 민들레 잎의 물추출물은 저농도에서도 높은 H₂O₂ 제거능을 나타내므로 항산화제로의 개발가능성이 높을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(98-0402-0201-3) 지원으로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

요 약

민들레 잎과 뿌리로부터 물추출물을 제조하여 항산화 활성 및 라디칼 소거활성을 분석하기 위하여 linoleic acid에 대한 과산화물 생성저해율, DPPH radical에 대한 소거활성, chemiluminescence를 이용한 hydroxyl radical에 대한 소거활성, EPR을 이용한 superoxide anion radical에 대한 소거활성 및 hydrogen peroxide에 대한 소거활성을 측정하였다. 그 결과, 민들레 잎의 물추출물이 뿌리의 물추출물 보다 지방산에 대한 과산화물 생성 저해율이 높았고, DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical 및 hydrogen peroxide에 대한 소거활성 역시 매우 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. (1999) Free radicals in biology and medicine. Third ed., Oxford University Press, New York
- Halliwell, B. and Aruoma, O.I. (1991) DNA damage by oxygen-derived species. FEBS Letters, 281, 9-19
- Poli, G., Albano, E. and Dianzani, M.U. (1993) Free radicals-From basic science to medicine. Molecular and Cell Biology Updates, Birkhäuser Verlag
- Kim, S.J. (1994) Effect of natural antioxidants on reactive oxygen species. Ph.D. Thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology
- Punchard, N.A. and Kelly, F.J. (1996) Free radicals-A Practical approach. Oxford University Press, New York
- Park, S.N. (1997) Skin aging and antioxidants. Journal of the Society of Cosmetic Chemists of Korea, 23, 75-132
- Lee, J.M. (1997) Protective effect of Ganoderma lucidum and Panax ginseng, C.A. Meyer on oxidative damage. M.S. Thesis, Seoul National University
- 이양자, 이종호, 박태선(1998) 항산화영양소와 건강. 연세대학교 식품영양과학연구, 1-58
- Chung, S.Y. (1997) Antioxidant nutrients and related biological activities of green yellow vegetable juices. Ph.D. Thesis, Yonsei University
- Hong, S.H. (1998) : Antioxidant activity of melatonin and melatonin related indoleamines. M.S. Thesis, Yonsei University
- Cho, T.Y. (1999) : Free radical scavenging activity of tryptophan metabolites. M.S. Thesis, Yonsei University
- 김현구 (1996) 영양적 항산화제로서 비타민 E, 비타민 C 및 카로테노이드. 식품기술, 9(3), 190-195
- Namiki M.o (1990) Antioxidants/antimutagens in food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 29, 273-300
- 신동화(1997) 천연 항산화제의 연구동향과 방향. 식품과학과 산업, 30, 14-21
- 이정수, 최홍식(1994) Free radical scavenger로서의 plant phenolics의 특성과 항산화 활성. 생명과학, 4, 11-18
- Kim, I.W. (1999) Isolation and identification of antioxidative components from ethanol extract of Rhus verniciflua STOKES and application to different oil system. Ph.D. Thesis, Chonbuk National University
- Shahidi, F., Janitha, P.K. and Wanasundara, P.D. (1992) : Phenolic antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32, 67-103
- Yoshiki, Y., Okubo, K., Onuma, M. and Igarashi, K. (1995) Chemiluminescence of benzoic and cinnamic acids, and flavonoids in the presence of aldehyde and hydrogen peroxide of hydroxyl radical by fenton reaction. Phytochemistry, 39, 225-229
- Salah, N., Miller, N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Paul-Bolwell, G. and Rice-Evans, C. (1995) Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. Archives of Biochemistry and Biophysics, 322, 339-346
- Kim, N.M., Sung, H.S. and Kim W.J. (1993) Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. Korean J. Food Sci. Technol., 25, 204-209
- Kye I.S. (1999) Studies on scavenging activity of peroxynitrite and reactive oxygen species of green tea polyphenols. Ph.D. Thesis, Pusan National University
- Yokozawa, T., Dong, E., Nakagawa, T., Kashiwagi, H., Nakagawa, H., Takeuchi, S. and Chung, H.Y. (1998) In vitro and in vivo studies on the radical-scavenging activity of tea. J. Agric. Food. Chem., 46, 2143-2150
- Ruch, R.J., Cheng, S.J. and Klaunig, J.E. (1989) Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from chinees green tea. Carcinogenesis, 10, 1003-1008
- 기능성식품소재연구회(1996) 식품 중의 생체기능조질물 질연구법. 송현문화사
- Duh, P.D., Tu, Y.Y. and Yen, G.C. (1999) Antioxidant activity of water extract of Harg Jyur(Chrysanthemum morifolium Ramat). Lebensm.-Wiss.u.-Technol., 32, 269-277
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm.-Wiss.u.-Technol., 28, 25-30

27. Bondet, V., Brand-Williams, W. and Berset, C. (1997) Kinetics and mechanism of antioxidant activity using the DPPH[·] free radical method. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 30, 609-615
28. Hirayama, O., Takagi, M., Hukamoto, K. and Katoh, S. (1997) Evaluation of antioxidant activity by chemiluminescence. *Analytical Biochemistry*, 247, 237-241
29. Hirayama, O. and Yida, M. (1997) Evaluation of hydroxyl radical scavenging ability by chemiluminescence. *Analytical Biochemistry*, 251, 297-299
30. Ruch, R.J., Cheng, S.J. and Klaunig, J.E. (1989) Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from chinees green tea. *Carcinogenesis*, 10, 1003-1008
31. Duh, P.D. and Yen, G.C. (1997) Antioxidative activity of three herbal water extracts. *Food Chemistry*, 60, 639-645
32. Kim, B.Y. (1996) Scavenging of hydroxyl radicals by chlorophyllin. M.S. Thesis, The Korea Advanced Institute of Science and Technology
33. Kang, K.H. (1998) Antioxidant and pro-oxidant activity of plant extracts. M.S. Thesis, Seoul National University
34. Atanasiu, R.L., Stea, D., Mateescu, M.A., Vergely, C., Dalloz, F., Briot, F., Maupoil, V., Nadeau, R. and Rochette, L. (1998) Direct evidence of caerulein antioxidant properties. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 189, 127-135

(접수 2002년 3월 17일)