

건조 방법에 따른 와송의 항산화 효과

이수정¹ · 서종권² · 신정혜³ · 이현지¹ · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

²한국국제대학교 식품과학부

³남해대학 호텔조리제빵과

Antioxidant Activity of Wa-song (*Orostachys japonicus* A. Berger) According to Drying Methods

Soo-Jung Lee¹, Jong-Kwon Seo², Jung-Hye Shin³, Hyun-Ji Lee¹, and Nak-Ju Sung^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Division of Food Science, International University of Korea, Jinju 663-759, Korea

³Dept. of Hotel Culinary Arts & Bakery, Namhae College, Namhae 668-801, Korea

Abstract

Antioxidant activity of wa-song (*Orostachys japonicus* A. Berger) was analyzed to clarify the influence of extractive solvent and drying method such as sun, hot-air and freeze drying. The contents of total phenols and flavonoids were significantly higher in 95% ethanol extracts than water extracts. Ability of reducing power and DPPH radical, hydroxyl radical and nitrite scavenging ability were higher in the order of hot-air dried sample > freeze dried sample > sun dried sample and these abilities were also higher in 95% ethanol extracts than water extracts. In conclusion, antioxidant activities of wa-song extracts were in proportion to the contents of total phenols and flavonoids. Also, hot-air drying is the superior method for the enhancement of antioxidant activity of wa-song.

Key words: wa-song, antioxidant activity, hot-air drying

서 론

지금까지 생체내외에서의 산화를 방지하기 위하여 수많은 항산화 물질들이 개발되어 왔는데, 그 효과와 경제적인 측면을 고려할 때 BHA(butylated hydroxy anisole)와 BHT(butylated hydroxy toluene)를 들 수 있다(1). 그러나 가공식품의 다양화로 인해 이들의 사용량이 계속해서 증가하고, 또 이에 대한 부작용이 밝혀짐에 따라 천연 항산화제의 개발에 대한 욕구가 높아지고 있다(2). 그러나 아직까지 ascorbic acid 및 tocopherol을 대체할 만한 천연 항산화제 개발은 미진한 상태이다(3). 최근 건강식품의 수요 증대로 인해 천연식물자원을 이용한 기능성식품의 개발에 활기를 띄고 있고, 또 약용식물의 재배가 증가되고 있는 바 이들을 유용하게 사용하기 위해서는 그 효능에 관한 과학적인 근거의 제시가 절실히 요구되고 있다.

와송(Wa-song, *Orostachys japonicus* A. Berger)은 오래된 기와지붕 위나 깊은 산의 바위 위에 자라고 있는 들나무과(Crassulaceae)의 여러해살이식물로 잎은 살이 찌고 버들

잎 모양으로 줄기를 둘러싸고 무더기로 자라는데, 기와지붕 위에서 자라는 모양이 소나무 잎이나 꽃을 닮아서 우리나라에서는 와송 또는 바위솔이라고 불린다. 와송은 우리나라에서 오래전부터 민간요법으로 간염, 종기에 대한 면역작용, 지혈제 및 암치료제 등으로 사용되어져 왔으며(4), 최근 와송에 존재하는 phytochemicals로 sterol, triterpenoid류, 플라보노이드류 및 페놀 화합물 등이 분리되었고, 소화기 계통의 암에 효과가 좋은 것으로 알려지면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(5-8). Park 등(9)은 와송의 *Salmonella* Typhimurium TA 98 및 TA 100 균주를 사용한 실험에서 aflatoxin B₁에 대한 강한 항돌연변이 작용이 있으며, sterols, triterpenes, 플라보노이드 성분에 의한 복합작용에 의한 것으로 보고한 바 있다. 또한 와송 메탄올추출물은 마우스 시상하부 신경세포에서 H₂O₂에 의한 apoptosis에 방어효과를 내는데, 주된 생리활성 물질은 비극성 화합물이며(10), 와송 지상부의 물추출물은 HIV-1 단백질분해효소에 대한 저해활성이 있는 것으로 보고되어 있다(7). Choi(11)는 와송 생시료의 용매별 추출물에서 항산화 활성과 N-nitroso-

*Corresponding author. E-mail: snakju@gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5975, Fax: 82-55-751-5971

dimethylamine(NDMA) 생성억제에 미치는 영향을 분석한 결과, 클로로포름 분획물에서 라디칼의 소거능과 지질산화 억제능이 뛰어났으며, pH 2.5에서 NDMA 생성억제능도 92.5%로 높았는데, 유효 물질로는 3,4-dihydroxybenzoic acid, catechin, kaempferol, quercetin, gallic acid 등이 있음을 확인·동정한 바 있다.

이와 같이 와송의 항암작용 및 유효 생리활성 물질에 관하여 이미 많은 연구가 수행되어져 왔는데, 이들 연구에 사용된 대부분의 와송 시료는 음건하였거나(5,8), 건조 방법이 뚜렷이 제시되지 않은 것(10,12) 또는 생시료(9,11)를 이용한 분석에 국한되어 있다. 일시적으로 수확되며, 수분의 함량이 높은 와송의 저장을 위해서는 건조가 불가피한데, 식품의 건조에는 건조 방법, 온도, 시간, 태양 광선의 존재 여부 등 다양한 조건이 관여하고 있으며 이들 조건은 식품에 함유된 유효 생리활성 성분에도 영향을 미칠 것으로 추정된다. 따라서 본 연구에서는 와송의 건조 방법에 따른 생리활성의 차이를 비교 분석하고자 와송을 채취하여 천일건조, 열풍건조 및 동결건조 방법으로 각각 건조한 후 물과 95% 에탄올로 추출하여 와송 추출물의 항산화활성을 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 와송(*Orostachys japonicus* A. Berger)은 경남 산청 지역의 산에 자생하고 있는 것을 2006년 9월 중 채취하였으며, 실험실로 옮겨 와송의 지상부를 취하여 각각 열풍건조, 천일건조 및 동결건조시켰다. 열풍건조는 열풍건조기(L×W×H=540×540×760 mm CF-21WF, JEIOTECH, Korea)를 사용하여 5 m/h의 유속으로 공기순환하여 내부온도 70~80°C로 유지하여 7~9시간 동안 건조시켰으며, 천일건조는 22~25°C의 실온에서 8~10일간 건조시켰고, 동결건조는 동결건조기(PVTFD 100R, ILSHINLAB, Korea)를 사용하여 -70°C, 진공도 10 mm Torr의 조건에서 동결건조하였다. 건조수율은 건조 전 시료에 대한 건조 후 무게백분율로 계산하였다.

시료의 추출

건조 방법을 달리하여 얻은 3종의 와송 건조 시료는 거칠게 마쇄한 후 시료 100 g에 10배의 증류수 및 95% 에탄올을 각각 가하여 95°C 수욕상에서 3시간 동안 환류냉각하면서 2회 반복 추출하였다. 추출물은 여과 후 70°C 수욕상에서 감압농축하여 완전 건조시킨 다음 건조물의 무게를 측정하였고, -40°C 동결고에 보관해 두고 실험에 사용하였다. 추출수율은 추출 전 와송 건조 시료에 대한 추출물의 완전건조 후 무게백분율로 계산하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(13)에 따라 각 추출물 1

mL에 Foline-Ciocalteau 시약 및 10% Na₂CO₃용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma Co., USA)를 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 총 페놀 함량을 산출하였다. 총 플라보노이드는 Moreno 등(14)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma Co., USA)을 표준물질로 하여 얻은 표준검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

DPPH에 대한 전자공여능의 측정

전자공여작용은 Blois(15)의 방법을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)에 대한 전자공여 효과로 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 일정농도의 시료 추출물에 DPPH 용액을 가하여 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었으며, positive control로 ascorbic acid 및 BHT를 사용하여 비교하였다.

환원력 측정

Oyaizu(16)의 방법에 따라 시료 1 mL에 인산 완충액(200 mM, pH 6.6) 및 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 차례로 가한 다음 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA용액을 1 mL 가하여 13,500×g에서 15분간 원심분리한 후 얻은 상정액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로 ascorbic acid 및 BHT를 시료와 동일 농도로 제조하여 비교하였으며, 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

Hydroxyl radical 소거능 측정

Gutteridge(17)의 방법에 따라 시험관에 1 mM FeSO₄/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 시료 0.2 mL, 0.1 M phosphate buffer(pH 7.4) 1.2 mL 및 10 mM H₂O₂ 0.2 mL를 차례로 가한 다음 37°C에서 1시간 반응시킨 후 2.8% TCA용액 1 mL를 가하고 95°C 수욕상에서 10분간 반응시킨 후 급냉하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 hydroxyl 라디칼 소거능은 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A-O}{B-O}\right) \times 100$$

O: Absorbance of no treatment at 532 nm

A: Absorbance of sample treatment at 532 nm

B: Absorbance of control treatment at 532 nm

SOD 유사활성

Marklund와 Marklund의 방법(18)에 따라 일정비율로 희

석한 시료액 0.2 mL에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD(superoxide dismutase) 유사 활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 비교하여 백분율(%)로 나타내었다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능은 Kato 등(19)과 Kim 등(20)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 각 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M 구연산 완충액으로 각각 pH 2.5, 4.2 및 6.0으로 보정한 다음 완충액을 가하여 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL를 차례로 가한 후 진탕 혼합하여 실온에서 15분간 방치 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 가하여 측정하였으며, 아질산염 소거능은 $100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) \times 100]$ 으로 나타내었다.

통계처리

각 실험은 5회 이상 반복실험을 통하여 결과를 얻어 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리하였으며, 각각의 시료에 대해 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

건조 및 추출수율

천일건조, 열풍건조 및 동결건조한 후 물 및 95% 에탄올로 추출한 와송의 건조 및 추출수율은 Table 1과 같다. 건조수율은 열풍건조 시료에서 10.0%로 가장 높았으며, 다음으로 동결건조 시료(8.20%) 및 천일건조 시료(6.25%)의 순이었다. 추출수율은 에탄올추출물에서 1% 미만이었으나, 물추출물은 열풍건조 시료에서 2.76%로 가장 높았고, 천일건조 시료에서 0.68%로 가장 낮았다. 물추출물이 에탄올추출물에 비해 약 3.83~8.57배 정도 수율이 높았는데, 이는 식물체에 폴리페놀 화합물이나 방향족 아민류 등의 수용성 물질

Table 1. Yields in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (%)

Conditions of sample treatment	Drying methods		
	Sun dry	Hot air dry	Freezed dry
Drying	6.25	10.00	8.20
Water extract	0.68	2.76	1.80
95% ethanol extract	0.13	0.72	0.21

의 존재 비율이 높고 이들이 극성용매에 쉽게 용출되기 때문에 추출에 사용되는 용매의 극성이 높을수록 용출되는 가용성 고형분의 양이 증가하기 때문이라고 한 보고(21)와 유사한 것으로 생각된다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

건조 방법을 달리하여 얻은 와송 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 2와 같다. 모든 시료에서 총 페놀 함량은 플라보노이드 함량보다 높게 정량되었으며, 건조 방법 및 추출 용매에 따라 와송 추출물간의 함량 차이에 유의적인 차이를 보였다. 총 페놀 함량은 열풍건조 시료의 에탄올추출물에서 $1,210.3 \pm 1.70$ mg/100 g으로 가장 높았으며, 다음으로 동결건조 에탄올추출물(834.8 ± 2.52 mg/100 g)이었고, 동결건조 물추출물에서 417.4 ± 1.24 mg/100 g으로 가장 낮게 정량되었다. 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 유사한 경향으로 열풍건조 에탄올추출물에서 989.1 ± 1.27 mg/100 g으로 가장 높았으며, 천일건조 물추출물에서 302.4 ± 3.87 mg/100 g으로 가장 낮았다.

식물 기원의 시료에서 페놀 화합물은 그 함량은 많을수록 항산화 활성이 높으며(22), 식물시료의 변색에 주된 영향을 미치는 인자로 알려져 있다(23). 플라보노이드류는 polyphenolic substance로서 화학구조에 따라 flavonols, flavones, catechins, isoflavones 등으로 분류되며, 물과 에탄올에 대한 용해도가 다르고 이들의 구조적 차이에 따라 과산화지질 생성억제 등의 생화학적 활성에 영향을 준다(24). Kim 등(25)은 20여종의 약용식물류의 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 활성의 상관관계에서 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 많을수록 항산화 활성이 높다고 보고한 바 있다.

본 실험결과에서 물추출물의 경우, 열풍건조 시료에서 총 페놀의 함량이 가장 높았는데, 이는 와송의 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 채취시기에 따라 다르며, 특히 8~10월경 채취된 시료에서 함량이 가장 높았다고 한 결과(11)와 상주

Table 2. Total phenol and flavonoid contents in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (mg/100 g)

Sample code ¹⁾	Phenol contents	Flavonoid contents
S-W	$627.3 \pm 1.27^{c2)}$	302.4 ± 3.87^a
H-W	780.1 ± 1.18^d	517.3 ± 3.52^d
F-W	417.4 ± 1.24^a	319.2 ± 1.93^b
S-E	521.7 ± 2.31^b	485.8 ± 2.14^c
H-E	$1,210.3 \pm 1.70^f$	989.1 ± 1.27^f
F-E	834.8 ± 2.52^e	724.6 ± 2.18^e

¹⁾S-W: water extract from sun dried wa-song, H-W: water extract from hot air dried wa-song, F-W: water extract from freeze dried wa-song, S-E: ethanol extract from sun dried wa-song, H-E: ethanol extract from hot air dried wa-song, F-E: ethanol extract from freeze dried wa-song.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

Table 3. DPPH radical scavenging ability in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (%)

Sample code ¹⁾	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
	100	250	500	1000
S-W	$6.1 \pm 0.08^{b2)}$	12.4 ± 0.10^b	16.9 ± 0.11^a	23.5 ± 0.17^a
H-W	12.0 ± 0.12^e	26.4 ± 0.09^d	33.7 ± 0.12^c	59.2 ± 0.24^c
F-W	3.1 ± 0.06^a	8.5 ± 0.03^a	17.6 ± 0.06^b	34.6 ± 0.20^b
S-E	11.7 ± 0.04^d	29.8 ± 0.10^e	36.6 ± 0.13^d	60.7 ± 0.31^c
H-E	13.6 ± 0.06^f	39.2 ± 0.08^g	53.5 ± 0.38^g	80.5 ± 0.36^f
F-E	10.7 ± 0.10^c	23.4 ± 0.12^e	48.9 ± 0.25^f	74.1 ± 0.27^e
Ascorbic acid	62.8 ± 0.18^h	79.8 ± 0.27^h	81.4 ± 0.33^h	95.5 ± 0.42^g
BHT	27.0 ± 0.12^g	35.7 ± 0.17^f	41.9 ± 0.24^e	63.9 ± 0.28^d

¹⁾Abbreviation: same as in Table 2.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

잎의 폴리페놀 함량이 잎광이 노출된 경우에 높았으며, 햇빛의 노출시간이 세포내 폴리페놀의 함량에 영향을 줄 수 있다고 한 보고(26)로 미루어 볼 때, 와송 열풍건조시료에서 총페놀의 함량이 높게 정량된 것이 열풍건조 조건의 열에 기인한 결과로 추정되어진다. Choi(11)는 물보다 메탄올로 추출한 경우에 총 페놀 및 플라보노이드의 용출량이 증가되어 항산화 활성이 높았다고 보고하였는데, 본 실험결과도 이와 잘 일치하였다.

전자공여능

와송 건조 시료의 물 및 95% 에탄올추출물의 DPPH radical 소거 활성을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 건조 방법에 따라 비교해 보면 1000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 물추출물과 에탄올추출물 모두 열풍건조 시료에서 각각 $59.2 \pm 0.24\%$ 와 $80.5 \pm 0.36\%$ 로 가장 활성이 높았고 다음으로 동결건조와 천일건조의 순이었다. 전자공여능은 추출 용매에 따라서도 차이를 보여 물추출물의 경우 1000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 소거 활성이 60% 미만인데 반하여 에탄올추출물에서는 모두 60% 이상의 높은 활성을 보였다. 와송 추출물의 전자공여능은 positive control로 사용한 ascorbic acid보다 유의적으로 낮았으나, 500 $\mu\text{g/mL}$ 이상의 농도에서는 열풍건조 및 동결건조 에탄올추출물이 BHT보다 높았다.

Na 등(27)은 결명자의 물과 에탄올추출물의 항산화 활성 측정에서 에탄올추출물의 전자공여능이 물추출물보다 우수하였는데, 에탄올추출물 중에 폴리페놀의 용출이 높았기 때문이라고 하였다. 이러한 결과는 솔잎의 열수 및 70% 아세트추출물에서 전자공여능이 페놀함량이 높은 아세트추출물에서 높게 측정되었다는 보고(28)와도 잘 일치한 결과였다. 따라서 식물체 추출물의 DPPH radical 소거에 의한 전자공여능이 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(29), 와송 추출물 중 열풍건조 시료에서 전자공여능이 높았던 것도 이에 함유된 총 페놀 및 플라보노이드 함량에 기인된 것으로 판단된다.

Table 4. Reducing power in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (O.D. value: 700 nm)

Sample code ¹⁾	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
	100	250	500	1000
S-W	$0.10 \pm 0.001^{b2)}$	0.33 ± 0.011^d	0.42 ± 0.005^b	0.54 ± 0.015^a
H-W	0.18 ± 0.003^d	0.27 ± 0.009^b	0.54 ± 0.017^d	0.99 ± 0.010^d
F-W	0.08 ± 0.001^a	0.24 ± 0.003^a	0.38 ± 0.010^a	0.62 ± 0.022^b
S-E	0.20 ± 0.002^e	0.31 ± 0.005^c	0.46 ± 0.008^c	0.78 ± 0.014^c
H-E	0.28 ± 0.001^g	0.53 ± 0.013^g	1.22 ± 0.024^f	1.76 ± 0.023^f
F-E	0.14 ± 0.004^c	0.35 ± 0.015^e	0.57 ± 0.016^e	1.04 ± 0.019^e
Ascorbic acid	0.72 ± 0.013^h	1.84 ± 0.028^h	2.28 ± 0.035^h	2.45 ± 0.015^g
BHT	0.24 ± 0.002^f	0.37 ± 0.012^f	1.24 ± 0.014^g	2.64 ± 0.027^h

¹⁾Abbreviation: same as in Table 2.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

환원력

건조 방법별 와송의 물 및 에탄올추출물에 대한 환원력을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 시료의 농도와 관계없이 모든 실험군에서 ascorbic acid보다는 낮았으나, 열풍건조 에탄올추출물의 경우 100 및 250 $\mu\text{g/mL}$ 첨가 시 흡광도의 값이 각각 0.28 및 0.53으로 동일농도의 BHT에 비해 환원력이 높은 것으로 측정되었다. 1000 $\mu\text{g/mL}$ 농도의 와송 추출물에서 시료간의 환원력 차이는 열풍건조 에탄올추출물 > 동결건조 에탄올추출물 > 열풍건조 물추출물 순으로 흡광도 값이 높았는데, 특히 와송 열풍건조 시료의 항산화능이 가장 우수하여 전자공여능의 결과와 유사하였다. 와송의 물 및 메탄올추출물의 환원력을 비교한 연구에서 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서는 추출 용매에 따른 환원력의 차이가 적었으나, 1000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서는 8~10월경에 채취된 시료에서 2.5~3.4 배나 높은 활성을 보여 와송의 환원력은 메탄올추출물에 용출된 높은 페놀 및 플라보노이드 함량과 채취시기에 따른 일조량 및 기온의 차이에 의한 것으로 보고되어져 있다(11).

Hydroxyl radical 소거능

와송 추출물의 hydroxyl radical에 대한 소거능은 Table 5에 나타난 바와 같이 열풍건조 에탄올추출물($66.5 \pm 0.55\%$)을 제외한 모든 시료에서 50% 미만이었고, ascorbic acid 및 BHT에 비해 유의적으로 활성이 낮았다. 와송 추출물 중 동결건조 물추출물이 4.5~12.5%(100~1000 $\mu\text{g/mL}$)의 범위로 소거능이 가장 낮았으며, 열풍건조 에탄올추출물에서 20.3~66.5%(100~1000 $\mu\text{g/mL}$)로 소거능이 가장 높았다.

Choi(11)는 8~10월경에 채취된 와송 메탄올추출물의 hydroxyl radical 소거능은 1000 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서 58.7~67.5%로 물추출물보다 우수하였으며, 5종의 용매로 재분획한 결과 클로로포름 회분에서 71.1%의 유의적으로 높은 활성을 보였다고 하였다. 발아특수미의 hydroxyl radical 소거능 측정에서 시료의 소거능은 Fenton 반응에서 Fe^{2+} chelation이 아니라 직접적인 radical 제거에 의한 것으로 보고되

Table 5. The scavenging ability of hydroxyl radical in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (%)

Sample code ¹⁾	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
S-W	4.8±0.07 ^{b2)}	6.8±0.06 ^b	12.3±0.08 ^b	15.4±0.14 ^b
H-W	8.4±0.05 ^d	10.5±0.05 ^c	18.3±0.10 ^c	47.3±0.13 ^c
F-W	4.5±0.04 ^a	6.6±0.07 ^a	8.6±0.09 ^a	12.5±0.08 ^a
S-E	7.8±0.06 ^c	12.6±0.10 ^d	23.4±0.12 ^d	33.2±1.15 ^c
H-E	20.3±0.12 ^f	33.1±0.12 ^f	41.7±1.04 ^f	66.5±0.55 ^f
F-E	18.4±0.18 ^e	20.7±0.11 ^e	33.1±1.20 ^e	44.6±1.00 ^d
Ascorbic acid	48.4±1.36 ^g	59.9±1.42 ^h	64.3±0.58 ^h	69.3±1.31 ^g
BHT	50.6±2.19 ^h	52.4±1.23 ^g	61.3±1.25 ^g	75.7±1.17 ^h

¹⁾Abbreviation: same as in Table 2.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

어 있다(30). 즉 hydroxyl radical이 생체 내에서 발생하는 활성산소종 중에서 산화적 손상을 일으키는 유해 라디칼인 것으로 볼 때, 와송 열풍건조 시료는 인체 내에서 산화성 free radical과 반응하는 항산화제로 이용될 수 있는 가능성이 클 것으로 기대된다.

SOD 유사활성

와송의 천일건조, 열풍건조 및 동결건조 시료의 물 및 에탄올추출물이 superoxide와 반응하여 갈변물질을 나타내는 pyrogallol 자동산화 반응으로 SOD 유사활성을 측정할 결과는 Table 6과 같다. 물추출물은 건조 방법 및 첨가 농도에 관계없이 모든 시료에서 25% 미만의 활성을 나타내었으나, 에탄올추출물은 500 µg/mL 이상의 농도에서 20% 이상, 1000 µg/mL의 농도에서는 27.7~56.9%의 활성을 보였다. 건조 방법에 따라서는 물추출물과 에탄올추출물 모두 열풍건조 > 동결건조 > 천일건조의 순으로 여타 항산화 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 이는 건조 방법별 솔잎의 항산화 활성을 비교한 연구에서 열풍건조 시료>시판 건조 시료>생 시료의 순서로 전자공여능 및 SOD 유사활성이 높다는 보고

Table 6. SOD-like activity in water and 95% ethanol extracts from wa-song (*Orostachys japonicus*) with the different drying conditions (%)

Sample code ¹⁾	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
S-W	8.8±0.04 ^{b2)}	11.4±0.04 ^b	13.1±0.05 ^a	14.2±0.13 ^a
H-W	13.2±0.06 ^e	16.4±0.12 ^e	18.7±0.13 ^c	24.2±0.18 ^c
F-W	6.4±0.03 ^a	10.2±0.08 ^a	15.5±0.07 ^b	18.3±0.12 ^b
S-E	9.6±0.05 ^c	12.7±0.05 ^c	20.1±0.14 ^d	27.7±0.21 ^d
H-E	16.2±0.10 ^f	25.4±0.21 ^f	39.8±0.17 ^e	56.9±0.35 ^f
F-E	10.3±0.02 ^d	15.3±0.13 ^d	20.1±0.19 ^d	38.3±0.29 ^e
Ascorbic acid	28.9±0.15 ^g	31.3±0.28 ^g	45.3±0.46 ^f	58.9±0.26 ^g
BHT	31.6±0.17 ^h	42.2±0.23 ^h	50.2±0.61 ^g	59.9±0.17 ^h

¹⁾Abbreviation: same as in Table 2.

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

(31)와도 유사한 결과였다.

SOD(superoxide dismutase)는 지질과산화의 유도반응을 저해하거나 지질과산화의 증폭반응을 정지시켜 일종의 radical 소거제로 작용하는 항산화제이며(32), SOD 유사활성을 나타내는 항산화성 물질로 ascorbic acid, catechin, glutathione과 flavonoid 중 quercetin, myricetin 등이 알려져 있다(29). 따라서 와송의 SOD 유사활성도 상기의 결과와 마찬가지로 페놀 및 플라보노이드의 함량에 의존적인 것으로 판단된다.

아질산염 소거능

건조 방법별 와송 추출물의 아질산염 소거능은 반응조건의 pH를 2.5, 4.2 및 6.0으로 달리하여 각각 측정하였다. Fig. 1

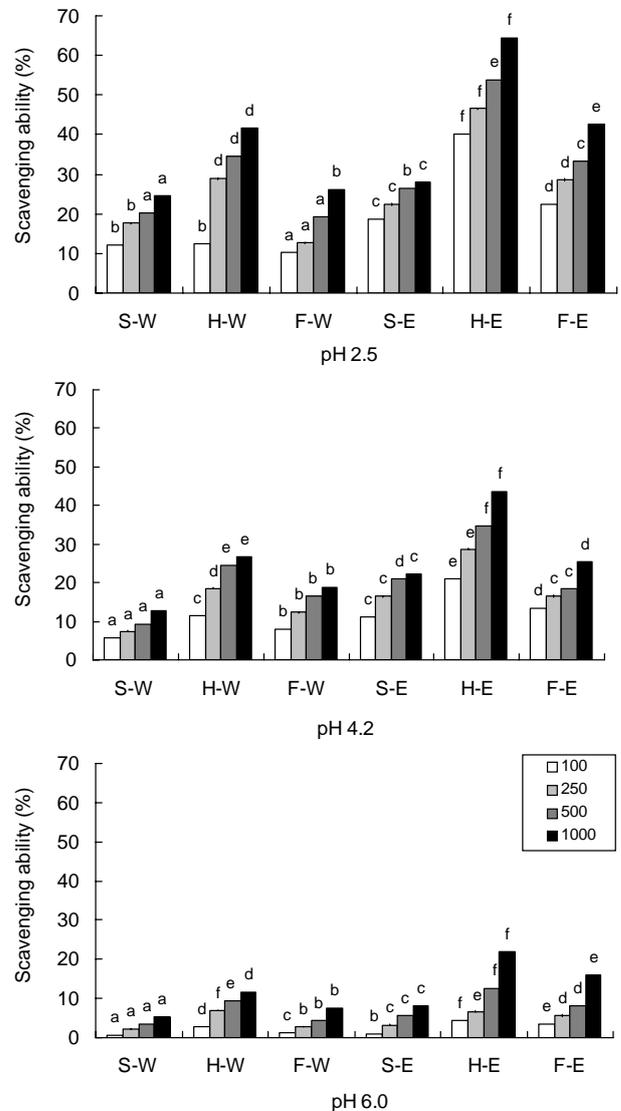


Fig. 1. Nitrite scavenging activity of wa-song (*Orostachys japonicus*) extracts with the different drying conditions in the reaction system of pH 2.5, 4.2 and 6.0.

^{a-f}Means with different superscripts in the same concentration are significantly different at p<0.05.

에 나타난 바와 같이 모든 pH 조건에서 시료의 농도가 증가함에 따라 아질산염 소거능은 상승하였다. pH 2.5의 강산성 조건에서 외송 추출물의 아질산염 소거능은 에탄올추출물이 $18.7 \pm 0.16 \sim 64.3 \pm 0.27\%$ 의 범위로 나타나 물추출물 ($10.4 \pm 0.11 \sim 41.7 \pm 0.23\%$)보다 다소 높았다. 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서 아질산염 소거능은 열풍건조 시료의 에탄올추출물이 가장 높았으며, 다음으로 동결건조 에탄올추출물, 열풍건조 물추출물 순으로 시료 간에 유의적인 차이를 보였다. pH 4.2의 반응조건에서 물추출물의 소거능은 $5.6 \pm 0.08 \sim 26.7 \pm 0.13\%$ 의 범위였으며, 에탄올추출물은 $11.2 \pm 0.10 \sim 43.6 \pm 0.21\%$ 로 pH 2.5 조건의 결과와 유사하였다. pH 6.0에서 아질산염 소거능은 열풍건조 에탄올추출물을 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 첨가시 $22.1 \pm 0.10\%$ 로 가장 높았으며 그 외 실험구에서는 20% 미만이었다.

외송 추출물의 아질산염 소거능은 반응조건의 산성도가 클수록 다소 높게 나타났는데, 산성조건에서 ascorbic acid 등의 환원성 물질과 아질산염이 반응할 경우 수소이온의 농도에 대해 1.5배 정도 비례적으로 반응속도가 증가된다는 보고(33)와 잘 일치한 결과였다. 차류 및 약용식물류의 아질산염 소거능은 메탄올추출물이 물추출물보다 높았는데, 메탄올에서 페놀 화합물의 용출이 높았기 때문이며(34), 영지버섯의 diethylether추출물에서는 68.34%, 표고버섯 butanol추출물은 68.23%로 물추출물보다 아질산염 소거능이 높았다고 보고되어(35) 본 실험 결과와 유사하였다.

요 약

건조 방법이 외송의 항산화 활성에 미치는 영향을 밝히고자 외송을 천일건조, 열풍건조 및 동결건조한 후 물 및 95% 에탄올로 추출하여 항산화 활성을 분석하였다. 총 페놀 및 플라보노이드의 함량은 물보다 에탄올추출물에서 높았으며, 건조 방법에 따라서는 열풍건조 시료에서 유의적으로 높았다. 전자공여능, 환원력, hydroxyl radical 소거능, SOD 유사활성 및 아질산염 소거능은 열풍건조 > 동결건조 > 천일건조 시료의 순으로 높았으며, 물보다 에탄올추출물에서 항산화능이 높았다. 따라서 외송 추출물의 항산화능은 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량에 의존적인 것으로 생각되며, 외송의 항산화능을 증대시키기 위한 적절한 전처리 방법은 열풍건조 방법인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(106012-03-SB010)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Hudson B, Lewis J. 1987. Polyhydroxy flavonoid anti-

- oxidants for edible oil phospholipid as synergist. *Food Chem* 19: 537-541.
2. Branen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc* 52: 59-63.
3. Choi J, 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.
4. Kim JK. 1984. *Illustrated natural drugs encyclopedia*. Namsandang, Seoul. p 447.
5. Park HJ, Lim SC, Lee MS, Young HS. 1994. Triterpene and steroids from *Orostachys japonicus*. *Korean J Pharmacogn* 25: 20-23.
6. Park HJ, Young HS, Park KY, Rhee SH, Chung HY, Choi JS. 1991. Flavonoids from the whole plants of *Orostachys japonicus*. *Arch Pharmacol Res* 14: 167-171.
7. Park JG, Park JC, Hur JM, Park SJ, Choi DR, Shin DY, Park KY, Cho HW, Kim MS. 2000. Phenolic compounds from *Orostachys japonicus* having anti-HIV-1 protease activity. *Natural Product Sciences* 6: 117-121.
8. Park HJ, Young HS, Kim JO, Rhee SH, Choi JS. 1991. A study on the chemical constituents of *Orostachys japonicus* A. Berger. *Korean J Pharmacogn* 22: 78-84.
9. Park HJ, Moon SH, Park KY, Choi JS, Chung HY, Young HS, Suh SS. 1991. Antimutagenic effect of *Orostachys japonicus*. *J Pharmaceut Soc Korea* 35: 253-257.
10. Yoon Y, Kim KS, Hong SG, Kang BJ, Lee MY, Cho DW. 2000. Protective effects of *Orostachys japonicus* A. Berger (Crassulaceae) on H_2O_2 -induced apoptosis in GT1-1 mouse hypothalamic neuronal cell line. *J Ethnopharmacol* 69: 73-78.
11. Choi SY. 2006. Effect of *Orostachys japonicus* extracts on antioxidative activity and N-nitrosodimethylamine formation. *PhD Dissertation*. Gyeongsang National Univ.
12. Kim KH, Kim EY, Kim YO, Baek GO, Kim HB, Lee DS. 2004. Studies on biological activities of the polysaccharides and oligosaccharides of *Orostachys japonicus*. *Korean J Microbiol* 40: 334-341.
13. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
14. Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
15. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
16. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J Nutr* 44: 307-315.
17. Gutteridge JM. 1984. Reactivity of hydroxyl and hydroxyl-like radicals discriminated by release of thiobarbituric acid reactive material from deoxy sugars, nucleosides and benzoate. *Biochem J* 224: 761-767.
18. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 468-474.
19. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
20. Kim DS, Ahn BW, Yeum DM, Lee DW, Kim ST, Park YH. 1987. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components. *Bull Korean Fish Soc* 20: 463-468.
21. Dong S, Jung SH, Moon JS, Rhee SK, Son JY. 2004.

- Antioxidant activities of clove by extraction solvent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 609-613.
22. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed andise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
 23. Choi KS, Lee HY. 1999. Characteristics of useful components in the leaves of Baechohyang (*Agastache rugosa*, O. Kuntze). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 326-332.
 24. Middleton EJ, Kandaswami C. 1994. Potential health promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115.
 25. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36: 333-338.
 26. Collier GF, Valeric CH, Cox EF. 1978. A possible role for chlorogenic acid in calcium related disorders of vegetable crops with particular reference to lettuce tipburn, Commun. *In Soil Sci Plant Anal* 10: 481-485.
 27. Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. 2004. Extraction characteristics and antioxidative activity of *Cassia tora* L. extracts. *Korean J Food Culture* 19: 499-505.
 28. 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.
 29. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
 30. Kang MY, Kim SY, Koh HJ, Chin JH, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of germinated specialty rices. *Korean J Food Sci Technol* 36: 624-630.
 31. Kim SM, Kim EJ, Cho YS, Sung SK. 1999. Antioxidants of pine needle extracts according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 31: 527-534.
 32. Tappel AL. 1980. Vitamin E and selenium protection from *in vivo* lipid peroxidation. *Ann New York Sci* 355: 18-24.
 33. Fox JB, Ackerman SA. 1968. Formation of nitric oxide myoglobin: mechanisms of the reaction with various reductants. *J Food Sci* 33: 364-370.
 34. Lee SJ, Chung MJ, Shin JH, Sung NJ. 2000. Effect of natural plant components on the nitrite-scavenging. *J Fd Hyg Safety* 15: 88-94.
 35. Lee GD, Chang HG, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J Food Sci Technol* 29: 432-436.

(2008년 2월 1일 접수; 2008년 4월 17일 채택)