

## 와송(*Orostachys japonicus*) 잎, 줄기 및 뿌리 추출물의 항산화활성과 열 및 pH 안정성

이소정 · 송유진 · 이소영 · 김꽃봉우리 · 김서진 · 윤소영 · 이청조 · 안동현<sup>†</sup>

부경대학교 식품공학과/식품연구소

### Antioxidant Activity of Leaf, Stem and Root Extracts from *Orostachys japonicus* and Their Heat and pH Stabilities

So-Jeong Lee, Eu-Jin Song, So-Young Lee, Kotch-Bong-Woo-Ri Kim,  
Seo-Jin Kim, So-Young Yoon, Chung-Jo Lee, and Dong-Hyun Ahn<sup>†</sup>

Dept. of Food Science & Technology/Institute of Food Science,  
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

#### Abstract

Antioxidant activities of ethanol and water extracts from *Orostachys japonicus* leaf, stem, and root were determined by rancimat method, DPPH radical scavenging effect, chelating effect, and reducing power analysis. The highest total phenolic compound (TPC) as 14.6 mg/g of dry sample and the strongest antioxidant activity in rancimat method (value of AI 1.98), DPPH radical scavenging effect (96% in 4 mg/mL), and reducing power (1.50 in 4 mg/mL) were observed in ethanol extracts from *Orostachys japonicus* leaf. Heat and pH stabilities on antioxidant activity of *Orostachys japonicus* leaf extract were studied through TPC and DPPH radical scavenging effect. As a result, the extracts from *Orostachys japonicus* leaf showed high stability. These results suggest that extracts from *Orostachys japonicus* leaf can be potentially used as proper natural antioxidant in the food industry.

**Key words:** *Orostachys japonicus*, antioxidant activity, heat and pH stabilities

#### 서 론

식품의 가공 및 저장 중에 일어나는 지질의 산화는 이취, 변색 및 영양소 파괴 등의 문제를 일으켜 식품의 품질을 저하시킨다. 또한 인체에서 지질산화에 의해 생성된 alcohol류, aldehyde류, ketone류 등의 산화 생성물들은 DNA를 손상시키거나 암 등을 유발시키며 인간의 노화에도 깊은 연관이 있는 것으로 알려져 있다(1). 따라서 지질의 산화 억제를 통하여 식품의 품질저하를 방지하고 인체의 질병을 예방하기 위하여, 항산화제의 개발에 관한 연구가 활발하게 행해지고 있다. 지금까지 개발되어 사용되고 있는 항산화제에는 tocopherol류, carotenoid, ascorbic acid, phenol류, 아미노산, 셀레늄 등의 천연항산화제와 BHT(*tert*-butylated hydroxytoluene), BHA(*tert*-butylated hydroxyanisol), TBHQ(*tert*-butyl hydroquinone) 등의 합성항산화제가 있으나 이들은 독성이나 낮은 활성 및 이용상의 한계성 등의 문제로 식품에 이용이 제한되고 있다(2). 이에 따라 인체에 안전하며 항산화 활성이 높은 천연물로부터 항산화제를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 천연물 유래 항산화제에

대한 연구는 향신료, 육상식물, 생약재 등에서 많이 이루어지고 있으며 대두(3), 쑥(4), 붉나무(5), 둥글레(6) 등의 육상식물 및 약용식물과 보라우무(7), 톳(8) 등의 해조류에 대한 연구결과가 보고되고 있다. 그 중에서도 약용식물은 예로부터 일상적으로 이용되어 안전성이 입증되어있고 비타민, 무기질, 폴리페놀류 등 광합성 대사산물이 포함되어 있어 발암 및 노화를 예방한다는 보고(9)에 따라 다양한 생리활성에 대한 관심이 집중되고 있으며 근래에는 약용식물로부터 신약을 개발하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그리고 약용식물의 생리활성은 동일 식물이라도 이용 부위에 따라 차이가 있다(10). 그 예로 가죽나무 부위별 추출물의 생리활성에 대한 연구에서 부위에 따라 활성에 차이를 나타내었으며(11), 돌산갓 추출물은 부위에 따라 항암, 항산화 및 ACE(Angiotensin Converting Enzyme) 저해활성이 다른 것으로 보고(12)되어 있다. 따라서 식물류를 이용할 때 활성이 높은 부위를 선택적으로 이용하는 경우가 많았다.

본 연구에서 사용된 약용식물의 일종인 와송(*Orostachys japonicus*)은 오래된 기와지붕이나 산위의 바위에서 자라는 일명 바위솔(石松)이라 불리는 경천과(景天科)에 속하는

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: dhahn@pknu.ac.kr  
Phone: 82-51-629-5831, Fax: 82-51-629-5824

다년생 식물로서 여름부터 가을에 걸쳐 채취를 하며 뿌리를 제거한 전초를 햇볕에 말려 약용으로 사용되어 왔다. 와송은 오래전부터 민간요법으로 암의 치료제로 사용되어 왔고 약리적으로는 혈관수축 작용과 호흡흥분 작용, 장관의 긴장도 증강 작용 등(13)이 알려져 있으며 항산화 및 항암(14) 등 생리활성에 대한 연구도 상당수 보고되고 있다. 와송의 성분으로는 triterpenoid류인 friedelin, *epi*-friedianol, glutinone, glutinol과 sterol 계열물질인  $\beta$ -sitosterol, campesterol이 있으며 aromatic acid인 4-hydroxybenzoic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, gallic acid와 flavonoid인 kaempferol, quercetin 등이 보고되어 있다(15). 와송의 항산화효과에 대한 연구 현황을 살펴보면 재배조건이나 채취시기에 따른 결과는 보고(16,17)되고 있으나 와송 부위별 활성을 비교한 연구 결과는 아직 보고된 적이 없었다. 이에 본 연구에서는 천연항산화소재로서 와송의 부위별 사용 효율의 증대 및 기능성 향상 방안을 모색하기 위하여 와송을 잎, 줄기 및 뿌리로 나누어 에탄올과 물로 추출하여 항산화활성을 측정하였다. 그리고 높은 활성을 나타낸 부위의 열 및 pH에 대한 항산화능의 안정성을 확인하여 천연항산화제로서 식품산업에의 이용 가능성을 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 와송은 경상북도 왜관에서 채취한 것으로 부위별로 나누어 세절하고 분쇄한 후 동결건조 하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 사용하였다.

### 추출

분말 상태의 와송을 95% 에탄올로 추출한 후 잔사에 물을 첨가하여 추출하였다. 먼저 95% 에탄올을 시료의 10배량 가하여 실온에서 Shaker(Dongwon Science Co., Busan, Korea)를 이용하여 180 rpm으로 24시간 추출한 후 원심분리기(UNION 32R, Hanil Co., Incheon, Korea)로 3000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액을 취한 후 남은 잔사는 전과 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다. 에탄올 추출 후 남은 잔사는  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 건조하여 물 추출에 사용하였다. 와송의 물 추출물은 건조된 잔사에 10배량의 증류수를 가하여 에탄올과 동일하게 3회 반복 추출하여 취하였다. 상층액은 여과지로 여과한 후 rotary evaporator(RE200, Yamato Co., Tokyo, Japan)로 농축하고  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 건조하였다. 건조된 시료는  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### pH 및 색도 측정

추출물의 pH는 4 mg/mL 농도에서 pH meter(HM-30V, Toa, Kobe, Japan)를 사용하여 측정하였다. 또한 색도는 0.4 mg/mL 농도로 희석한 추출물을 액체시료용 cell에 10 mL 취하여 색차계(JC801, Color techno system Co., Tokyo,

Japan)로 L(명도), a(적색도), b(황색도)값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준색판은  $L=93.73$ ,  $a=-0.12$ ,  $b=0.11$ 이었다.

### 총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물 함량은 Folin-Denis법(18)을 변형하여 측정하였다. 초순수 6.5 mL에 시료 0.5 mL를 가하여 Folin-Ciocalteu's 용액 0.5 mL을 혼합한 후 3분간 반응시켰다. 반응이 끝나면 무수 탄산나트륨 포화용액 1 mL을 첨가하고 전체가 10 mL가 되도록 초순수를 가하여 상온에서 1시간 방치시킨 후 UV/visible spectrophotometer(GENESYS 10 UV, Rochester, NY, USA)로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 하여 동일한 방법으로 측정하여 얻은 표준곡선으로부터 총 페놀화합물 함량을 정량하였다.

### Rancimat에 의한 항산화도

유지 산화안정도 실험은 rancimat(743 Metrohm Co., Herisau, Switzerland)을 이용하여 측정하였다. 먼저 reaction vessel에 lard를 3.0 g 취한 후 시료를 최종농도 4 mg/mL로 첨가하였다. 온도는  $100^{\circ}\text{C}$ , air flow rate는 20 L/h로 주입하였다. 이때 발생하는 휘발성 산화생성물이 65 mL의 증류수가 들어있는 absorption vessel로 이행될 때 나타나는 전기전도도의 변화에 따라 산출된 유도기간으로부터 산화안정도를 측정하였다. 각 추출물의 항산화 정도를 측정하고 동시에 추출물을 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 항산화 정도를 비교하여 AI(antioxidant index)로 나타내었다.

$$\text{AI (antioxidant index)} = \frac{\text{시험구의 유도기간}}{\text{대조구의 유도기간}}$$

### DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 0.2 mM DPPH(2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl)용액을 0.5 mL 넣고 혼합한 후, 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였고 대조구는 시료 대신 용매를 가하여 동일한 방법으로 측정하였다. 또한 시료 자체의 색에 대한 흡광도 값을 보정해주기 위해 0.2 mM DPPH 대신 메탄올을 넣어 흡광도를 측정하였다.

### 금속봉쇄력

금속봉쇄력은 Shimada(20)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.2 mL에 초순수 0.74 mL를 혼합한 후, 2 mM  $\text{FeCl}_2$  용액 0.02 mL와 ferrozine 용액 0.04 mL를 첨가하여 실온에서 20분간 방치한 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 용매를 가하여 동일한 방법으로 측정하였다. 또한 시료 자체의 색에 대한 흡광도 값을 보정해주기 위해 시료 대신에 동량의 증류수를 가해 흡광도를 측정하였다.

### 환원력

환원력은 Oyaizu(21)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시

료 0.5 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL를 첨가한 후 potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 가해 충분히 혼합하여 50°C에서 20분간 반응시키고 반응이 끝나면 10% TCA 용액 2.5 mL를 첨가하여 3000 rpm에서 10분간 원심분리를 하였다. 상층액 2 mL에 증류수 2 mL과 0.1% iron(III) chloride 용액 0.4 mL를 가하여 혼합한 후 초순수 4.4 mL를 가하여 1/2 희석하고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력을 나타내었다.

**열 및 pH 처리**

열처리는 추출물의 농도를 4 mg/mL로 하여 60°C에서 10, 30 및 60분, 80°C와 100°C에서 각각 10 및 20분, 121°C에서 15분 처리하였다. 이를 얼음물에서 5분간 급냉시킨 후 0.4 mg/mL 농도로 희석하여 실험에 사용하였다. pH 처리는 추출물의 농도를 8 mg/mL로 하여 1 N NaOH와 1 N HCl을 가하여 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 처리하고 24시간 실온에서 방치시킨 후 본래의 pH로 중화시켜 이를 0.4 mg/mL 농도로 희석하여 실험에 사용하였다. 이때 안정성 실험은 총 페놀화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거능을 통해 알아보았다.

**통계처리**

실험결과에 대한 통계처리는 SAS program(Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 one way ANOVA법으로 분산분석을 하였으며 조사 항목들 간의 유의성 검정은 p<0.05 수준에서 Turkey의 다중검정법으로 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**pH 및 색도**

천연물의 pH 및 색은 천연물을 가공식품에 이용하는데 중요한 요소로 작용한다. pH는 미생물의 생육 및 효소의 활성에 관여(22)하여 품질에 영향을 미치며, 색은 식품 자체의 관능적인 면에 영향을 주기 때문에 식품 제조 시 추출물의 pH 및 색을 고려해야 한다. 이에 와송 추출물의 pH 및 색도를 측정된 결과(Table 1), 추출물의 pH는 잎, 줄기 및 뿌리 순으로 낮은 값을 보였으며 주로 산성영역이었다. 추출물의 색도를 측정된 결과에서는 명도와 적색도의 경우 부위에 따른 큰 차이를 나타내지 않았으나 황색도의 경우 와송잎, 줄

기 및 뿌리 에탄올 추출물이 각각 16.54, 1.65 및 0.83의 값을 보여 와송잎 추출물에서 가장 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 클로로필과 플라보노이드 같은 녹색 및 황색을 띠는 색소 성분들이 잎에 많이 들어있기 때문에 황색도가 높은 것으로 사료된다(23).

**총 페놀화합물 함량**

페놀화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로 phenolic hydroxyl기를 가지고 있어 단백질 또는 효소, 기타 거대분자들과 결합하는 성질이 있으며 항균, 항산화 및 항암 등의 다양한 생리활성기능을 가진 것으로 알려져 있다(24,25). 페놀화합물의 항산화작용은 수산기를 통한 수소 공여로 라디칼들과 쉽게 공명으로 안정화될 수 있는 구조를 가지고 있어서 항산화활성을 가지는 것으로 보고되고 있다(26). 따라서 천연물의 항산화 연구에서 페놀화합물의 함량과 항산화활성의 연관성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(27). 와송은 Yu 등(16)에 의해 이미 높은 항산화능을 가진 것으로 보고되었다. 하지만 Lee 등(28)에 따르면 식물류의 항산화 활성이 부위에 따라 상이한 결과를 보인다고 하여 와송의 부위에 따른 활성을 비교할 필요가 있음을 시사하였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 부위별 와송의 항산화 활성 차이를 알아보려고 먼저 와송 부위별 추출물의 페놀화합물의 함량을 측정하였다. 그 결과(Table 2), 잎, 줄기 및 뿌리에서 각각 14.6, 4.3 및 1.7 mg/g of dry sample의 값을 보여 Lee 등(29)이 보고한 인삼 에탄올 추출물의 잎(147~200 mg%), 줄기(110~153 mg%) 및 뿌리(61~86 mg%)의 페놀화합물 함량보다 높았으며, 특히 잎에서 높은 값을 나타내었다. 이는 몇 가지 약용식물을 부위별로 추출하여 뿌리, 씨, 껍질 및 잎의 페놀함량을 측정된 결과, 잎 및 껍질에서 높은 페놀화합물 함량을 보였다는 보고(30)와 유사하며 울

**Table 2. Content of total phenolic compound of *Orostachys japonicus* extracts** (unit: mg/g of dry sample)

	Total phenolic compound	
	EtOH	Water
Leaf	14.62±0.00 <sup>a</sup>	1.07±0.02 <sup>a</sup>
Stem	4.29±0.21 <sup>b</sup>	0.98±0.03 <sup>a</sup>
Root	1.70±0.06 <sup>c</sup>	0.68±0.00 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup>Means in the same column bearing different superscript are significantly different (p<0.05).

**Table 1. Physicochemical properties of *Orostachys japonicus* extracts**

		Color			pH
		L	a	b	
EtOH	Leaf	95.70±0.00 <sup>c</sup>	-2.95±0.02 <sup>c</sup>	16.54±0.01 <sup>a</sup>	4.78±0.01 <sup>c</sup>
	Stem	98.64±0.00 <sup>b</sup>	-0.15±0.01 <sup>b</sup>	1.65±0.00 <sup>b</sup>	5.19±0.01 <sup>b</sup>
	Root	98.69±0.00 <sup>a</sup>	-0.05±0.00 <sup>a</sup>	0.83±0.00 <sup>c</sup>	5.60±0.01 <sup>a</sup>
Water	Leaf	98.22±0.00 <sup>b</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>	3.66±0.01 <sup>a</sup>	5.42±0.00 <sup>c</sup>
	Stem	98.42±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	1.25±0.03 <sup>b</sup>	6.34±0.01 <sup>b</sup>
	Root	97.26±0.00 <sup>c</sup>	-0.34±0.01 <sup>b</sup>	0.60±0.00 <sup>c</sup>	6.52±0.00 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup>Means in the same column bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

릉도산 산채 추출물의 페놀함량을 측정한 결과, 물엿경귀 잎과 섬고사리 잎 추출물에서 높은 페놀함량을 보인 것과도 유사한 결과이다(31).

Rancimat에 의한 항산화도

Rancimat에 의한 항산화도 측정원리는 유지를 일정한 온도로 가열하면서 공기를 주입하면 유지가 산화되어 휘발성 산화생성물이 발생하기 시작하는데 이들이 증류수의 전기전도도를 증가시켜 유도기간을 산출함으로써 일정조건에서의 유지 산패의 정도를 측정하거나 항산화제의 효율을 분석할 수 있는 것이다(32). 외송의 부위별 추출물의 지질산화 억제능을 알아보기 위해 rancimat에 의한 항산화도를 알아본 결과(Table 3), 에탄올 추출물은 잎 및 뿌리에서 AI값이 각각 1.98과 2.00으로 높은 지질산화 억제능을 보였고 물 추출물은 잎에서 1.38로 줄기 및 뿌리의 1.12와 1.14보다 높은 값을 나타내었다. Lim 등(33)의 연구에 따르면 1000 ppm 농도에서 강황, 목단피 추출물의 AI값이 각각 1.74와 1.41의 값을 나타내어 동일 농도에서는 외송에 비해 다소 높은 활성을 보일 것으로 보이나 Kim 등(34)의 연구에 따르면 껌 에탄올 추출물이 5 mg/mL 농도에서 1.07의 AI값을 보여 외송에 비해 낮은 지질산화 억제능을 보였다. 외송의 부위에 따라 지질산화 억제능이 차이가 나는 것은 외송의 부위별 구성성분이 각기 다르기 때문으로 사료되며, 특히 잎에는 지질산화를 억제하는 항산화 작용기전을 가진 성분들이 많이 함유되어 있기 때문으로 보인다. 이는 활나물 부위별 추출물의 항산화효과를 알아본 결과, 잎에서 가장 높은 효과를 보인 것(35)과 일치한다. 그리고 올리브유를 기질 유지로 한 rancimat 측정에서 carotenoid와 chlorophyll의 함량이 유도기간과 상관관계를 보인다는 연구 결과(34)와 페놀성 화합물이 지방산 산화 초기 생성물인 hydroperoxide 및 기타 반응물질과 반응하여 산화를 억제시킨다는 보고(36) 등으로 미루어보아 외송잎 추출물에 다량 함유되어 있는 페놀화합물들이 유지의 자동산화 억제에 관련되어 있을 것으로 사료된다. 그러나 뿌리 에탄올 추출물의 경우, 매우 낮은 총 페놀화합물 함량에도 불구하고 높은 AI값을 보여, 뿌리의 지질산화 억제능은 총 페놀화합물 함량과 상관관계를 보이지 않았다. 이는 식물의 항산화 활성이 반드시 페놀화합물 함량에 비해

Table 3. Antioxidant activity of *Orostachys japonicus* extracts on lard oil

	AI <sup>1)</sup>	
	EtOH	Water
Leaf	1.92±0.02 <sup>bc</sup>	1.38±0.07 <sup>b</sup>
Stem	1.28±0.09 <sup>c</sup>	1.12±0.06 <sup>b</sup>
Root	2.00±0.08 <sup>b</sup>	1.14±0.00 <sup>b</sup>
Ascorbic acid	3.01±0.24 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>Antioxidant index: induction time of oil containing of each extraction/ induction time of test oil.

<sup>a-c</sup>Means in the same column bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

하는 것은 아니라는 Lee 등(37)의 결과와 유사한 것으로, 페놀화합물이 종류나 구조에 따라서 항산화활성에 차이가 날 수 있으므로, 외송 뿌리에 소량이지만 강력한 활성을 나타내는 페놀 물질이 함유되었거나, 페놀화합물 외에 다른 물질이 영향을 미쳤을 수 있을 것으로 사료된다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

항산화 활성을 나타내는 방법에는 여러 가지가 있으며, 그 중 DPPH법은 천연항산화제의 라디칼 소거능을 알아보는 척도로 일반적인 항산화활성을 나타내는 방법으로 널리 사용되고 있다(38). DPPH법을 이용하여 외송 부위별 추출물의 항산화활성을 알아본 결과(Fig. 1, 2), 외송 에탄올 추출

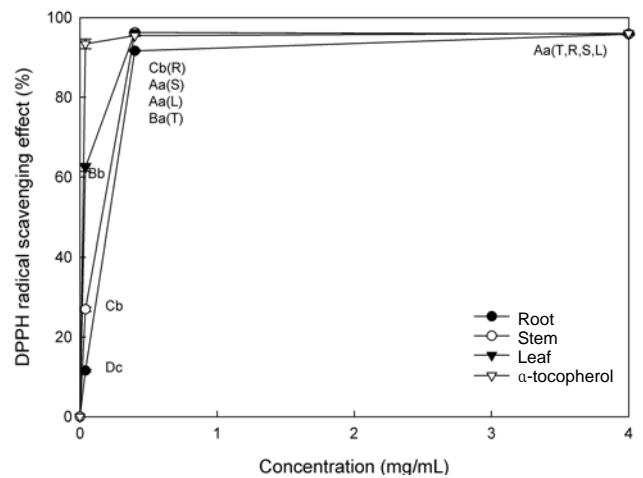


Fig. 1. DPPH radical scavenging effect of *Orostachys japonicus* ethanol extracts. <sup>A-D</sup>Means in the same concentration bearing different superscript are significantly different (p<0.05). <sup>a-c</sup>Means in the same part bearing different superscript are significantly different (p<0.05). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (T): α-tocopherol.

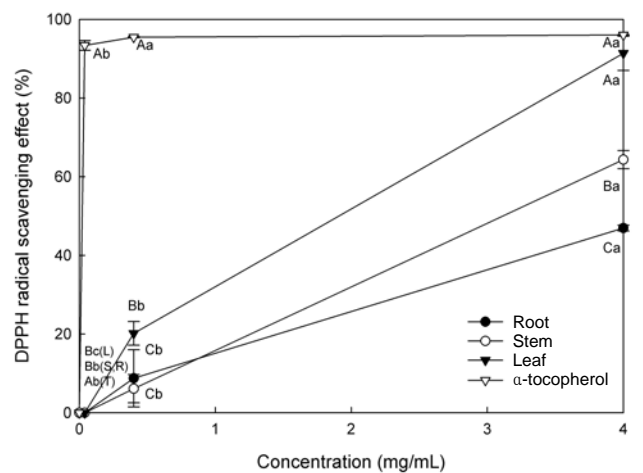


Fig. 2. DPPH radical scavenging effect of *Orostachys japonicus* water extracts. <sup>A-C</sup>Means in the same concentration bearing different superscript are significantly different (p<0.05). <sup>a-c</sup>Means in the same part bearing different superscript are significantly different (p<0.05). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (T): α-tocopherol.

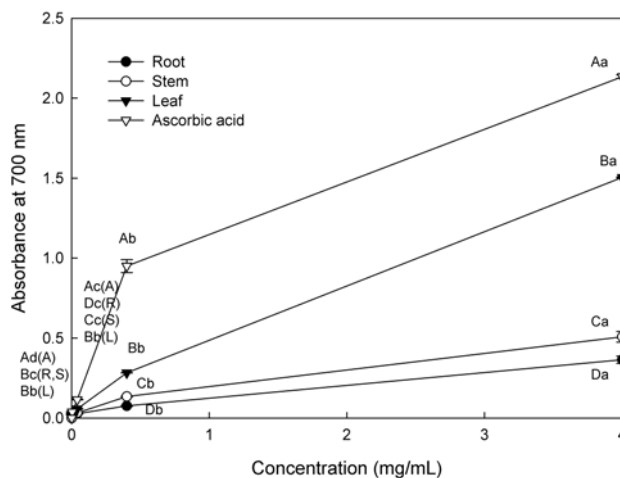
물은 잎, 줄기 및 뿌리 모두 4 mg/mL 농도에서 96%의 라디칼 소거능을 보여 천연항산화제인 tocopherol과 유사한 항산화능을 보였다. 0.4 mg/mL 농도에서도 잎 및 줄기 추출물은 96%의 라디칼 소거능을 보였으나, 뿌리 추출물에서는 92%로 다소 낮은 라디칼 소거능을 보였다. Kim 등(39)은 300 ppm 농도에서 두충, 목단 및 작약 추출물이 각각 42, 86 및 80%의 라디칼 소거능을 가진 것으로 보고하여 이와 비교했을 때 와송 에탄올 추출물은 높은 라디칼 소거능을 가진 것으로 판단된다. 반면 물 추출물은 4 mg/mL 농도에서 잎, 줄기 및 뿌리 추출물이 각각 91, 64 및 47%의 값을 보여 에탄올 추출물에 비해 전반적으로 낮은 라디칼 소거능을 보였다. 또한 부위에 따라서는 잎 추출물이 에탄올과 물 모두에서 뿌리 및 줄기에 비해 높은 라디칼 소거능을 나타내었다. 이는 Joung 등(40)의 연구에서 식용백합 부위별 추출물의 라디칼 소거능이 잎에서 가장 높았다는 결과와 유사하다. 일반적으로 천연물에 들어있는 페놀화합물 및 플라보노이드 등의 수산기가 라디칼에 수소를 공여하여 라디칼을 소거시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있다(41,42). 따라서 페놀화합물의 함량이 와송잎 추출물에서 높았던 것에 미루어보아 잎에 들어있는 페놀화합물의 수산기가 라디칼 소거에 영향을 주어 높은 항산화활성을 나타내었을 것으로 사료된다.

**환원력**

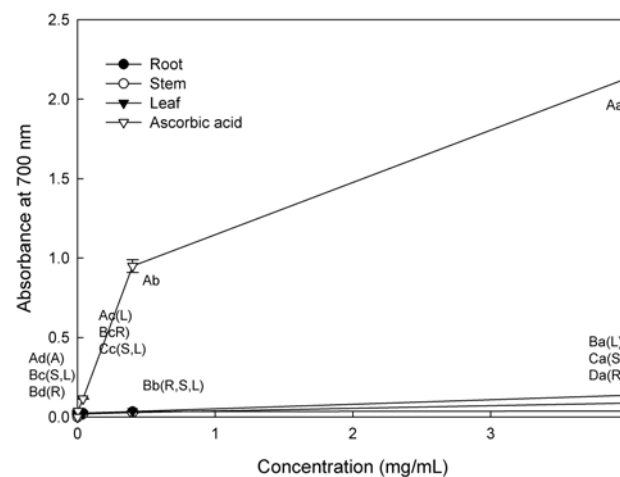
환원력은 시료에 존재하는 reductones가 제공하는 수소 원자가 활성산소 사슬을 분해함으로써 항산화활성을 나타내는 것으로 항산화활성과 직접적으로 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(43,44). 와송 추출물의 부위별 환원력을 측정 한 결과(Fig. 3, 4), 와송 에탄올 추출물은 4 mg/mL 농도에서 잎, 줄기 및 뿌리 추출물이 각각 1.50, 0.51 및 0.36의 환원력을 보였으나, 물 추출물은 각각 0.14, 0.09 및 0.04로 에탄올 추출물에 비해 현저히 낮은 환원력을 나타내었다. 와송 부위별 추출물의 환원력 측정 결과도 DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 페놀화합물 함량이 높은 에탄올 추출물이 물 추출물보다 높은 활성을 보였고, 에탄올과 물 모두에서 잎 추출물이 다른 부위에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. Lee 등(45)은 포도 주스의 페놀함량과 항산화활성 측정 결과 환원력과 페놀함량 간에 상관관계가 높다고 보고하였는데 이는 본 실험 결과와도 일치한다. 따라서 와송에 들어 있는 페놀 성분이 활성산소에 수소 및 전자를 공여함으로써 활성산소 사슬을 파괴하여 높은 환원력을 나타내는 것으로 사료된다(43,44). 하지만 와송 추출물에 있어서의 환원력에 의한 항산화활성은 대조구인 ascorbic acid와 비교할 때 높지 않은 것으로 확인되었다. 이는 와송의 환원성 물질이 항산화활성에 다소 약하게 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

**금속봉쇄력**

금속이온은 유지의 산화 과정에서 산화촉진제로 작용하

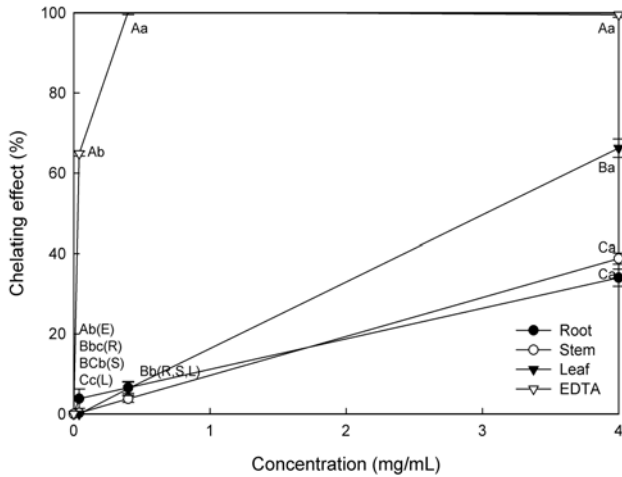


**Fig. 3. Reducing power of *Orostachys japonicus* ethanol extracts.** <sup>A-D</sup>Means in the same concentration bearing different superscript are significantly different (p<0.05). <sup>a-d</sup>Means in the same part bearing different superscript are significantly different (p<0.05). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (A): ascorbic acid.

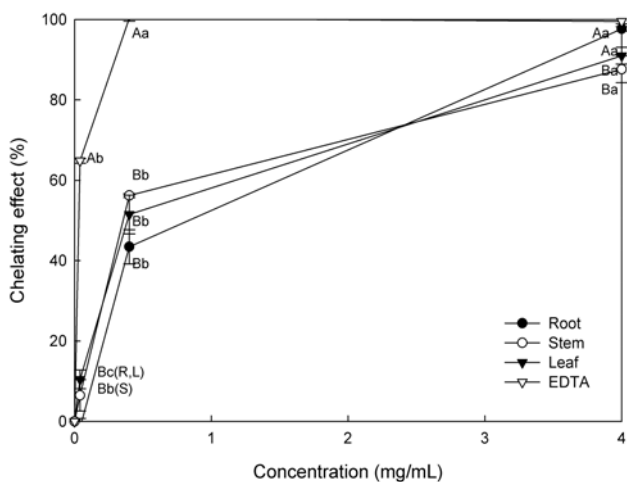


**Fig. 4. Reducing power of *Orostachys japonicus* water extracts.** <sup>A-D</sup>Means in the same concentration bearing different superscript are significantly different (p<0.05). <sup>a-d</sup>Means in the same part bearing different superscript are significantly different (p<0.05). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (A): ascorbic acid.

며, 특히 Co, Cu, Fe, Mn, Ni 등과 같은 금속은 주요 prooxidant로 지방의 산화를 촉진시킨다. 따라서 유지에 EDTA와 같은 금속 chelate 화합물을 첨가하면 이러한 금속을 봉쇄하여 금속 촉매제로 인한 자유 라디칼의 생성을 막아 산화를 방지하는 작용을 하는 것으로 알려져 있다(46). 이에 와송 추출물의 부위별 금속봉쇄력을 알아본 결과(Fig. 5, 6), 와송 에탄올 추출물의 경우 4 mg/mL 농도에서 잎이 66%로 뿌리 및 줄기의 39와 34%에 비해 높은 금속봉쇄력을 나타내었다. 반면 와송 물 추출물은 뿌리에서 98%로 EDTA의 99%와 유사한 금속봉쇄력을 보였으며 줄기 및 잎에서도 88, 91%로 높은 금속봉쇄력을 보였다. Kanatt 등(47)의 연구에 따르면 4 mg/mL 농도의 민트 물 추출물이 약 80%의 금속봉쇄력을



**Fig. 5. Chelating effect of *Orostachys japonicus* ethanol extracts.** <sup>A-C</sup>Means in the same concentration bearing different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ). <sup>a-c</sup>Means in the same part bearing different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (E): EDTA.



**Fig. 6. Chelating effect of *Orostachys japonicus* water extracts.** <sup>A,B</sup>Means in the same concentration bearing different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ). <sup>a-c</sup>Means in the same part bearing different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ). (R): root, (S): stem, (L): leaf, (E): EDTA.

나타내어 와송 물 추출물이 뛰어난 금속봉쇄력을 가진 것을 알 수 있었다. 와송의 경우, DPPH 라디칼 소거능과 환원력은 에탄올 추출물에서 높은 활성을 보이거나 금속봉쇄력은 물 추출물에서 높은 활성을 나타내었다. 이는 Lee 등(48)의 용매별 노랑느타리 버섯의 활성에 대한 연구에서 DPPH 라디칼 소거능은 에탄올 추출물에서 높은 값을 보였으나 금속봉쇄력은 물 추출물에서 높았던 것과 일치하는 결과이다. 일반적으로 항산화 작용은 라디칼 소거, 연쇄 반응 개시의 방해, 전이금속물의 봉쇄, 과산화물의 분해 등과 같은 반응이 복합적으로 작용하여 나타난다(49). 와송의 경우 에탄올 추출물은 DPPH 라디칼 소거능, 환원력에서 높은 효과를 보였고, 물 추출물은 금속봉쇄력에서 높은 활성을 보인 것으로 보아 에탄올 추출물은 주로 라디칼 소거작용에, 물 추출물은 전이

금속 봉쇄작용에 의해 항산화 효과를 나타내는 것으로 사료된다.

**열 안정성**

식품에 있어서 열처리 공정은 식품의 기호성 및 저장성 향상의 목적으로 사용된다. 하지만 열처리 공정은 영양소의 파괴 및 생리활성물질의 손실 등의 문제점을 가지고 있다(50). 합성항산화제로 널리 이용되어온 BHT, BHA 등은 열에 불안정하여 생리활성이 감소되는 문제점을 가지고 있어 열에 안정한 천연물 유래 항산화 물질의 탐색이 요구되고 있다(51). 이에 와송잎 에탄올 추출물이 뛰어난 항산화활성을 나타내어 이를 천연항산화제로써 사용하기 위해 식품 제조 공정상 중요한 열처리 조건이 항산화활성에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 와송잎 에탄올 추출물을 60°C에서 10, 30 및 60분, 80°C와 100°C에서 각각 10 및 20분, 121°C에서 15분간 열처리 한 후 항산화활성을 알아보기 위해 총 페놀화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다. 그 결과 (Table 4), 0.4 mg/mL 농도에서 페놀화합물 함량은 모든 처리구에서 17~19 mg/g of dry sample의 값을 보여 무처리구의 18 mg/g of dry sample과 변화가 없이 안정하게 유지되었다. 또한 DPPH radical 소거능에서도 모든 처리구에서 무처리구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 Kim 등(52)이 보고한 감초 에탄올 추출물에 80, 100, 120 및 180°C에서 각각 30분간 열처리하여 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 80°C에서는 초기 활성을 유지하였으나 100°C 이후로는 활성이 감소하는 결과와는 다른 경향이었으나 꽤 추출물의 항산화능이 60~121°C 온도범위에서 유지된 것과는 유사한 결과(53)로 와송잎 유래의 항산화 물질이 열에 안정함을 알 수 있었다.

**pH 안정성**

식품은 자체가 지니는 고유의 pH가 있어서 가공식품에 항산화제 첨가 시 식품 고유의 pH에서 안정한 항산화활성을 나타낼 수 있어야 한다. 와송잎 에탄올 추출물의 pH를 측정

**Table 4. Effect of heat treatment on antioxidant ability of *Orostachys japonicus* ethanol extracts**

Temp. (°C)	Time (min)	TPC (mg/g of dry sample)	DPPH radical scavenging effect (%)
60	10	18.89 ± 0.35 <sup>a</sup>	95.62 ± 0.10 <sup>a</sup>
	30	16.58 ± 0.00 <sup>c</sup>	95.66 ± 0.16 <sup>a</sup>
	60	17.18 ± 0.23 <sup>bc</sup>	95.55 ± 0.42 <sup>a</sup>
80	10	17.42 ± 0.04 <sup>bc</sup>	95.42 ± 0.31 <sup>a</sup>
	20	17.53 ± 0.12 <sup>bc</sup>	95.48 ± 0.43 <sup>a</sup>
100	10	16.85 ± 0.08 <sup>bc</sup>	95.45 ± 0.42 <sup>a</sup>
	20	17.99 ± 0.61 <sup>ab</sup>	95.48 ± 0.42 <sup>a</sup>
121	15	16.96 ± 0.61 <sup>bc</sup>	95.86 ± 0.23 <sup>a</sup>
Control		17.77 ± 0.08 <sup>abc</sup>	95.63 ± 0.42 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup>Means in the same column bearing different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 5. Effect of pH treatment on antioxidant ability of *Orostachys japonicus* ethanol extracts

pH	TPC (mg/g of dry sample)	DPPH radical scavenging effect (%)
2	14.81 ± 0.12 <sup>b</sup>	95.57 ± 0.37 <sup>a</sup>
4	15.76 ± 0.08 <sup>a</sup>	95.46 ± 0.36 <sup>a</sup>
6	12.82 ± 0.08 <sup>c</sup>	95.60 ± 0.30 <sup>a</sup>
8	11.30 ± 0.00 <sup>d</sup>	95.36 ± 0.27 <sup>a</sup>
10	9.05 ± 0.19 <sup>e</sup>	94.98 ± 0.21 <sup>a</sup>
Control	16.03 ± 0.31 <sup>a</sup>	95.63 ± 0.21 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup>Means in the same column bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

한 결과(Table 1), 4.78의 값을 보였다. 와송잎 에탄올 추출물의 pH 안정성을 알아보기 위해서 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 추출물을 처리한 결과(Table 5), 와송잎 에탄올 추출물의 본래 pH(pH 4.7)와 비슷한 pH 4 처리구를 제외한 모든 pH 처리구에서 무처리구에 비해 유의적으로 감소된 페놀화합물 함량을 보였다. 특히, pH 6, 8 및 10에서는 각각 12.82, 11.30 및 9.05 mg/g of dry sample의 값을 보여 페놀화합물 함량이 pH가 증가할수록 유의적으로 감소함을 알 수 있었다. 이를 통해 와송잎 에탄올 추출물의 총 페놀화합물 함량이 pH 변화에 매우 민감하며, 특히 알칼리성에 가까워질수록 더욱 크게 감소됨을 알 수 있었다. 이는 Lee 등(54)이 올리브 잎 추출물의 pH 안정성을 측정된 결과, pH 10 이상에서 페놀함량이 감소된 것과 유사한 경향으로 일부 페놀화합물들이 높은 pH에 불안정하여 파괴되었기 때문으로 사료된다. 그러나 DPPH radical 소거능 측정 결과, 페놀화합물 함량 결과와는 다르게 모든 pH 범위에서 95%의 높은 라디칼 소거능을 보였다. 이를 통해, 와송잎의 총 페놀 화합물 함량은 pH에 큰 영향을 받으나, 많은 종류의 페놀 화합물 중 와송잎의 항산화활성에 관여하는 페놀 물질은 pH에 안정하여 DPPH radical 소거활성은 높게 유지된 것으로 사료된다. 한편, Azizah 등(55)은 플라보노이드 화합물의 항산화능이 pH 7~10 범위에서 뛰어난 활성을 나타낸다고 보고하였다. 따라서 알칼리 조건에서 변성되지 않고 남아있는 와송잎 추출물의 플라보노이드 화합물이 염기성 조건에서 효과적으로 작용하여 높은 항산화활성을 나타낼 수 있었을 것으로 생각된다. 그러나 이를 좀 더 정확히 확인하기 위해 와송잎의 항산화 활성 물질을 분리하여 pH 안정성을 측정하는 연구가 앞으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

### 요 약

와송의 부위별 에탄올 및 물 추출물의 항산화활성을 알아 보고 열 및 pH 처리가 와송 추출물의 항산화활성에 미치는 영향을 파악하여 식품산업에의 이용 가능성을 알아보았다. 와송 부위별 추출물의 항산화활성을 측정된 결과, 총 페놀화합물 함량은 잎, 줄기 및 뿌리 순으로 높은 함량을 보였으며

rancimat에 의한 지질산화 억제능은 4 mg/mL 농도에서 에탄올 추출물의 산화안정지수가 잎 및 뿌리에서 1.92 및 2.00의 값을 보여 1.28의 값을 보인 줄기에 비해 높은 억제능을 보였다. DPPH 라디칼 소거능의 경우, 잎, 줄기 및 뿌리 에탄올 추출물이 0.4 mg/mL 농도에서 92~96%의 값을 보여 천연항산화제인 tocopherol과 유사한 소거능을 보였으며 물 추출물은 잎, 줄기 및 뿌리 순으로 높은 소거능을 보였다. 환원력도 잎, 줄기 및 뿌리 순으로 높은 값을 나타냈다. 반면, 금속봉쇄력은 에탄올 추출물은 잎에서 높은 금속봉쇄 효과를 보였으나 물 추출물에서는 잎, 줄기 및 뿌리 모두 4 mg/mL 농도에서 90%에 가까운 금속봉쇄력을 보여 킬레이트제인 EDTA와 유사한 활성을 보였다. 이를 통해 와송의 잎, 줄기 및 뿌리 모두 DPPH 라디칼 소거능, 금속봉쇄력을 통해 높은 항산화활성을 가지며, 그중 특히 잎 에탄올 추출물이 가장 높은 활성을 가지는 것을 알 수 있었다. 이에 와송잎 에탄올 추출물을 열 및 pH 처리한 결과 라디칼 소거능이 무처리구와 유사한 값을 보여 와송잎 추출물이 열 및 pH에 안정함을 알 수 있었다. 이상의 결과를 통해 와송잎 추출물은 열 및 pH에 안정하며 높은 항산화활성을 가져 천연항산화제로서 식품에 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 문 헌

- Ames BN, Saul RL. 1987. Oxidative DNA damage, cancer and aging. Oxygen and human disease. *Ann Inter Med* 107: 536-539.
- Choe SY, Yang KH. 1982. Toxicological studies of anti-oxidants buthylated hydroxytoluene (BHT) and buthylated hydroxy anisole (BHA). *Korean J Soc Food Sci Technol* 14: 283-288.
- Bae EA, Moon GS. 1997. A study on the antioxidative activities of Korean soybeans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 203-208.
- Cha BC, Lee SK, Lee HW, Lee E, Choi MY, Rhim TJ, Park HJ. 1997. Antioxidant effect of domestic plants. *Korean J Pharmacogn* 28: 15-20.
- Choi U, Shin DH, Chang YS, Shin JI. 1992. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J Food Sci Technol* 24: 142-148.
- Kim KT, Kim JO, Lee GD, Kwon JH. 2005. Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Polygonatum odoratum* root extracts with different steaming and roasting conditions. *Korean J Food Pres* 12: 166-172.
- Park HJ, Choi JS, Chung HY. 1998. The antioxidant activity in extracts of *Symphycaradia latiuscula*. *J Korean Fish Soc* 31: 927-932.
- Lee BH, Choi BW, Chun JH, Yu BS. 1996. Extraction of water soluble antioxidants from seaweeds. *J Korean Ind Eng Chem* 7: 1069-1077.
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27: 978-984.
- Lee SJ, Sung NJ, Jeong HG, Shin JH, Chung YC, Seo JK. 2008. Antioxidant activities of methanol extracts from *Prunella vulgaris*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1535-1541.

11. Lee YS. 2007. Physiological activities of ethanol extracts from different parts of *Ailanthus altissima*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 389-394.
12. Choi MR, Yoo EJ, Song SH, Kang DS, Park JC, Lim HS. 2001. Comparison of physiological activity in different parts of Dolsan leaf mustard. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 721-725.
13. 정보집. 1990. 향약대사전. 영림사, 서울. p 600.
14. Kwon J, Han KS. 2004. Effects of *Orostachys japonicus* A. Berger on the immune system. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 315-320.
15. Choi SY, Kim JG, Sung NJ. 2008. Studies on the physicochemical characteristics and NDMA formation of *Orostachys japonicus* A. Berger. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21: 148-156.
16. Yu EA, Lee SJ, Lee SG, Kang JH, Shin SC. 2006. Total phenol contents and antioxidant activity in *Orostachys japonicus* A. Berger grown under various cultivation conditions. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 234-238.
17. Choi SY, Chung MJ, Sung NJ. 2008. Studies on the antioxidative ability of methanol and water extracts from *Orostachys japonicus* A. Berger according to harvest times. *Korean J Food & Nutr* 21: 157-164.
18. Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I—The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10: 63-68.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1990-2100.
20. Shimada K, Fujikawa K, Yahara K, Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J Agric Food Chem* 40: 945-948.
21. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
22. Lim SI. 2000. Purification and characterization of protease produces by *Aspergillus wentii* isolated from Korean traditional Meju. *Korean J Food Sci Technol* 32: 161-167.
23. Jin TY, Lee WG, Lee IS, Wang MH. 2008. Changes of physicochemical, sensory and antioxidant activity characteristics in rice wine, *Yakju* added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Food Sci Technol* 40: 201-206.
24. Kim JY, Lee JA, Park SY. 2007. Antibacterial activities of *Oenothera laciniata* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 255-261.
25. Kim HJ, Jun BS, Kim SK, Cha JY, Cho YS. 2000. Polyphenolic compound content and antioxidative activities by extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1127-1132.
26. Choi SY, Kim SY, Hur JM, Choi HG, Sung NJ. 2006. Antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum thunbergii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 139-144.
27. Choi YM, Chung BH, Lee JS, Cho YG. 2006. The antioxidant activities of *Artemisia* spp. collections. *Korean J Crop Sci* 51: 209-214.
28. Lee SH, Jin YS, Heo SI, Shim TH, Sa JH, Choi DS, Wang MH. 2006. Composition analysis and antioxidative activity from different organs of *Cirsium setidens* Nakai. *Korean J Food Sci Technol* 38: 571-576.
29. 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 Medicinal J Crop Sci* 12: 237-242.
30. Moo JS, Kim SJ, Park YM, Hwang IS, Kim EH, Park JW, Park IB, Kim SW, Kang SG. 2004. Antimicrobial effect of methanol extracts from some medicinal herbs and the content of phenolic compounds. *Korean J Food Pres* 11: 207-213.
31. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung Island. *Korean J Food Sci Technol* 37: 233-240.
32. Kim NS, Lee KT. 2007. Physicochemical properties of functional oils produced using red yeast-rice ethanol extracts and diacylglycerol oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 201-208.
33. Lim DK, Choi U, Shin DH. 1996. Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 28: 83-89.
34. Kim MJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Lee SJ, Yoon SY, Kim AR, Jeon YJ, Park JG, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2008. Effect of  $\gamma$ -irradiation on antioxidant and physicochemical properties of *Ishige okamurai* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1485-1490.
35. Woo NRY, Kim TS, Park CG, Seong HJ, Ko SB, Kang MH. 2005. Antioxidative and antimicrobial activities of extracts from different parts of *Crotalaria sessiflora* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 948-952.
36. Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proc Natl Acad Sci USA* 90: 7915-7922.
37. Lee BB, Park SR, Han CS, Han DY, Park EJ, Park HR, Lee SC. 2008. Antioxidant activity and inhibition activity against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of *Viola mandshurica* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 405-409.
38. Huang D, Ou B, Prior RL. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem* 53: 1841-1856.
39. Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. 1995. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 80-85.
40. Joung YM, Park SJ, Lee KY, Lee JY, Suh JK, Hwang SY, Park KE, Kang MH. 2007. Antioxidative and antimicrobial activities of *Lilium* species extracts prepared from different aerial parts. *Korean J Food Sci Technol* 39: 452-457.
41. Park YK, Choi SH, Kim SH, Jang YS, Han JY, Chung HG. 2008. Functional composition and antioxidant activity from the fruits of *Rubus coreanus* according to cultivars. *Mokchae Konghak* 36: 102-109.
42. Frankel EN, Kanner J, German JB, Parks E, Kinsella JE. 1993. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet* 341: 454-457.
43. Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In *Food antioxidants*. Hudson BJB, ed. Elsevier Applied Science, London, UK. p 1-18.
44. Arabshahi-Delouee S, Urooj A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chem* 102: 1233-1240.
45. Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK. 2008. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Korean J Food Pres* 15: 445-449.
46. Cho MZ, Hahn TS, Kwon TB, Oh SK. 1989. Antioxidant effect of some chelating agents on soybean oil. *J Korean Agric Chem Soc* 32: 30-36.
47. Kanatt SR, Chander R, Sharma A. 2007. Antioxidant poten-



- tial of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chem* 100: 451-458.
48. Lee YL, Huang GW, Liang ZC, Mau JL. 2007. Antioxidant properties of three extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. *LWT* 40: 823-833.
49. Feng T, Du Y, Li J, Hu Y, Kennedy JF. 2008. Enhancement of antioxidant activity of chitosan by irradiation. *Carbohydr Polym* 73: 126-132.
50. Gazzani G, Papetti A, Massolini G, Daglia M. 1998. Antioxidative and pro-oxidant activity of water soluble components of some common diet vegetables and the effects of thermal treatment. *Food Chem* 6: 4118-4122.
51. Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. 2000. Thermal stability of some commercial synthetic antioxidants. *JAACS* 77: 933-936.
52. Kim SJ, Kweon DH, Lee JH. 2006. Investigation of anti-oxidative activity and stability of ethanol extracts of licorice root (*Glycyrrhiza glabra*). *Korean J Food Sci Technol* 38: 584-588.
53. Kim MJ, Choi JS, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Lee SJ, Kim SJ, Yoon SY, Jeon YJ, Ahn DH. 2009. Effects of heat and pH treatments on antioxidant properties of *Ishige okamurai* extract. *Korean J Food Sci Technol* 41: 50-56.
54. Lee OH, Lee HB, Lee JS, Lee BY. 2005. Optimization of extraction condition and stability of olive leaf extract. *Korean J Food Sci Technol* 37: 178-182.
55. Azizah AH, Nik Ruslawati NM, Tee TS. 1999. Extraction and characterization of antioxidant from cocoa by-products. *Food Chem* 64: 199-202.

(2009년 7월 14일 접수; 2009년 11월 9일 채택)