

국내 재배 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물의 항산화 활성 및 세포독성

†박명수 · 정보름 · 박경진
군산대학교 식품영양학과

Antioxidant Activity and Cytotoxicity of Ethanol Extracts from Different Parts of *Taraxacum coreanum* Nakai cultivated in South Korea

†Myoung-Su Park, Bo-Reum Jeong and Gyung-Jin Bahk
Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

Abstract

In the present study, the total content of polyphenols and flavonoids, the antioxidant activities, and cytotoxic effects of the ethanol extracts from different parts of *Taraxacum coreanum* Nakai were investigated for their use as functional foods. The extract yields of the flower, leaf, and root were 32.15±3.21%, 31.63±0.63%, and 27.48±2.47%, respectively. Total polyphenol and flavonoid content of the flower extract were 61.29±2.11 mg/g and 46.11±1.88 mg/g, respectively, which were much higher than those of any other plant parts. The antioxidant activities of the flower, leaf, and root extracts were 89.99±2.83%, 85.29±2.22%, and 37.88±2.34%, respectively, at a concentration of 1.0 mg/mL. Cell cytotoxicity effects of AGS (human gastric carcinoma), HCT116 (human colon carcinoma), and A549 (human pulmonary carcinoma) cells were the highest in the flower extract, with values of 62.85±4.63%, 69.89±3.44%, and 85.72±4.17%, respectively, at a concentration of 400 mg/kg. Both the antioxidant activities and cytotoxic effects of the ethanol extracts from all the parts of the *T. coreanum* Nakai increased dose-dependently. These results provide preliminary data for the development of *T. coreanum* Nakai as an edible functional food material.

Key words: *Taraxacum coreanum* Nakai, antioxidant activity, anticancer activity, cytotoxicity

서 론

흰 민들레(*Taraxacum coreanum*)는 국화과(Compositae) 다년생 초본인 민들레의 한 품종으로서, 우리나라 각처 낮은 지대의 양지쪽에 자라는 고유의 재래종이다. 민들레는 이른 봄부터 늦가을에 이르기까지 우리나라 전역에 걸쳐 널리 분포하고 있으며, 아시아, 유럽, 미국 등 전세계적으로 약 2,000여 종이 존재하는 것으로 알려져 있다(Kang & Kim 2001). 국내에는 주로 민들레(*Taraxacum mongolicum*), 줄 민들레(*T. hallaisanense*), 산 민들레(*T. ohwianum*), 흰 민들레(*T. coreanum*)를 비롯한 자생 4종과 서양 민들레(*T. officinale*)와 붉은씨 서양 민들레(*T. laevigatum*) 귀화 2종으로 구분하고 있다(Lee CB 1980; Park

SH 1995). 흰 민들레는 토종민들레(*T. mongolicum*)와 비슷하지만 꽃이 흰색인 것이 특징이며, '조선포공영', '백화포공영', '조선민들레' 등으로 불리어지고 있다(Kang & Kim 2001; Im & Lee 2011).

민들레의 고미성분인 taraxin과 다당류의 일종인 inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitosterol, 그리고 caffeic acid, taraxacine 등과 vitamin A, vitamin C, tocopherol, Ca, Fe, K 등이 풍부하다(Williams 등 1996; Kang 등 2000). 특히 민들레 잎에는 비타민 K의 함량이 높아, 저칼륨증을 일으키지 않으면서도 자연적인 이뇨제로서의 작용이 뛰어나며, taraxin과 같은 고미성분들은 소화선을 자극하여 소화를 도우며, 타우린은 간기능을 향상하여 담즙

† Corresponding author: Myoung-Su Park, Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea. Tel: +82-63-469-4640, Fax: +82-63-466-2085, E-mail: ijela1418@nate.com

분비를 촉진시켜 지방의 소화를 증진시킨다고 보고되어 있다(Grieve M 1994; Cho 등 2000). 이러한 다양한 성분으로 인해 예부터 민들레는 뿌리, 잎, 꽃, 꽃줄기 등 식물의 전체를 약용으로 사용하는데, 지상부를 말린 것을 포공영(蒲公英)이라 하여 완하제, 건위제, 강장제 등의 약제로 사용하며, 뿌리 부위를 말린 것을 포공영근(蒲公英根)이라 하여 해열, 이뇨, 거담, 해독제로 사용되고 있다(Kang & Kim 2001). 또한 서양에서도 담즙분비 촉진, 이뇨, 항류마티스, 항염증 효능을 가지는 주요한 허브로 인식되어 왔으며(González-Castejón 등 2012), 건조한 민들레의 잎과 뿌리는 커피 대용품으로 애용되고 있다(Jeong 등 1991). 최근에는 민들레의 약리작용에 대한 연구도 활발하게 이루어져 항위염 효과(Han 등 2005), 항산화 작용(Hu & Kitts 2003), 항알레르기 효과(Ho 등 1998), 항균작용(Kim 등 1998), 항암 활성(Takasaki 등 1999a; Takasaki 등 1999b), 체내 지질대사 개선효과(Cho 등 2000) 등에 관한 연구가 보고되고 있다.

민들레는 생리활성을 나타내는 페놀성 화합물을 많이 함유하고 있으며, 생체 내 여러 병인으로 작용되는 활성산소종(reactive oxygen species: ROS)를 소거 및 차단하는 높은 항산화 효과를 나타내고 있다(Heo & Wang 2008). 또한 현대인이 높은 발병률을 나타내는 결장암 및 위암에 대해 항암효과를 나타내고 있으나(Han 등 2005), 식의약품 소재로서의 이용가치가 낮게 평가되고 있는 실정이다. 최근, 국내 일부에서 생즙으로 섭취하거나, 나물 또는 쌈 채소로 섭취하여 점차 이용이 증가되고 있는 추세이나, 상품화된 가공식품은 미비한 실정이고, 특히 민들레 부위별 함유성분에 따른 다양한 기능성을 활용하지 못하고 있는 실정이다(Kang & Kim 2001).

따라서, 본 연구는 현재 부위별로 다양한 기능성을 갖고 있으며, 생활주변식물로 자리매김하고 있는 국내 재배 흰 민들레를 대상으로 꽃, 잎 및 뿌리 부위별 에탄올 추출물의 성분과 생리활성 및 세포독성을 규명하여 가공식품 및 건강기능식품 소재로의 활용 가능성을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용한 흰 민들레(*T. coreanum* Nakai)는 토종 흰 민들레 농원(경남 함안군 칠원면)에서 유기농으로 재배된 것을 2013년 6월에 채취하여 사용하였다. 이물을 제거하고 꽃, 잎, 뿌리 부분으로 구분하여 깨끗이 수세 후 50°C 열풍건조기(SH-FDO150, Samheung, Sejong, Korea)에서 10시간 동안 건조시켜 실험에 사용하였다.

2. 흰 민들레 추출수율

흰 민들레를 향후 다류 및 건강보조 식품 등의 식품첨가물로 사용하기 위해 건조된 흰 민들레 꽃, 잎, 뿌리 부분을 각각 세절한 후, 각 부위별로 시료 중량 10배의 70% 에탄올을 이용하여 80°C에서 3시간 동안 2회 환류 추출하였다. 각 부위별 에탄올 추출물은 실온에서 방냉한 후 감압여과(Whatman No. 2 paper, Watman, Burlington, UK)한 다음 감압농축기(Rotaryevaporator N-1000, Eyela, Tokyo, Japan)를 사용하여 농축 후 동결건조기(FDS8508, Ilshin Lab, Korea)로 건조시켜 실험 시료로 사용하였다.

3. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Song HN(2013a)의 방법에 따라 측정하였다. 흰 민들레 각 부위별 에탄올 추출물을 1 mg/mL 농도로 조제한 후, 각 시료액 1 mL에 2 N Folin-Denis reagent 1 mL를 가하여 진탕하고, 3분 후 10% Na₂CO₃ 용액 5 mL를 가하였다. 실온에서 1시간 동안 반응시킨 후, 반응액을 UV spectrophotometer(UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto, Japan) 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 화합물의 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 한 검량선으로부터 계산하였다.

4. 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 흰 민들레 각 부위별 에탄올 추출물을 1 mg/mL 농도로 조제한 후, Han 등(2010)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 각 부위별 에탄올 추출물 시료액 1 mL를 4 mL의 3차 증류수와 5% NaNO₂ 0.3 mL를 첨가한 후, 10 mL volumetric flask에서 충분히 섞어 주었다. 5분 후 10% AlCl₃ 0.3 mL를 가한 다음, 6분 후 1 M NaOH 2 mL를 첨가하고, 즉시 3차 증류수 2.4 mL를 더하여 완전히 혼합한 후 실온에서 1분간 반응시킨 다음 UV spectrophotometer(UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto, Japan)를 이용하여 510 nm에서 각 용액의 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 catechin(Sigma Co.)을 표준물질로 하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였다.

5. 전자공여능(DPPH) 활성 측정

흰 민들레 각 부위별 에탄올 추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 DPPH(α, α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 라디칼 소거 효과로 각 부위별 에탄올 추출물 시료의 환원력을 측정하여 나타내었다. 흰 민들레 각 부위별 에탄올 추출물 10 μ L와 100 mM sodium acetate buffer(pH 5.5) 990 μ L를 분주한 시험관에 에탄올 1 mL와 0.5 mM DPPH 용액 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응시켰다. 잔존 radical의 농도는 UV spectrophotometer(UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto,

Japan)를 이용하여 517 nm에서 측정하고, 다음과 같이 산출하였다(Song HN 2013b). 전자공여능 positive control 표준물질로는 ascorbic acid(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 활성을 비교하였다.

$$\text{EDA}(\%) = (1 - As / Ac) \times 100$$

As : Absorbance of sample

Ac : Absorbance of control

6. 세포독성

실험에 사용한 암세포주는 모두 인체기원의 암세포주들로써, American Type Culture Collection(ATCC, Rockville, MD, USA)로부터 구입한 위암 세포주(AGS), 대장암 세포주(HCT116) 및 폐암 세포주(A549)를 각각 사용하였다. 세포주의 배양은 10% FBS(fetal bovine serum)와 peniciline G(25 unit/mL) 및 streptomycin(25 µg/mL)를 첨가한 RPMI 1640배지를 사용하였으며, 37°C, 5% CO₂가 공급되는 배양기 내에서 배양하였다. 암세포주의 증식 억제 정도는 살아 있는 세포의 미토콘드리아 내의 dehydrogenase가 황색 수용성 물질인 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide)에 의해 dark blue formazone을 생성하는 원리를 이용한 Ishiyama 등(1996)의 MTT assay를 이용하여 측정하였다. 종양세포를 3 × 10⁴ cells/mL의 농도가 되도록 조절한 후, 96 well microplate에 각 well당 90 µL씩 분주하고, 이것을 37°C, 5% CO₂ 세포배양기(HEPA, Forma, Germany)에서 12시간 배양하여 세포를 부착시킨 후, 흰 민들레 각 부위별 에탄올 추출물을 50, 100, 200, 400 µg/mL 농도가 되도록 10 µL씩 첨가하였다. 대조군은 시료와 동일한 양의 증류수를 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다. 이것을 72시간 동안 배양시킨 후, 5 mg/mL 농도로 조제한 MTT 용액을 각 well당 10 µL씩 넣고 세포 배양기에서 4시간 동안 더 배양시킨 후, MTT 용액이 있는 배지를 제거하였다. 거기에 DMSO 150 µL를 첨가하여 30분간 교반하여 각 세포를 용해시켜 microplate reader(PR 3100 TSC, BioRad, PA, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 그 값을 아래와 같이 각 세포의 시료 무첨가군을 100%로 하여 상대적 인 암세포증식 세포 생존율을 환산하였다.

암세포증식 세포 생존율(%)

$$= [(\text{대조구의 흡광도} - \text{시료처리구의 흡광도}) / \text{대조구의 흡광도}] \times 100$$

7. 통계처리

본 실험은 각 부위별로 독립적으로 3회 이상 반복 시행하였다. 실험에서 얻어진 결과는 평균±표준편차로 나타내었고,

SPSS(Version 21.0, SPSS, Chicago, IL, USA) program을 이용하여 일원배치 분산분석을 실시한 후, Duncan's multiple range test에 의해 평균치간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 추출수율

흰 민들레 부위별 에탄올 추출물에 의한 추출수율은 꽃 32.15±3.21%, 잎 31.63±0.63%, 뿌리 27.48±2.47%의 순으로 나타났다(Table 1). Han 등(2011)은 서양 민들레(*T. officinale*) 부위별 에탄올 추출물의 추출수율 결과, 잎(24.66%)보다는 뿌리(29.73%)의 수율이 높다고 하였으나, 본 연구에서는 뿌리보다는 잎에서의 수율이 더 높게 나타났다. 또한, Lee 등(2009)이 산채의 일종인 우산나물의 부위별 에탄올 추출물의 추출수율이 지상부(18.64%)보다 뿌리(21.29%)가 높다고 보고한 결과와도 상반되는 결과로 나타났다. 본 연구에서의 흰 민들레 부위별 추출수율은 토종민들레(*T. mongolicum* H) 메탄올 추출물에서 지상부와 뿌리의 추출수율이 각각 8.54%, 8.45%라고 보고한 Heo & Wang(2008)의 결과보다는 높은 것으로 나타났다. 이러한 추출수율의 차이는 민들레 재배지 환경(기후, 토양 성질 등)과 함께 민들레 품종, 수확시기 및 추출조건(추출용매, 추출시간, 온도 등)에 따라 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

2. 총 폴리페놀 함량

흰 민들레 부위별 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 꽃 61.29±2.11 mg/g, 잎 43.52±2.34 mg/g, 뿌리 11.36±1.87 mg/g의 순으로 나타났다(Fig. 1). 이는 Heo & Wang(2008), Han 등(2011), Kim 등(2008)이 보고한 민들레 부위별 메탄올 추출물에서 뿌리보다는 잎의 총 폴리페놀 함량이 높다고 보고한 결과와 유사하였다. 본 연구에서의 흰 민들레 꽃 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 61.29±2.11 mg/g으로 잎과 뿌리 부위 추출물보다 유의하게 높은 것으로 나타났으나, 이는 Han 등(2011)이 보고한 서양 민들레(*T. officinale*) 꽃 에탄올 추출물 71.91 mg/g보다는 낮은 함량을 나타내었다. 그러나, 약용식물 중 꽃 부위를 약용으로 사용하는 진달래 꽃 에탄올 추출물 30.6 mg/g(Cho 등 2008), 갈화 6.46 mg/g, 감국 2.48 mg/g, 정향

Table 1. Extraction yield of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum coreanum* Nakai (Yield %)

Flower	Leaf	Root
32.15±3.21 ^a	31.63±0.63 ^b	27.48±2.47 ^c

Data are expressed as mean±S.D. of triplicate experiments. Values with different superscripts in the same row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

10.31 mg/g 꽃 메탄올 추출물보다는 높은 함량을 나타내었다 (Moon 등 2004). 흰 민들레 잎 추출물에서의 총 폴리페놀 함량은 43.52 mg/g으로 서양 민들레(*T. officinale*) 잎 에탄올 추출물에서의 함량 43.69 mg/g(Han 등 2011)과는 유사하였고, 포공영 에탄올 추출물 79.43 mg/g(Lim 등 2008)과 토종 민들레(*T. mongolicum* H) 지상부 메탄올 추출물 51.95 mg/g(Heo & Wang 2008)보다는 낮은 함량을 나타내었으나, 우산나물 지상부 에탄올 추출물에서의 총 폴리페놀 함량 33.5 mg/g(Lee 등 2009)보다는 많은 양의 폴리페놀을 함유하는 것으로 나타났다. 흰 민들레 뿌리 에탄올 추출물에서의 총 폴리페놀 함량은 11.36 mg/g으로 이는 약용식물 중 뿌리를 약용으로 섭취하는 갈근(5.5 mg/g), 감초(4.69 mg/g), 당귀(0.52 mg/g)(Moon 등 2004) 뿌리 메탄올 추출물보다 많은 폴리페놀을 함유하는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량의 차이는 민들레 재배지 환경(기후, 토양 성질 등)과 함께 민들레 품종, 수확시기 및 추출조건(추출용매, 추출시간, 온도 등)에 따라 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

폴리페놀은 녹색식물이 광합성 작용을 할 때 생성된 당분의 일부가 변화한 2차 대사 산물의 하나로서, 분자내 phenolic hydroxyl기가 효소단백질과 같은 거대 분자들과 결합하는 성질 때문에 페놀의 함량이 증가할수록 항돌연변이, 콜레스테롤 저하작용, 항산화 활성 및 항암 작용 등의 다양한 기능이 증가되는 천연생리활성 물질로 국화, 기장, 보리, 과일, 채소 등에 풍부하다(Ferreres 등 2009). 따라서, 식물체에서의 총 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화 활성이 높다는 연구 결과(Kim 등 2004)에 의해, 본 연구에 사용된 흰 민들레는 꽃, 잎, 뿌리 부위에서 항산화 효능을 나타내는 폴리페놀을 다량 함유하고 있어 천연 항산화제로 이용가치가 높다고 생각되며, 이를 이용한 다류 및 건강 보조식품의 재료로서 활용 가치가 높을 것으로 생각된다.

3. 총 플라보노이드 함량

본 연구에서 사용된 흰 민들레 부위별 총 플라보노이드 함량은 꽃 46.11±1.88 mg/g, 잎 24.89±1.20 mg/g, 뿌리 6.31±1.22 mg/g의 순으로 뿌리 추출물의 함량이 가장 낮은 함량을 나타내었으며(Fig. 1), 토종 민들레(*T. mongolicum* H) 열수 추출물의 플라보노이드 함량이 지상부보다 뿌리가 낮다고 보고한 Heo & Wang(2008)의 결과와 유사하였다. 흰 민들레꽃 에탄올 추출물에서의 총 플라보노이드 함량은 46.11 mg/g으로, 이는 Han 등(2011)이 보고한 서양 민들레(*T. officinale*)꽃 에탄올 추출물 38.50 mg/g보다 높은 함량을 나타내었다. 흰 민들레 잎 에탄올 추출물에서의 총 플라보노이드 함량은 24.89 mg/g으로 Lim 등(2008)이 보고한 포공영 잎 에탄올 추출물 9.12 mg/g, Heo & Wang(2008)이 보고한 토종 민들레(*T. mongolicum*

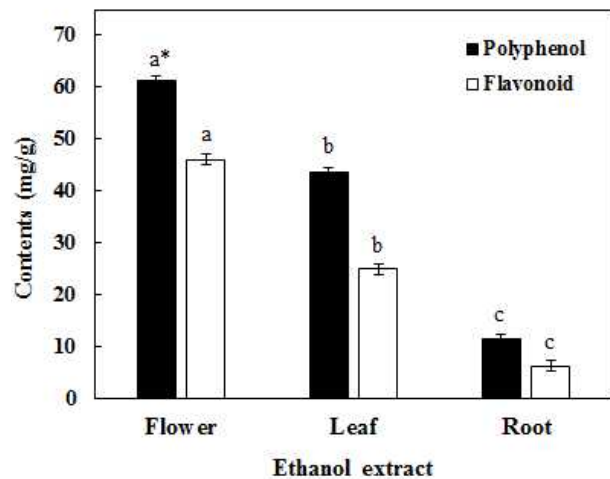


Fig. 1. Contents of total polyphenols and total flavonoids of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum coreanum* Nakai. *All values are mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

H) 지상부 메탄올 추출물 20.57 mg/g보다 높은 함량을 나타내었으나, Han 등(2011)이 보고한 서양 민들레(*T. officinale*) 잎 에탄올 추출물 41.66 mg/g보다는 현저히 낮은 함량을 나타내었다. 흰 민들레 뿌리 에탄올 추출물에서의 총 플라보노이드 함량은 6.31 mg/g으로 서양 민들레(*T. officinale*) 뿌리 에탄올 추출물 5.87 mg/g(Han 등 2011), 토종 민들레(*T. mongolicum* H) 뿌리 메탄올 추출물 0.54 mg/g(Heo & Wang 2008)보다는 높은 함량을 나타내었다. 이와 같이, 총 플라보노이드의 함량의 차이는 민들레 재배지 환경(기후, 토양 성질 등)과 함께 민들레 품종, 수확시기 및 추출조건(추출용매, 추출시간, 온도 등)에 따라 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

플라보노이드는 식물에 널리 존재하는 노란색 계열의 색소를 나타내는 약 4,000여 개의 화합물로, 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역증강 작용, 모세혈관 강화 작용 등이 보고(Kawaguchi 등 1997)된 바 있어, 향후 건강 기능성 식품 재료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 전자공여능(DPPH) 활성

본 연구에서 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물의 전자공여능은 매우 농도 의존적으로 나타났으며, 꽃, 잎, 뿌리 에탄올 추출물 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 89.99±2.83%, 85.29±2.22%, 37.88±2.34%로 꽃 에탄올 추출물이 가장 높은 전자공여능 활성을 나타냈다(Fig. 2). 또한, 꽃과 잎 부위 에탄올 추출물에서는 각각 0.4 mg/mL, 0.8 mg/mL의 농도에서 80% 이상의 전자

공여능 효과가 나타났으나, 뿌리 부위에서는 1.0 mg/mL의 농도에서도 40% 미만의 전자공여능 효과를 나타내었다(Fig. 2). 이는 흰 민들레 꽃, 잎 부위 추출물에 특히 많이 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 관계가 있을 것으로 생각된다. 흰 민들레 잎 추출물은 0.6 mg/mL 농도에서 $75.89 \pm 2.47\%$, 0.8 mg/mL 이상의 농도에서는 80% 이상의 전자공여능 효과가 나타났는데, 이는 포공영 에탄올 추출물의 경우 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서는 활성이 거의 없고, 5,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 고농도에서 71.75%의 전자공여능을 보였다고 보고한 Lim 등(2008)의 결과와, Kim 등(2008)이 보고한 서양 민들레(*T. officinale*) 잎 메탄올 추출물에서의 전자공여능 44.6%보다는 현저히 높았다. 또한 0.1~1.0 mg/mL의 농도에서 구릿대 잎 에탄올 추출물(55.61~76.02%) (Lee YS 2007)과 쑥 에탄올 추출물(34~69%)(Park 등 2002)의 전자공여능 효과보다는 우수한 것으로 나타났으나, 약용식물 중 녹차 94.07%, 목단 92.61% 메탄올 추출물 전자공여능 결과(Lim 등 2008)보다는 다소 낮은 전자공여능 효과를 나타내었다. 흰 민들레 뿌리 추출물은 0.1~1.0 mg/mL의 농도에서 $11.37 \pm 2.08 \sim 37.88 \pm 2.34\%$ 로 서양 민들레(*T. officinale*) 뿌리 메탄올 추출물의 32.76%(Kim 등 2008)보다 약간 높았으며, Moon 등(2004)이 보고한 뿌리류 약용식물인 당귀(13.71%), 갈근(18.38%), 백지(11.49%)의 메탄올 추출물에서의 전자공여능 효과보다 본 연구에서의 흰 민들레 뿌리 추출물이 상용되는 뿌리류 약용식물보다 우수한 전자공여능이 있는 것으로 나타났다. 전자공여능 활성의 차이 또한 민들레 재배지 환경(기후, 토양 성질 등)과 함께 민들레 품종, 수확시기 및 추출조건(추출용매, 추출시간, 온도 등)에 따라 차이가 나타나는 것

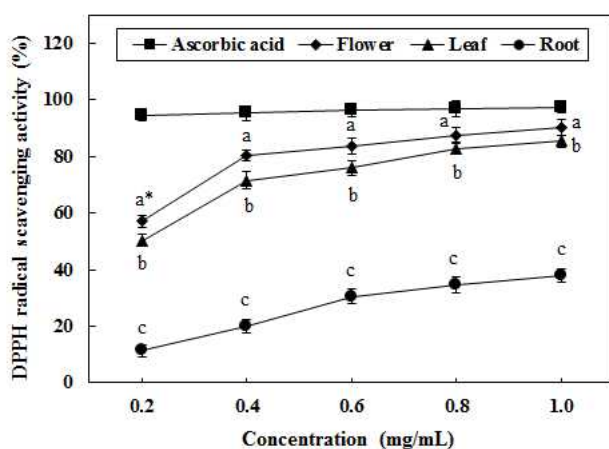


Fig. 2. Electron donating ability (EDA) determined by DPPH radical scavenging effect of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum coreanum* Nakai. *All values are mean \pm S.D. of triplicate determinations. Means with the different letters (a-c) above the point in the same concentration are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

으로 생각된다.

전자공여능(DPPH)은 짙은 자색을 띠며, 분자 내의 radical 이 free radical 형태로서 ascorbic acid, BHA, 토코페롤, poly-hydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용된다고 보고되어 있다(Blois MS 1958). Kang 등(1996)은 페놀성 화합물의 일종인 caffeic acid, ferulic acid, *p*-coumaric acid 등과 플라보노이드성 화합물의 일종인 catechin, quercetin 그리고 catechol, chlorogenic acid를 포함한 기타 페놀성 물질이 전자공여능에 관여하는 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서 흰 민들레 추출물의 우수한 전자공여능은 꽃과 잎에 함유된 caffeic acid, quercetin, coumarin 등과 뿌리의 caffeic acid, chlorogenic acid 등 다량 함유된 페놀성 화합물 및 플라보노이드성 화합물(Williams 등 1996; Budzianowski J 1997; Katrin 등 2006)과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되며, 민들레 각 부위별 에탄올 추출물은 천연 항산화제로서 이용 가치가 높을 것으로 기대된다.

5. 세포독성

국가암정보센터 주요 암 사망율에 따르면, 2013년 우리나라에서 사망률이 가장 높은 암종은 폐암(17,177명/22.8%), 간암(11,405명/15.1%), 위암(9,180명/12.2%), 대장암(8,270명/11.0%)의 순으로 보고(NCIC 2015)되었다. 이에, 기존의 암 치료 방법과는 다른 효과적인 천연 항암 소재로의 개발을 위하여 우리나라에서 사망률이 높은 폐암, 위암 및 대장암 세포주를 구입하여 항암 활성을 측정하였다. 위암 세포주(AGS), 폐암 세포주(A-549) 및 대장암 세포주(HCT-116)에 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물을 처리하여 암 세포에 대한 세포독성능을 확인한 결과, 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물 첨가 시 모두 농도 의존적으로 세포독성이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 특히, 에탄올 추출물 400 mg/kg에서 흰 민들레 부위별 위암 세포주(AGS)에 대한 세포독성 효과는 꽃 에탄올 추출물이 $62.85 \pm 4.63\%$ 로 가장 높았고, 그 다음으로 잎($47.83 \pm 4.22\%$), 뿌리($4.73 \pm 0.89\%$)의 순으로 나타났다(Fig. 3A). 대장암 세포주(HCT-116)에 대한 세포독성 효과에서도 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물 400 mg/kg에서 꽃 에탄올 추출물이 $69.89 \pm 3.44\%$ 로 가장 높았고, 그 다음으로 잎($54.14 \pm 2.82\%$), 뿌리($9.42 \pm 1.11\%$)의 순으로 나타났다(Fig. 3B). 최근 소화기계 위장관암의 한 종류인 인간 유래 위암세포(AGS)를 포함한 많은 종양 세포가 정상세포에 영향을 주지 않으면서 암세포와 같은 형질변형 세포의 apoptosis를 유도하는 TNF-related apoptosis-inducing ligand(TRAIL)에 대한 저항성을 획득하고 있는 것으로 보고(Lee 등 2008; Jeong 등 2009)되었다. 본 연구결과, 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물들은 기존의 암 치료 방법과는 다른 효

과적인 암세포 생육 저해활성을 보여 새로운 항암 소재로서의 역할을 할 수 있을 것이라 생각된다. 또한, 폐암 세포주 (A-549)에 대한 세포독성 효과는 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물 400 mg/kg에서 꽃 에탄올 추출물이 85.72±4.17%로 가장 높았고, 그 다음으로 잎(71.79±2.98%), 뿌리(19.10±2.04%)의 순

으로 나타났다(Fig. 3C). 흰 민들레 부위별 위암 세포주(AGS) 및 대장암 세포주(HCT-116)에 대한 세포독성 효과는 폐암 세포주(A-549)보다 상대적으로 더 낮은 세포독성을 나타내었으나, 부위별 차이는 폐암 세포주(A-549)의 결과와 유사한 경향이였다. 이는 Chon 등(2012)이 보고한 서양 민들레(*T. officinale*) 부위별 메탄올 추출물에 의한 위암 세포주 및 폐암 세포주의 생존율과 유사한 결과를 나타내었다. 다른 연구에서도 서양 민들레의 열수 추출물을 이용하여 항종양 효과(Baba 등 1981; Kotobuki 등 1965)를 구명하였으며, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 일반적인 항암활성을 보고하였고, 특히 Kim DH(1995)은 Sarcoma 180 고형암에 대해서도 강력한 항암 활성을 지닌다고 보고하였다. 또한, 다른 국화과 식물들의 보고에 의하면 Lee 등(1999)은 국화과인 에키네시아 꽃봉오리, 잎줄기 및 뿌리의 메탄올 추출물이 간암, 폐암, 인간 유래 백혈암 및 마우스 백혈암 등 4종의 암세포주에 대하여 강한 억제 활성을 나타내었다고 보고하였다.

본 연구에서 국내 재배 흰 민들레 부위별 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 항산화 활성 및 세포독성 효과를 비교한 결과, 흰 민들레 꽃 부위에 가장 높은 함량의 폴리페놀과 플라보노이드가 함유되어 있었고, 이는 높은 항산화성과 세포독성 효과와 연관성이 있음을 확인할 수 있었다. 이상과 같은 결과는, 향후 국내 재배 중인 흰 민들레 재배면적 확대뿐만 아니라, 기능성 식의약품 소재로서의 이용에 있어 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 흰 민들레의 기능성 식의약품 소재로서의 활용 가능성을 탐색하기 위하여, 흰 민들레 꽃, 잎, 뿌리의 부위별 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 항산화 활성 및 암세포에 대한 세포독성 효과를 분석하였다. 흰 민들레 부위별 에탄올 추출조건에 따른 추출수율은 꽃, 잎, 뿌리가 각각 32.15±3.21%, 31.63±0.63%, 27.48±2.47%로서, 꽃 > 잎 > 뿌리의 순으로 나타났다. 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물에서의 총 폴리페놀 함량은 꽃 추출물에서 61.29±2.11 mg/g으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 잎(43.52±2.34 mg/g), 뿌리(11.36±1.87 mg/g) 순으로 나타났다. 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물에서의 총 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량과 같은 경향으로 꽃 (46.11±1.88 mg/g), 잎(24.89±1.20 mg/g), 뿌리(6.31±1.22 mg/g)의 순으로 각각 나타났다. DPPH 라디칼 소거활성으로 분석한 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물의 전자공여능은 추출물 농도 의존적으로 나타났으며, 꽃, 잎 및 뿌리 에탄올 추출물 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 89.99±2.83%, 85.29±2.22%, 37.88±2.34%로 꽃 에탄올 추출물이 가장 높게 나타났다. 이러한 결

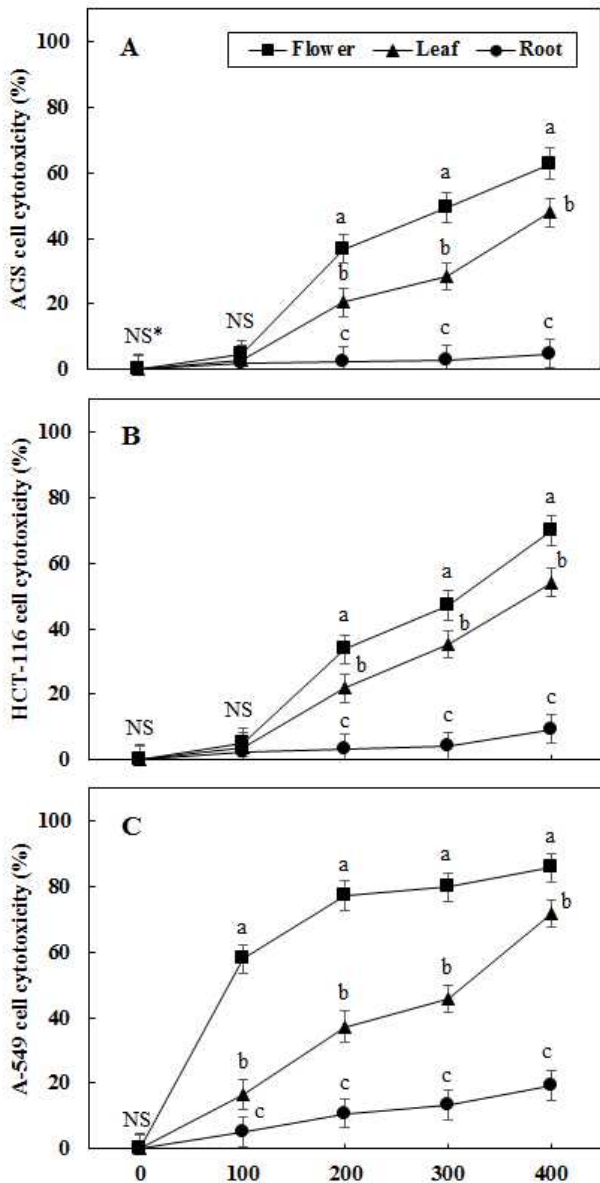


Fig. 3. Cytotoxic effect for gastric cancer cell line (AGS) (A), colon cancer cell line (HCT-116) (B), and lung cell line (A-549) (C) after treatment with 100, 200, 300, and 400 mg/kg *Taraxacum coreanum* Nakai different parts ethanol extracts of for 24 hr using MTT assay. *Values are mean±S.D. (n=3). NS: not significant. Means with the different letters (a~c) above the point in the same concentration are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05).

과는 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 DPPH 라디칼 소거능과 관련이 있음을 보여주었다. MTT법에 의한 흰 민들레 부위별 에탄올 추출물 400 mg/kg 첨가시 위암 세포주(AGS), 폐암 세포주(A-549) 및 대장암 세포주(HCT-116)에 대한 세포독성 효과를 확인한 결과, 위암 세포주(AGS)에서 꽃(62.85±4.63%), 잎(47.83±4.22%), 뿌리(4.73±0.89%)의 순으로, 대장암 세포주(HCT-116)에서 꽃(69.89±3.44%), 잎(54.14±2.82%), 뿌리(9.42±1.11%)의 순으로, 폐암 세포주(A-549)에서 꽃(85.72±4.17%), 잎(71.79±2.98%), 뿌리(19.10±2.04%)의 순으로 모든 암 세포주들에 대하여 꽃 부위 에탄올 추출물이 가장 높았으며, 뿌리에서 가장 낮은 것으로 나타났고, 모두 농도 의존적으로 항암활성이 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과, 국내에서 재배되고 있는 흰 민들레는 항후 기능성 식의약품 소재로서의 이용에 있어 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(과제번호: 2014R1A6A3A01006787)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Baba K, Abe S, Mizuno D. 1981. Antitumor activity of hot water extract of dandelion, *Taraxacum officinale* correlation between antitumor activity and timing of administration. *Yakugaku Zasshi* 101:538-543
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Budzianowski J. 1997. Coumarins, caffeoyltartaric acids and their artifactual methyl esters from *Taraxacum officinale* leaves. *Planta Med* 63:288-289
- Cho SY, Park YJ, Oh YJ, Jang JY, Park EM, Kim MJ, Kim KS. 2000. Effect of dandelion leaf extracts on lipids metabolism in rats high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:676-682
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ. 2008. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:276-281
- Chon SU, Bae CH, Lee SC. 2012. Antioxidant and cytotoxic potentials of methanol extracts from *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. at different plant parts. *Korean J Plant Res* 25: 232-239
- Ferreres F, Gomes D, Valentano P, Goncalves R, Pio R, Chagas EA, Seabra RM, Andrade PB. 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl) cultivars: variation of phenolics and anti-oxidative potential. *Food Chem* 114:1019-1027
- González-Castejón M, Visioli F, Rodriguez-Casado A. 2012. Diverse biological activities of dandelion. *Nutr Rev* 70:534-547
- Grieve M. 1994. A modern herbal. Dorset Press, New York, NY, USA. pp.249-255
- Han EK, Jung EJ, Lee JY, Jin YX, Chung CK. 2011. Antioxidative activity of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:56-62
- Han EK, Lee JY, Jung EJ, Jin YX, Chung CK. 2010. Antioxidative activities of water extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1580-1586
- Han SH, Hwang JK, Park SN, Lee KH, Ko KI, Kim KS, Kim KH. 2005. Potential effect of solvent fractions of *Taraxacum mongolicum* H. on protection of gastric mucosa. *Korean J Food Sci Technol* 37:84-89
- Heo SI, Wang MH. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H. *Korean J Pharmacogn* 39:255-259
- Ho C, Choi EJ, Yoo GS, Kim KM, Ryu SY. 1998. Desacetyl-matricarin, an anti-allergic component from *Taraxacum platycarpum*. *Planta Med* 64:577-578
- Hu C, Kitts DD. 2003. Antioxidant, prooxidant, and cytotoxic activities of solvent-fractionated dandelion (*Taraxacum officinale*) flower extracts *in vitro*. *J Agric Food Chem* 51:301-310
- Im DY, Lee KI. 2011. Antioxidative and antibacterial activity and tyrosinase inhibitory activity of extract and fractions from *Taraxacum coreanum* Nakai. *Korean J Medicinal Crop Sci* 19:238-245
- Ishiyama M, Tominaga H, Shiga M, Sasamoto K, Ohkura Y, Ueno KA. 1996. Combined assay of cell viability and *in vitro* cytotoxicity with a highly water-soluble tetrazoliumsalt, neutral red and ceystal violet. *Biol Pharm Bull* 19:1518-1520
- Jeong JY, Chung YB, Lee CC, Park SW, Lee CK. 1991. Studies on immunopotentiating activities of antitumor polysaccharide from aerial parts of *Taraxacum platycarpum*. *Arch Pharm Res* 14:68-72

- Jeong MH, Kim SS, Ha JH, Jin L, Lee HJ, Kang HY, Park SJ, Lee HY. 2009. Enhancement of anticancer activity of acer mono by high pressure extraction process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1243-1252
- Kang MJ, Kim KS. 2001. Current trends of research and biological activities of dandelion. *Food Industry Nutr* 6:60-67
- Kang MJ, Seo YH, Kim JB, Shin SR, Kim KS. 2000. The chemical composition of *Taraxacum officinale* consumed in Korea. *Korean J Soc Food Sci* 16:182-187
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrate scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28:232-239
- Katrin S, Carle R, Schieber A. 2006. Taraxacum-a review on its phytochemical and pharmacological profile. *J Ethnopharmacol* 107:313-323
- Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and *Pseudomonas*. *Biosci Biotechnol Biochem* 61:102-104
- Kim DH. 1995. Antitumor activity of fractions of *Taraxaci herba* synergistic effect with anticancer drugs. MS Dissertation, Daejeon University, Korea
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36:333-338
- Kim KH, Chun HJ, Han YS. 1998. Screening of antimicrobial activity of the dandelion (*Taraxacum platycarum*) extract. *Korean J Soc Food Sci* 24:114-118
- Kim YC, Rho JH, Kim KT, Cho CW, Rhee YK, Choi UK. 2008. Phenolic acid contents and ROS scavenging activity of dandelion (*Taraxacum officinale*). *Korean J Food Preserv* 15:325-331
- Kotobuki H, Akira A, Itaru Y, Shigehiko N, Zen-ichi H, Ichiya N. 1965. Antitumor activity of 4(or 5)-aminoimidazole-5(or 4)-carboxamide derivatives. *GANN Jpn J Cancer Res* 56: 417-420
- Lee CB. 1980. Plant flora of Korea. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. pp. 783-784.
- Lee JJ, Shin DH, Park SE, Kim WI, Park DI, Choi YH, Hong SH. 2008. Euphorbiae humifusae sensitizes apoptosis of TRAIL-resistant human gastric adenocarcinoma AGS. *J Life Sci* 18:120-128
- Lee SJ, Chung HY, Lee IK, Yoo ID. 1999. Isolation and identification of flavonoids from ethanol extracts of *Artemisia vulgaris* and their antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol* 31:815-822
- Lee YS, Ahn DS, Joo EY, Kim NW. 2009. Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1471-1477
- Lee YS. 2007. Antioxidative activity and physiological function of the *Angelica dahurica* leaves. *Korean J Food Preserv* 14:78-86
- Lim AK, Kim JO, Jung MJ, Jung HK, Hong JH, Kim DI. 2008. Functional biological activity of hot water and ethanol extracts from *Taraxaci herba*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1231-1237
- Moon JS, Kim SJ, Park YM, Hwang IS, Kim EY, Park JW, Park IB, Kim SW, Kang WG, Park YK, Jung ST. 2004. Antimicrobial effect of methanol extracts from some medicinal herbs and content of phenolic compounds. *Korean J Food Preserv* 11:207-213
- National Cancer Information Center. 2015. The statistics of cancer mortality. Available from <http://www.cancer.go.kr> [cited 2015 March 30]
- Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS, Choi KH. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activities of mugwort and pine needle extracts. *Korean J Food Preserv* 9:248-252
- Park SH. 1995. Naturalized plant flora in Korea. Iljogak. Seoul, Korea. pp.346-349
- Song HN. 2013a. Quality properties of fermented mugworts and the rapid pattern analysis of their volatile flavor components via surface acoustic wave (SAW) based electronic nose sensor in the GC system. *Korean J Food Preserv* 20:554-563
- Song HN. 2013b. Quality analysis for recycle of the drained soybean boiling water discarded in the mass production of fermented soy foods. *Korean J Food Cookery Sci* 29:525-531
- Takasaki M, Konoshima T, Tokuda H, Masuda K, Arai Y, Shiojima K, Ageta H. 1999a. Anti-carcinogenic activity of *Taraxacum* plant. *Biol Pharm Bull(I)* 22:602-605
- Takasaki M, Konoshima T, Tokuda H, Masuda K, Arai Y, Shiojima K, Ageta H. 1999b. Anti-carcinogenic activity of *Taraxacum* plant. *Biol Pharm Bull(II)* 22:606-610
- Williams CA, Goldstone F, Greenham J. 1996. Flavonoids, cinnamic acids and coumarins from the different tissues and medicinal preparations of *Taraxacum officinale*. *Phytochem* 42:121-127

Received 17 April, 2015

Revised 29 July, 2015

Accepted 11 August, 2015