

## 자생 양치식물 지상부와 근경 메탄올 추출물의 항산화 효과

신소림, 이철희\*

충북대학교 응용생명환경학부 원예과학과

**Antioxidant Effects of the Methanol Extracts Obtained from Aerial Part and Rhizomes of Ferns Native to Korea**

So Lim Shin and Cheol Hee Lee\*

Dept. of Horticultural Science, Chungbuk Nat'l Univ., Cheongju 361-763, Korea

**Abstract** - Phenolic compound contents and scavenging activity on DPPH and ABTS radicals in twelve fern species were studied by analysing ultrasonification extraction of dried aerial parts and rhizomes using methanol solvent. Total polyphenol content ranged from 2.97 to 140.1 mg per 1 g dried sample and 0.80 to 49.58 mg·g<sup>-1</sup> fresh sample. Highest polyphenol content was obtained with aerial part of *Davallia mariesii* and *Polystichum lepidocaulon*. Total flavonoid content of dried sample was 2.56~34.91 mg·g<sup>-1</sup> and fresh sample 0.71~11.49 mg·g<sup>-1</sup>. Higher flavonoids were obtained with dried aerial part of *Dryopteris crassirhizoma*, but with fresh aerial part of *P. lepidocaulon*. In general, total polyphenol content was higher in rhizomes, except in case of total flavonoid. Scavenging effects on DPPH and ABTS radicals was higher with rhizome extracts compared to aerial parts. The rhizome of *Polystichum polyblepharum* showed highest effects on both radicals. However, the amount of fresh sample for RC<sub>50</sub> with consideration of water content and extraction yield. *P. lepidocaulon* aerial part was more advantageous than *P. polyblepharum* rhizome. All the fern extracts except for the *Coniogramme japonica* extract demonstrated superior scavenging effects on ABTS radicals, being similar activity of ascorbic acid and BHT.

**Key words** - ABTS radical, DPPH radical, polyphenol, flavonoid, sonication, ultrasonic wave

## 서 언

양치식물은 지구상에서 가장 오래된 식물이며(KFS, 2005), 오랫동안 환경 변화에 적응해오면서 외부 스트레스에 저항하기 위한 2차 대사산물을 다량 축적해왔을 것으로 예상된다. 다수의 양치식물이 예로부터 약용식물로 사용되어 왔는데, 국내 자생하는 350여종의 양치식물(KFS, 2005) 중 236종 14변종 1아종 251분류군을 대상으로 문헌에 기록된 이용도를 분석한 결과, 52.99%에 해당하는 130종 2변종 1아종이 약용소재로 사용되고 있다(Nam과 Lee, 2005).

식물에 의해 생산되는 천연유기화합물은 체내 산화로 인한 노화 및 다양한 질병을 예방하는 효과가 있다(Jeong 등, 2007). 최근 민간에서 사용하던 약용식물의 약리효과가 대부분 식물이 생산하는 2차대사산물에 의한 항산화 효

과에 의한 것이 밝혀지면서(Shi 등, 2009), 민간 약용식물의 항산화효과에 관한 연구가 왕성하게 진행되고 있다. 본 연구에 사용된 공작고사리의 지상부는 철사칠(鐵絲七)이라 하며, 코감기와 만성기관지염 치료, 간보호 및 수렴효과가 있다(Ahn, 2003; Lim, 1999). 가지고비고사리의 전초는 산혈련(散血蓮)이라 하며, 거풍제습(祛風除濕), 청열해독(淸熱解毒), 활혈지통(活血止痛)에 사용한다(Ahn, 2003). 넝쿨고사리의 근경은 골쇄보(骨碎補)라 하며, 골절유합, 골다공증, 진통진정, 고지혈증 등에 효과가 있다(Ahn, 2003). 쇠고비의 지하부는 혼계두(昏鷄頭)라 하며, 지혈, 살충, 청열해독, 양혈식풍(涼血熄風), 산어지혈(散瘀止血)의 효과가 있다(Ahn, 2003). 관중의 근경은 한방에서 면마(綿馬)라 부르며, 살충(殺蟲), 청열해독, 지혈(止血) 효과(Ahn, 2003) 및 감기와 유행성뇌척수막염 예방 효과가 있다(Lim, 1999). 나도히초미의 지하부는 대엽

\*교신저자(E-mail) : leech@chungbuk.ac.kr

금계미과초(大葉金鷄尾巴草)라 하며, 내열복통(內熱腹痛)에 효과적이다(Ahn, 2003). 봉의꼬리의 지상부는 봉미초(鳳尾草)라 하며, 지사(止瀉), 지혈, 항염효과가 있다(Lim, 1999).

지금까지 다양한 식물을 대상으로 항산화활성이 분석되어 왔으나, 대부분 식물의 생산성은 고려하지 않고 인체 안전성과 항산화효과 등을 중심으로 연구되었다. 식물은 종과 부위에 따라 생육 속도와 크기 등 생산량이 달라지며, 수분함량 및 추출물의 추출효율이 각기 다르다(Woo 등, 2008). 또한 재배효율이 각기 달라 비료, 제초제, 농약을 많이 필요로 하는 식물이 있는 반면 소량의 비료와 농약으로도 재배 가능하거나 비료와 농약이 필요 없는 식물도 있다. 따라서 식물을 대상으로 천연 항산화제를 개발하고자 할 때에는 안전성과 항산화효과 뿐 아니라 식물의 생산성과 재배 효율을 고려하여 산업화시키기 적합한 종을 선발할 필요가

있다.

본 연구는 국내 자생하는 약용 양치식물과 이들과 형태적으로 유사하거나 유전적으로 유연관계가 가까운 양치식물의 지상부와 근경 메탄올 추출물의 항산화 물질 함량 및 radical 소거능을 분석하고 각 식물의 수분함량, 추출 효율 등을 고려하여 항산화제 개발에 소요되는 식물의 biomass를 산출하여 경제성을 고려한 천연 항산화제 소재를 선발하고자 시행하였다.

## 재료 및 방법

### 식물 재료

본 연구에 사용된 12종의 양치식물은 Table 1과 같다. 자생지에서 수집한 양치식물은 충북 청주시에 소재한 무가온 온실에 식재하여 재배하였으며, 한국양치식물도감(KFS, 2005)

Table 1. List of plants used in this study

Scientific name	Family	Korean name	Collection site	Part	Harvest date
<i>Adiantum pedatum</i>	공작고사리과	공작고사리	Seorak Mt., Korea	Aerial part	Jan. 05, 2008
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Coniogramme japonica</i>		가지고비고사리	Jeju, Korea	Aerial part	July 31, 2007
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Davallia mariesii</i>	넉줄고사리과	넉줄고사리	Jeju, Korea	Aerial part	Jan. 10, 2008
				Rhizome	Jan. 10, 2008
<i>Cyrtomium fortunei</i>	면마과	쇠고비	Wando, Korea	Aerial part	Oct. 14, 2007
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>		관중	Jeju, Korea	Aerial part	Oct. 14, 2007
				Rhizome	Jan. 19, 2008
<i>Dryopteris nipponensis</i>		참지네고사리	Jeju, Korea	Aerial part	Jan. 05, 2008
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Polystichum lepidocaulon</i>		더부살이고사리	Jeju, Korea	Aerial part	Jan. 05, 2008
				Rhizome	Jan. 19, 2008
<i>Polystichum polyblepharum</i>		나도히초미	Jeju, Korea	Aerial part	Jan. 19, 2008
				Rhizome	Jan. 19, 2008
<i>Pteris cretica</i>	봉의꼬리과	큰봉의꼬리	Jeju, Korea	Aerial part	July 31, 2007
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Pteris cretica 'Wilsonii'</i>		사자앞봉의꼬리	Miwon, Korea	Aerial part	Oct. 14, 2007
				Rhizome	Jan. 19, 2008
<i>Pteris multifida</i>		봉의꼬리	Jeju, Korea	Aerial part	Oct. 14, 2007
				Rhizome	Jan. 05, 2008
<i>Pteris nipponica</i>		알록큰봉의꼬리	Jeju, Korea	Aerial part	Jan. 05, 2008
				Rhizome	Jan. 05, 2008

을 참고하여 분류하였다. 지상부는 성숙한 엽을 골라 채집 하였으며, 근경은 채집 후 절단하여 내부가 녹색인 것을 골라 실험에 사용하였다. 채집한 시료는 세척한 다음 동결건조기(FD8512, IIShin Lab. Co. Ltd., Korea)로 건조하여 분쇄기(FM-681C, Hanil Electric., Korea)로 분쇄하였다.

**추출 방법**

초음파추출은 30×24×14.5 cm 크기의 ultrasonic cleaner (5510-DTH, Branson, USA)를 이용하여 시행하였다. 초음파 수조 크기의 아크릴판에 유리병 뚜껑을 부착하여 유리판이 초음파 수조의 하단에 직접 닿지 않도록 하였다. 건조시료와 메탄올을 유리병에 넣어 혼합한 후 아크릴판에 부착하였으며 초음파수조 내부에 물을 9 cm 높이로 채운 후 30분 동안 추출하였다. 추출 당시 초음파 수조 내 수온은 20 ± 2°C였으며, 30분 동안의 초음파추출을 통하여 내부의 온도가 1.5 ± 0.5°C 상승하였다. 각각의 추출액은 여과지(Advantec No. 2, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan)를 사용하여 vacuum pump(GAST)로 감압여과 하였다. 여과된 추출물은 질소 충전하여 -70°C (SW-UF-200, Samwon Engineering Co., Korea)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

**항산화 물질 함량 및 항산화 활성**

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법으로 측정하였다 (Velioglu 등, 1998). 추출물 0.1 mL와 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 mL을 혼합하고 3분 후에 1 N Folin & Ciocalteu 's phenol reagent(F9252, Sigma, USA) 100 µL를 첨가하여 혼합하여 30분 동안 반응시킨 후 UV/Visible Spectrophotometer (Ultrospec 4000, Pharmacia Biotech.)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannic acid(T0200, Sigma, China)를 표준물질로 하여 표준검량곡선을 작성하여 총 폴리페놀의 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량은 diethylene glycol 비색법으로 측정하였다(NFRI, 1990). 추출물 0.2 mL, diethylene glycol (H26456, Sigma, USA) 2 mL, 1N NaOH 0.2 mL을 첨가한 후 고르게 섞어 37°C의 항온수조기(VS-190CS, Vision Sci., Korea)에서 1시간 동안 반응시켰으며, UV/Visible spectrophotometer로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Naringin(N1376, Sigma, USA)을 표준물질로 하여 표준검량 곡선을 작성하여 총 플라보노이드의 함량을 구하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거

능은 추출물 0.2 mL와 0.15 mM DPPH(D9132, Sigma, USA) 용액 0.8 mL을 혼합하여 실온 암상태에서 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 구하였으며, 대조군은 추출물 대신 메탄올을 사용하였다(Blois, 1958). 시료 첨가구와 대조구의 흡광도 차이로 전자공여능 (EDA, %)을 구하였으며, 대조구의 EDA를 50% 감소시키는데 필요한 시료의 농도(mg·mL<sup>-1</sup>)를 단순회귀분석으로 구하여 RC<sub>50</sub>으로 나타냈다. 추출물의 DPPH radical 소거능을 비교하기 위한 양성 대조군으로는 천연 항산화제인 ascorbic acid(A5960, Sigma, China)와 합성 항산화제인 BHT(2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol; B1378, Sigma, Germany)를 사용하였다.

ABTS radical 소거 활성은 Re 등(1999)의 ABTS<sup>+</sup> cation decolorization assay 방법을 응용하여 측정하였다. 농도별 추출물 50 µL에 7.4 mM ABTS 용액 950 µL를 첨가하여 혼합한 다음 암소에서 10분 동안 반응시켰으며, 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물의 ABTS radical 소거 활성은 DPPH radical 소거능과 동일한 방법으로 계산하여 RC<sub>50</sub>으로 나타내었다. 양성 대조군은 ascorbic acid와 BHT를 사용하였다.

**통계분석**

모든 실험은 3반복을 1회로 하여 3회 이상 반복 실험하였다. 실험 결과는 SAS version 9.1(SAS institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 평균과 표준오차를 구하였으며, P<0.001의 유의수준에서 Tukey's studentized range test를 이용하여 통계분석 하였다.

**결과 및 고찰**

**추출 효율**

12종 양치식물의 부위별 수분 함량 및 추출물의 가용성 고형분 함량은 Table 2와 같다. 지상부의 수분함량은 64.59~82.86%였으며, 넝쿨고사리 지상부에서 가장 낮고 큰봉의 꼬리 지상부에서 가장 높았다. 근경의 수분함량은 53.31~75.01%였으며, 넝쿨고사리 근경에서 가장 낮고 더부살이 고사리 근경에서 가장 높았다.

건조물 1 g에서 얻을 수 있는 가용성 고형분의 함량은 지상부 0.13~0.31 g, 근경 0.06~0.08 g으로 다양하게 나타났다. 대부분의 시료에서 지상부가 근경보다 추출효율이

Table 2. Moisture contents of fresh materials and soluble solids obtained from dry materials by ultrasonic extraction using methanol solvent

Scientific name	Moisture contents (%)		Soluble solids <sup>z</sup> (g·g <sup>-1</sup> DW)	
	Aerial part	Rhizome	Aerial part	Rhizome
<i>Adiantum pedatum</i>	65.31	70.55	0.22 ± 0.00 d <sup>y</sup>	0.06 ± 0.00 h
<i>Coniogramme japonica</i>	82.03	72.11	0.15 ± 0.00 f	0.07 ± 0.00 f
<i>Davallia mariesii</i>	64.59	53.31	0.25 ± 0.00 c	0.09 ± 0.00 e
<i>Cyrtomium fortunei</i>	66.93	69.18	0.18 ± 0.01 e	0.18 ± 0.00 b
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	74.84	71.77	0.21 ± 0.00 d	0.23 ± 0.00 a
<i>Dryopteris nipponensis</i>	65.02	74.35	0.28 ± 0.00 b	0.17 ± 0.00 c
<i>Polystichum polyblepharum</i>	64.68	74.41	0.26 ± 0.00 c	0.16 ± 0.00 d
<i>Polystichum lepidocaulon</i>	63.65	75.01	0.31 ± 0.00 a	0.17 ± 0.00 c
<i>Pteris cretica</i>	82.86	65.46	0.17 ± 0.00 e	0.06 ± 0.00 g
<i>Pteris cretica</i> 'Wilsonii'	75.74	70.67	0.13 ± 0.00 g	0.06 ± 0.00 h
<i>Pteris multifida</i>	69.16	68.59	0.13 ± 0.01 g	0.07 ± 0.00 f
<i>Pteris nipponica</i>	72.72	71.49	0.22 ± 0.00 d	0.06 ± 0.00 g

<sup>z</sup>Soluble solids were obtained from dry materials by ultrasonic extraction using methanol solvent.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Tukey's studentized range test at  $p < 0.001$ .

Table 3. Contents of total polyphenols in methanolic extracts obtained from different parts of several ferns

Scientific name	Total polyphenol contents			
	Aerial part		Rhizome	
	(mg·g <sup>-1</sup> DW <sup>z</sup> )	(mg·g <sup>-1</sup> FW <sup>y</sup> )	(mg·g <sup>-1</sup> DW)	(mg·g <sup>-1</sup> FW)
<i>Adiantum pedatum</i>	37.09 ± 1.41 d <sup>x</sup>	12.87 ± 0.49 de	18.53 ± 0.40 e	5.46 ± 0.12 f
<i>Coniogramme japonica</i>	11.71 ± 0.45 f	2.11 ± 0.08 g	2.79 ± 0.43 f	0.78 ± 0.12 g
<i>Davallia mariesii</i>	140.01 ± 3.55 a	49.58 ± 1.26 a	39.17 ± 0.18 d	18.29 ± 0.09 e
<i>Cyrtomium fortunei</i>	32.46 ± 0.47 de	10.73 ± 0.16 ef	142.11 ± 3.03 a	43.81 ± 0.93 a
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	71.06 ± 0.55 c	17.88 ± 0.14 d	79.07 ± 2.35 c	22.32 ± 0.66 d
<i>Dryopteris nipponensis</i>	66.67 ± 3.27 c	23.32 ± 1.14 c	103.33 ± 2.40 b	26.51 ± 0.62 c
<i>Polystichum polyblepharum</i>	110.21 ± 8.11 b	38.92 ± 2.86 b	139.46 ± 5.75 a	35.69 ± 1.47 b
<i>Polystichum lepidocaulon</i>	131.34 ± 2.46 a	47.74 ± 0.90 a	140.12 ± 3.28 a	35.02 ± 0.82 b
<i>Pteris cretica</i>	11.33 ± 0.23 f	1.94 ± 0.04 g	13.52 ± 0.60 ef	4.67 ± 0.21 f
<i>Pteris cretica</i> 'Wilsonii'	13.56 ± 0.87 f	3.29 ± 0.21 g	10.63 ± 0.23 ef	3.12 ± 0.07 fg
<i>Pteris multifida</i>	21.05 ± 0.22 ef	6.49 ± 0.07 fg	15.62 ± 0.27 e	4.91 ± 0.09 f
<i>Pteris nipponica</i>	16.79 ± 0.32 f	4.58 ± 0.09 g	16.79 ± 0.32 e	4.79 ± 0.09 f

<sup>z</sup>Miligrams of total polyphenol contents per gram of dried samples based on tannin acid standard.

<sup>y</sup>Determination of total polyphenol contents of fresh material were converted the result of total polyphenol content obtained from dried materials using their moisture content.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Tukey's studentized range test at  $p < 0.001$ .

우수하였으나, 쇠고비는 지상부와 근경의 수율이 같았으며, 관중은 지상부보다 근경의 수율이 높았다. 지상부의 추출수율은 더부살이고사리에서 가장 높았으며, 근경에서는 관중에서 추출수율이 가장 높았다.

**총 폴리페놀 함량**

양치식물 지상부와 근경 건조시료의 총 폴리페놀 함량은 2.79~142.11 mg 였으며, 지상부에서는 넉줄고사리(140.01 mg·g<sup>-1</sup>)와 더부살이고사리(131.34 mg·g<sup>-1</sup>), 근경에서는 쇠고비(142.11 mg·g<sup>-1</sup>), 더부살이고사리(140.12 mg·g<sup>-1</sup>)와 나도히초미(139.46 mg·g<sup>-1</sup>)에서 총 폴리페놀 함량이 높았다(Table 3).

생시료 1 g에 함유된 총 폴리페놀의 함량은 지상부에서는 넉줄고사리(49.58 mg·g<sup>-1</sup> FW), 근경에서는 쇠고비(43.81 mg·g<sup>-1</sup> FW)에서 가장 높았다. 건조시료 1 g에 함유된 총 폴리페놀의 함량은 쇠고비 근경에서 가장 높았으나, 수분 함량을 고려하여 환산한 결과 넉줄고사리와 더부살이고사리 지상부의 생시료 1 g에서 쇠고비 근경보다 총 폴리페놀의 함량이 1.1배 높았다. 따라서 쇠고비 근경보다는 넉줄고사리와 더부살이고사리의 지상부가 총 폴리페놀을 추출하

기 위한 식물소재로 적합하며, 넉줄고사리보다 식물체의 크기가 크고 생육이 왕성한 더부살이고사리가 총 폴리페놀 추출용 식물소재로 가장 적합한 것으로 생각되었다.

식물체에 다량 함유되어 있는 폴리페놀은 항산화, 항암, 항알러지 등 다양한 생리활성 효과를 보인다(Lee 등, 2005b). 본 연구에서 폴리페놀의 함량이 우수한 것으로 나타난 넉줄고사리(140.01 mg·g<sup>-1</sup>)와 더부살이고사리의 지상부(131.34 mg·g<sup>-1</sup>) 및 쇠고비(142.11 mg·g<sup>-1</sup>), 나도히초미(139.46 mg·g<sup>-1</sup>), 더부살이고사리(140.12 mg·g<sup>-1</sup>)의 근경은 약용식물인 음양곽 잎(81.2 mg·g<sup>-1</sup>), 오갈피나무 수피와 뿌리(69.59 mg·g<sup>-1</sup>)보다 총 폴리페놀 함량이 높고(Kim 등, 2004), 울릉도 자생 산채류인 섬고사리 지상부(120.69 mg·g<sup>-1</sup>), 울릉미역취 뿌리(127.15 mg·g<sup>-1</sup>), 물영경귀 잎(130.22 mg·g<sup>-1</sup>)과 총 폴리페놀 함량이 유사하거나 높았다(Lee 등, 2005a). 따라서 폴리페놀 함량이 높은 기능성 식물소재로 활용가치가 높을 것으로 생각된다.

**총 플라보노이드 함량**

1 g의 건조시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 지상부에서 18.15~34.91, 근경에서 2.56~13.18 mg이었으며,

Table 4. Contents of total flavonoids in methanolic extracts obtained from different parts of several ferns

Scientific name	Total flavonoid contents			
	Aerial part		Rhizome	
	(mg·g <sup>-1</sup> DW <sup>z</sup> )	(mg·g <sup>-1</sup> FW <sup>y</sup> )	(mg·g <sup>-1</sup> DW)	(mg·g <sup>-1</sup> FW)
<i>Adiantum pedatum</i>	33.11 ± 0.32 ab <sup>x</sup>	11.49 ± 0.11 a	4.00 ± 0.24 fg	1.18 ± 0.07 d
<i>Coniogramme japonica</i>	29.83 ± 0.21 cd	5.36 ± 0.04 fg	2.56 ± 0.27 g	0.71 ± 0.08 e
<i>Davallia mariesii</i>	29.08 ± 0.60 cd	10.30 ± 0.21 bc	5.59 ± 0.24 de	2.61 ± 0.11 b
<i>Cyrtomium fortunei</i>	29.57 ± 0.07 cd	9.78 ± 0.02 c	13.18 ± 0.05 a	4.06 ± 0.01 a
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	34.91 ± 0.32 a	8.78 ± 0.08 d	7.47 ± 0.38 c	2.11 ± 0.11 c
<i>Polystichum polyblepharum</i>	22.21 ± 0.70 e	7.85 ± 0.21 e	9.65 ± 0.31 b	2.49 ± 0.07 bc
<i>Polystichum lepidocaulon</i>	31.62 ± 0.84 bc	11.49 ± 0.31 a	9.20 ± 0.66 b	2.30 ± 0.17 bc
<i>Dryopteris nipponensis</i>	30.83 ± 0.79 bc	10.79 ± 0.28 ab	10.37 ± 0.29 b	2.66 ± 0.07 b
<i>Pteris cretica</i>	27.32 ± 0.32 d	4.68 ± 0.06 g	3.60 ± 0.05 fg	1.24 ± 0.02 d
<i>Pteris cretica 'Wilsonii'</i>	24.38 ± 0.36 e	5.92 ± 0.09 f	4.94 ± 0.21 ef	1.45 ± 0.06 d
<i>Pteris multifida</i>	30.80 ± 0.19 bc	9.50 ± 0.06 cd	6.89 ± 0.25 cd	2.17 ± 0.07 c
<i>Pteris nipponica</i>	18.15 ± 0.56 f	4.95 ± 0.15 g	3.83 ± 0.20 fg	1.09 ± 0.06 de

<sup>z</sup>Miligrams of total flavonoid contents per gram of dried samples based on naringin standard.

<sup>y</sup>Determination of total flavonoid contents of fresh material were converted the result of total flavonoid content obtained from dried materials using their moisture content.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Tukey's studentized range test at p<0.001.

근경보다 지상부의 총 플라보노이드 함량이 높았다(Table 4). 1 g의 건조 시료에서는 관중의 지상부에서 총 플라보노이드 함량이 가장 높았으나, 생시료 1 g에서는 관중 지상부(8.78 mg·g<sup>-1</sup> FW)보다 더부살이고사리 지상부(11.49 mg·g<sup>-1</sup> FW)의 총 플라보노이드 함량이 1.3배 높았다. 이는 관중 지상부의 수분함량이 높기 때문이며, 따라서 관중보다는 더부살이고사리가 총 플라보노이드 추출용 식물소재로 적합한 것으로 생각되었다.

식물에 다량 존재하는 플라보노이드는 항산화작용, 순화기 질환 예방, 항염, 항알러지, 항균, 항 바이러스, 면역증강, 모세혈관 강 등 다양한 기능성 생리활성 효과를 보인다(Kawaguchi 등, 1997). 국내 자생 약용식물의 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 감초 뿌리(55.35 mg·g<sup>-1</sup>), 오갈피나무 수피와 뿌리(44.04 mg·g<sup>-1</sup>), 음양곽 잎(38.00 mg·g<sup>-1</sup>)은 더부살이고사리의 지상부보다 플라보노이드 함량이 높았으나, 갈근 뿌리(15.20 mg·g<sup>-1</sup>), 산수유 열매(5.15 mg·g<sup>-1</sup>), 당귀 뿌리(7.20 mg·g<sup>-1</sup>)는 더부살이고사리 지상부보다 플라보노이드 함량이 낮았다(Kim 등, 2004).

따라서 본 연구에서 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드의

함량이 우수한 것으로 나타난 더부살이고사리의 지상부는 차후 물질분리를 통하여 정확한 물질명을 구명하고, 이들 유효성분이 생리활성에 미치는 영향을 구명할 필요가 있는 것으로 생각된다.

일반적으로 식물의 총 폴리페놀 함량이 높으면 총 플라보노이드의 함량도 높은 것으로 알려져 있으나(Kim 등, 2004; Choi 등, 2005), Jeong 등(2007)은 양치식물의 경우 플라보노이드 함량과 폴리페놀 함량이 연관성이 낮았고 보고하였다. 본 연구에서도 양치식물은 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량은 연관성이 낮았다. 또한 다수의 식물에서 폴리페놀 함량이 플라보노이드 함량보다 높은 것으로 나타나는데(Kim 등, 2004), 본 연구에서 가지고비고사리, 봉의꼬리, 사자잎봉의꼬리, 알록큰봉의꼬리, 큰봉의꼬리의 지상부는 총 폴리페놀보다 총 플라보노이드 함량이 높았다.

**DPPH radical 소거능**

Free radical의 일종인 DPPH radical은 체내 산화의 원인으로 알려져 있는데, ascorbic acid, tocopherol, polyhy-

Table 5. DPPH radical scavenging activities and quantity of fresh materials required for obtaining soluble solids appearing RC<sub>50</sub>

Scientific name	DPPH radical scavenging			
	Aerial part		Rhizome	
	RC <sub>50</sub> <sup>z</sup> (mg·mL <sup>-1</sup> )	FW <sup>y</sup> (mg)	RC <sub>50</sub> (mg·mL <sup>-1</sup> )	FW (mg)
<i>Ascorbic acid</i>	0.03 ± 0.00 a <sup>x</sup>		0.03 ± 0.00 a	
<i>BHT</i>	0.12 ± 0.00 ab		0.12 ± 0.00 ab	
<i>Adiantum pedatum</i>	0.22 ± 0.00 b	2.88 ± 0.06 abc	0.06 ± 0.00 ab	3.89 ± 0.03 b
<i>Coniogramme japonica</i>	1.66 ± 0.06 f	60.54 ± 1.99 f	4.99 ± 0.22 c	252.22 ± 1.08 f
<i>Davallia mariesii</i>	0.05 ± 0.00 a	0.61 ± 0.02 a	0.08 ± 0.00 ab	1.79 ± 0.02 ab
<i>Cyrtomium fortunei</i>	0.22 ± 0.03 b	3.59 ± 0.30 bc	0.03 ± 0.00 a	0.59 ± 0.00 a
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	0.20 ± 0.00 b	3.71 ± 0.06 c	0.11 ± 0.00 ab	1.67 ± 0.03 ab
<i>Polystichum polyblepharum</i>	0.08 ± 0.00 a	0.88 ± 0.01 ab	0.02 ± 0.00 a	0.55 ± 0.09 a
<i>Polystichum lepidocaulon</i>	0.05 ± 0.00 a	0.48 ± 0.00 a	0.04 ± 0.00 ab	0.90 ± 0.02 a
<i>Dryopteris nipponensis</i>	0.11 ± 0.00 ab	1.13 ± 0.01 abc	0.05 ± 0.00 ab	1.19 ± 0.01 ab
<i>Pteris cretica</i>	0.97 ± 0.04 e	32.31 ± 1.20 e	0.24 ± 0.01 ab	11.29 ± 0.34 c
<i>Pteris cretica 'Wilsonii'</i>	0.94 ± 0.04 e	30.49 ± 1.27 e	0.26 ± 0.01 ab	15.34 ± 1.45 d
<i>Pteris multifida</i>	0.42 ± 0.01 c	10.18 ± 0.33 d	0.21 ± 0.00 ab	9.11 ± 0.14 c
<i>Pteris nipponica</i>	0.75 ± 0.01 d	12.49 ± 0.16 d	0.33 ± 0.00 b	18.69 ± 0.23 e

<sup>z</sup>Concentration of the soluble solids which is required to scavenging 50% of the 0.15mM DPPH radicals.

<sup>y</sup>Milligrams of fresh materials required for obtaining soluble solids appearing RC<sub>50</sub>.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Tukey's studentized range test at p<0.001.

Table 6. ABTS radical scavenging activities and quantity of fresh materials required for obtaining soluble solids appearing RC<sub>50</sub>

Scientific name	ABTS radical scavenging			
	Aerial part		Rhizome	
	RC <sub>50</sub> <sup>z</sup> (mg·mL <sup>-1</sup> )	FW <sup>y</sup> (mg)	RC <sub>50</sub> (mg·mL <sup>-1</sup> )	FW (mg)
Ascorbic acid	0.20 ± 0.01 abc <sup>x</sup>		0.20 ± 0.01 de	
BHT	0.22 ± 0.00 abc		0.22 ± 0.00 e	
<i>Adiantum pedatum</i>	0.20 ± 0.01 abc	2.62 ± 0.18 abc	0.06 ± 0.00 ab	4.07 ± 0.24 b
<i>Coniogramme japonica</i>	0.53 ± 0.07 d	19.29 ± 2.65 e	1.24 ± 0.03 f	60.20 ± 1.59 d
<i>Davallia mariesii</i>	0.06 ± 0.00 a	0.64 ± 0.02 a	0.07 ± 0.01 ab	1.68 ± 0.17 ab
<i>Cyrtomium fortunei</i>	0.17 ± 0.02 ab	2.87 ± 0.29 abc	0.05 ± 0.00 ab	0.82 ± 0.02 a
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	0.11 ± 0.01 a	2.03 ± 0.17 abc	0.10 ± 0.00 bc	1.45 ± 0.04 ab
<i>Polystichum polyblepharum</i>	0.10 ± 0.01 a	1.06 ± 0.10 ab	0.03 ± 0.00 a	0.82 ± 0.05 a
<i>Polystichum lepidocaulon</i>	0.09 ± 0.01 a	0.79 ± 0.07 a	0.04 ± 0.00 ab	0.92 ± 0.03 a
<i>Dryopteris nipponensis</i>	0.14 ± 0.00 ab	1.38 ± 0.04 abc	0.06 ± 0.00 ab	1.44 ± 0.05 ab
<i>Pteris cretica</i>	0.40 ± 0.01 cd	12.60 ± 1.40 de	0.18 ± 0.01 de	8.37 ± 0.29 c
<i>Pteris cretica 'Wilsonii'</i>	0.44 ± 0.09 d	14.14 ± 2.97 de	0.17 ± 0.01 de	10.28 ± 0.77 c
<i>Pteris multifida</i>	0.33 ± 0.10 bcd	7.93 ± 2.32 bcd	0.19 ± 0.01 de	8.32 ± 0.61 c
<i>Pteris nipponica</i>	0.50 ± 0.01 d	8.22 ± 0.17 cd	0.15 ± 0.01 cd	8.50 ± 0.69 c

<sup>z</sup>Concentration of the soluble solids which is required to scavenging 50% of the 7.4 mM ABTS radicals.

<sup>y</sup>Milligrams of fresh materials required for obtaining soluble solids appearing RC<sub>50</sub>.

<sup>x</sup>Mean separation within columns by Tukey's studentized range test at p<0.001.

droxy 방향족 화합물, 방향족 아민류에 의하여 환원된다 (Cha 등, 2009). DPPH가 환원되어 탈색되는 원리를 이용한 DPPH법은 실험방법이 간단하고 실제 항산화활성과 연관이 높으므로 시료의 항산화활성을 측정하는 방법으로 많이 이용되고 있다(Blois, 1958; Jung 등, 2004).

0.15 mM DPPH radical 소거능을 분석한 결과, RC<sub>50</sub>은 0.03~4.99 mg·mL<sup>-1</sup>으로 다양하게 나타났다. 식물종과 부위에 따라 radical 소거능에 큰 차이가 있었으며, 대부분 지상부보다 근경 추출물의 DPPH radical 소거능이 우수하였다(Table 5). DPPH radical 소거능이 가장 우수한 나도히초미 근경 추출물(RC<sub>50</sub>=0.02 mg·mL<sup>-1</sup>)은 천연 항산화제인 ascorbic acid(RC<sub>50</sub>=0.03 mg·mL<sup>-1</sup>)보다 소거능이 우수하였으며, 가지고비고사리와 알록큰봉의꼬리 근경 추출물을 제외한 모든 근경 추출물은 합성 항산화제인 BHT보다 통계적으로 우수하거나 유사한 소거활성을 보였다. 지상부 추출물의 DPPH radical 소거능도 높았는데, 넉줄고사리와 나도히초미 지상부 추출물은 ascorbic acid, 참지네고사리 지상부 추출물은 BHT와 통계적으로 유사한 DPPH radical 소거활성을 보였다.

0.15 mM DPPH radical 활성을 50% 억제시키는데 필요한 가용성 고형분(RC<sub>50</sub>)을 생산하는데 필요한 생시료의 무게를 건조시료의 수분함량과 추출수율을 고려하여 계산한 결과, 더부살이고사리 지상부(0.48 mg)가 가장 적은 양의 생시료로 DPPH radical 활성을 억제시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 DPPH radical 소거를 목적으로 하는 기능성 식물소재로는 더부살이고사리의 지상부가 가장 적합할 것으로 생각되었다.

### ABTS radical 소거능

ABTS radical 소거법은 potassium persulfate와 반응하여 형성된 청록색의 ABTS radical cation이 추출물의 항산화 물질에 의하여 소거되어 탈색되는 원리를 이용한 항산화 활성 측정법이다(Li 등, 2007). ABTS radical 소거법은 극성과 비극성 시료의 소거활성을 모두 측정할 수 있으므로 DPPH radical 소거법보다 적용범위가 넓다(Re 등, 1999). 또한 DPPH radical은 free radical, ABTS radical은 cation radical으로 기질의 특징이 서로 다르며, 추출물의 특성에 따라 free radical과 cation radical과의 결합정

도가 다를 수 있으므로(Shin 등, 2008), 추출물의 항산화 활성을 측정할 때에는 두 종류의 radical 소거능을 모두 분석할 필요가 있다.

양치식물의 메탄올 추출물은 ABTS radical 소거능이 매우 우수하였으며, 특히 근경 추출물의 소거능이 매우 높은 것으로 나타났다(Table 6). ABTS radical 소거능이 가장 우수한 나도히초미 근경 추출물은 ascorbic acid보다 6.0배, BHT보다 6.6배 높은 소거활성을 보였으며, 그 외에도 넉줄고사리, 나도히초미, 더부살이고사리, 관중, 참지네고사리, 쇠고비의 지상부와 나도히초미, 더부살이고사리, 쇠고비, 참지네고사리, 공작고사리, 넉줄고사리, 관중, 알록큰봉의꼬리의 근경 추출물이 천연 항산화제인 ascorbic acid보다 ABTS radical 소거능이 우수하였다.

시료의 biomass를 고려한 ABTS radical 소거활성을 비교하고자 7.4 mM ABTS radical의 RC<sub>50</sub>을 생산하는데 필요한 생시료의 양을 계산한 결과, 넉줄고사리의 지상부(0.64 mg)와 더부살이고사리의 지상부(0.79 mg)에서 적은 양의 시료로 RC<sub>50</sub>을 나타낼 수 있었다. 넉줄고사리의 지상부는 가장 적은 양의 생시료로 ABTS radical을 50% 소거시킬 수 있는 추출물을 생산할 수 있으나, 더부살이고사리에 비하여 크기가 작고 넓게 퍼진 근경에 잎이 드문드문 발생하므로(KFS, 2005), 유사한 면적에서 재배했을 때 더부살이고사리보다 생산량이 적다. 따라서 넉줄고사리보다 더부살이고사리의 지상부가 ABTS radical 소거용 추출물을 생산하는데 유용한 식물소재로 생각되었다.

본 연구에서 메탄올을 용매로 초음파 추출한 양치식물의 지상부와 근경 추출물은 DPPH radical보다는 ABTS radical 소거활성이 우수하였으나, Jeong 등(2007)이 양치식물을 80% 에탄올로 환류냉각추출하여 radical 소거활성을 측정했을 때에는 DPPH radical 소거능이 ABTS radical 소거능보다 우수한 것으로 나타나 본 연구결과와 상반된 결과를 보였다. 이는 추출용매와 추출방법이 다르므로 추출물에 용해된 유효성분이 다르기 때문으로 생각된다.

국내 자생 양치식물의 항산화효과에 관하여 보고에 의하면 청나래고사리(Jeong 등, 2007), 관중, 야산고비(Jeong 등, 2007), 쇠고비, 일색고사리, 풀고사리, 홍지네고사리(Oh 등, 2008) 등의 항산화 효과가 우수한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 쇠고비와 관중은 항산화효과가 우수하였으며, 그 외에 더부살이고사리, 참지네고사리, 나도히초미, 넉줄고사리, 공작고사리 등은 쇠고비와 관중보다 우

수하거나 유사한 항산화활성을 보였다.

연구의 결과, 12종의 양치식물 모두 양치식물 근경 추출물이 지상부 추출물보다 항산화 효과가 우수한 경향을 보였다. 그러나 양치식물의 근경은 지상부에 비하여 생장이 느리며, 다년간 재배한 후 수확해야 하는 단점이 있다. 또한, 근경의 수분함량은 지상부와 비슷하지만, 추출효율이 매우 낮았다. 따라서 식물의 항산화 활성과 생산성을 고려했을 때 양치식물의 지상부가 근경보다 경제적 가치가 우수한 기능성 식물소재로 생각되었다.

일반적으로 식물의 항산화효과를 분석할 때에는 건조시료의 항산화물질 함량 및 추출물의 항산화활성을 분석하여 식물의 항산화효과를 평가한다. 본 연구에서는 생산성을 고려한 식물의 항산화효과를 분석하기 위하여 건조물의 항산화물질 함량 및 추출물의 항산화활성을 분석한 다음 식물체의 수분함량과 추출수율을 고려하여 생시료의 항산화물질 함량 또는 일정 항산화효과를 나타내는데 필요한 생시료의 무게를 구하였다. 그 결과, 건조시료의 총 플라보노이드 함량은 관중 지상부에서 가장 높았으나, 생시료에서는 더부살이고사리에서 가장 높게 나타났으며, DPPH radical 소거능(RC<sub>50</sub>)은 나도히초미 근경에서 가장 우수하였으나, 더부살이고사리의 지상부는 나도히초미 근경보다 소량의 생시료로 동일한 효과를 낼 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 차후 항산화 기능성 식물소재를 선발하고자 할 때에는 식물의 안정성, 기능성 효과 뿐 아니라 재배효율, 생산량, 식물체 수분함량 및 추출수율 등을 고려하여 산업화에 적합한 소재를 개발해야 할 것으로 생각된다.

## 적 요

메탄올을 용매로 12종 양치식물의 지상부와 근경의 건조시료를 초음파추출하여 페놀성 물질 함량 및 DPPH와 ABTS radical 소거능을 측정하였다. 총 폴리페놀의 함량은 건조시료 1 g에 2.793~140.014 mg·g<sup>-1</sup>, 생시료 1 g에 0.779~49.579 mg·g<sup>-1</sup>으로 다양하게 나타났으며, 넉줄고사리와 더부살이고사리의 지상부에서 총 폴리페놀 함량이 높았다. 총 플라보노이드 함량은 건조시료 1 g에 2.559~34.909 mg·g<sup>-1</sup>, 생시료 1g에 0.714~11.487 mg·g<sup>-1</sup>으로 나타났다. 건조시료 중에는 관중 지상부, 생시료 중에는 더부살이고사리의 지상부에서 총 플라보노이드 함량이 가장



높았다. 총 폴리페놀은 지상부보다 근경에 많이 함유된 경향을 보였으나, 총 플라보노이드는 지상부에 많았다. DPPH와 ABTS radical 소거능은 지상부보다 근경 추출물에서 높게 나타났다. 총 폴리페놀은 지상부보다 근경에 많이 함유된 경향을 보였으나, 총 플라보노이드는 지상부에서 함량이 많았다. DPPH와 ABTS radical 소거능은 지상부보다 근경 추출물에서 높게 나타났다. DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능 모두 나도히초미 근경 추출물에서 가장 우수하였다. 그러나 시료의 수분함량과 추출수율을 고려하여 RC<sub>50</sub>을 나타내는데 필요한 생시료의 양을 계산한 결과, 나도히초미 근경보다는 더부살이고사리 지상부가 DPPH와 ABTS radical 소거용 식물소재로 적합하였다. 양치식물의 추출물은 특히 ABTS radical 소거능이 매우 우수하였으며, 가지고비고사리 추출물을 제외한 대부분의 시료가 ascorbic acid 또는 BHT와 유사한 소거활성을 보였다.

### 사 사

이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었으며, 지원에 감사드립니다.

### 인용문헌

Ahn, D.K. 2003. Illustrated book of Korean medical herbs. Gyohaksa, Seoul.(in Korean)

Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 26: 1199-1204.

Cha, J.Y., H.Y. Ahn, K.E. Eom, B.K. Park, B.S. Jun, and Y.S. Cho. 2009. Antioxidative activity of *Aralia elata* shoot and leaf extracts. J. Life Sci. 19:652-658.(in Korean)

Jeong, J.A., S.H. Kwon, and C.H. Lee. 2007. Screening for antioxidative activities of extracts from aerial and underground parts of some edible and medicinal ferns. Kor. J. Plant Res. 20:185-192.(in Korean)

Jung, S.J., J.H. Lee, H.N. Song, N.S. Seong, S.E. Lee, and N.I. Baek. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. 47:135-140.(in Korean)

Kawaguchi, K., T. Mizuno, K. Aida, and K. Uchino. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61:102-104.

Kim, E.Y., I.H. Baik, J.H. Kim, S.R. Kim, and M.R. Rhyu. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. Kor. J. Food Sci. Technol. 36:333-338.(in Korean)

Korean Fern Society(KFS). 2005. Illustrated fern native to Korea. Geobook, Seoul.(in Korean)

Lee, S.O., H.J. Lee, M.H. Yu, H.G. Im, and I.S. Lee. 2005a. Total polyphenol contents and antioxidant activities of metanol extracts from vegetables produced in Ullung Island. Kor. J. Food Sci. Technol. 37:233-240.(in Korean)

Lee, Y.A., H.Y. Kim, and E.J. Cho. 2005b. Comparison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under *In Vitro* and cell system. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 34:1151-1156.(in Korean)

Li, H., Y.M. Choi, J.S. Lee, J.S. Park, K.S. Yeon, and C.D. Han. 2007. Druing and antioxidant characteristics of the shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 36:250-254.(in Korean)

Lim, R.J. 1999. Medical herbal of Josun. Korean Culture Publishing Co., Ltd., Seoul.(in Korean)

Nam, K.H. and Y.M. Lee. 2005. Edible ferns of Korea. J. Kor. Ferns Soc. 9:23-30.(in Korean)

NFRI. 1990. Manuals of quality characteristic analysis for food quality evaluation(2). National Food Research Institute, Skuba.

Oh, S.J., S.S. Hong, Y.H. Kim, and S.C. Koh. 2008. Screening of biological activities in fern plants native to Jeju Island. Kor. J. Plant Res. 21:12-18.(in Korean)

Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Rad. Biol. Med. 26:1231-1237.

Shi, J., J. Gong, J. Liu, X. Wu, and Y. Zhang. 2009. Antioxidant capacity of extract from edible flowers of *Prunus mume* in China and its active components. LWT-Food Sci. Thechnol. 42:477-482.

Shin, J.H., S.J. Lee, J.K. Seo, E.W. Cheon, and N.J. Sung. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from Yuza(*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) Peel. J. Life Sci. 18:1745-1751.(in Korean)

Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Cao, and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agric. Food Chem. 46:4113-4117.

Woo, J.H., H.S. Jeong, J.S. Yu, Y.D. Chang, and C.H. Lee. 2008. Antiosidant effect of extracts obtained from four *Aster* species native to Korea. Kor. J. Plant Res. 21:52-59.(in Korean)

(접수일 2009.10.12; 수락일 2010.1.22)