

하고초 부위별 용매추출물의 항균 및 항산화 활성

서종권¹ · 강민정³ · 신정혜³ · 이수정⁴ · 정혜광² · 성낙주⁴ · 정영철^{1*}

¹한국국제대학교 식품과학부, ²충남대학교 약학대학
³(재)남해마늘연구소, ⁴경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

Antibacterial and Antioxidant Activities of Solvent Extracts from Different Parts of Hagocho (*Prunella vulgaris*)

Jong-Kwon Seo¹, Min-Jung Kang³, Jung-Hye Shin³, Soo-Jung Lee⁴, Hey-Gwang Jeong², Nak-Ju Sung⁴, and Young-Chul Chung^{1*}

¹Dept. of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 663-759, Korea

²Dept. of Toxicology, College of Pharmacy, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Namhae Garlic Research Institute, Gyeongnam 668-812, Korea

⁴Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

Abstract

This study was designed to investigate the effects of antioxidant and antibacterial activities of water, ethanol and methanol extracts from root, stem and flower stalk of Hagocho (*Prunella vulgaris*). The solvent extract yields from root were higher than those from stem and flower stalk, and water extract showed the highest extraction yield against ethanol and methanol extracts. The contents of total phenolic and flavonoid in ethanol extract were significantly higher in stem extract compared with those of root and flower stalk. In the case of water and methanol extracts, however, the contents were the highest in flower stalk. The electron donating ability and reducing power in all test groups were significantly increased in a dose-dependent manner, and antioxidant activities were the highest in methanol extract. In extracts from different parts of Hagocho, the antioxidant activity was the highest in flower stalk followed by stem and root. ABTS radical scavenging ability of water and methanol extracts was above 50% at 100 µg/mL concentration. Antibacterial activities did not show significant differences depending on parts of Hagocho. However, antibacterial activity of ethanol extract was higher than those of other extracts.

Key words: Hagocho (*Prunella vulgaris*), antibacterial activity, antioxidant activity

서 론

생체 내에서 발생하는 하이드록실라디칼($\cdot\text{OH}$), 슈퍼옥사이드라디칼($\cdot\text{O}_2^-$), 과산화수소(H_2O_2) 등과 같은 활성산소 종(reactive oxygen species, ROS)에 의한 산화적 대사 부산물은 노화나 성인병의 원인으로 알려져 있으며(1), 생체는 이들 물질을 제거하기 위한 자기방어 기작을 동시에 가지고 있다. 식물체도 자외선에 의한 산화나 자동산화로부터 자신을 보호하기 위하여 polyphenol류의 항산화 물질을 세포내에 함유하고 있으며, 특히 각종 과채류에 다량으로 존재하는 flavonoid류와 산성 페놀화합물들은 대표적인 항산화성 물질로 항알레르기성 및 항암 활성 등 다양한 생리활성을 가지고 있는 것으로 밝혀져 있다(2). 이외에도 식품 중에 존재하는 대표적인 천연 항산화제로는 ascorbic acid 및 to-

copherol, phenolic 화합물, flavone 유도체, carotenoids, glutathione, 아미노산 등이 밝혀져 있다(3).

소위 성인병으로 불리는 각종 질환들은 생체 내 산화작용과 상관성이 높으므로 천연 항산화제에 대한 중요성은 갈수록 증가하고 있으며, 천연식품 소재로부터 항산화성분을 추출, 분리하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 천연식물류는 과거로부터 섭취되어온 경험으로부터 미루어 볼 때 인체에 유해성이 낮으며, 체내에 잔류하지 않고 항산화 활성뿐만 아니라 면역증진, 항균활성 등 생리활성물질을 다양하게 함유하고 있어 많은 학자들이 관심을 가지고 연구하고 있다(4,5).

하고초(*Prunella vulgaris*)는 꿀풀과에 속하는 여러해살이풀로서 꿀풀(*Prunella vulgaris* L. var. lilacina Nakai)의 지상부를 일컫는다. 하고초의 대표적인 성분으로는 ursolic

*Corresponding author. E-mail: fnjung@hanmail.net
Phone: 82-55-751-8316, Fax: 82-55-751-8310

acid 및 caffeic acid(6), rutin, hyperoside, vitamin, carotenoid, tannin, 유기산(7,8) 등이 알려져 있는데, 지상부에는 sterol과 각종 ursan 및 oleanane계 triterpenoid 성분들이 함유되어 있다(9). 또한 하고초로부터 saponin계인 vulgarsaponin A와 vulgarsaponin B, triterpene계인 ursolic acid와 flavonoid계인 quercetin, hyperoside, ethyl caffeic acid 및 sterol, fatty acids 등을 분리 보고된 바 있다(10). 약리작용에 대한 연구로는 급성독성 및 이노작용, 중추신경에 대한 작용(11)과 소염작용(12), 항알레르기 활성(13), 항염증활성(14), 항산화활성(15,16), 항돌연변이 활성(17)에 대한 보고가 있으며, 또한 하고초의 종류에 따른 지표물질(ursolic acid)의 함량 연구(18)와 하고초 꽃으로부터 ursolic acid 분석에 대한 연구(19)가 보고되고 있으나, 하고초 꽃대, 전초, 뿌리를 구분하여 부위별 생물활성에 대한 연구는 본 연구팀에서 앞서 발표한 연구결과(20)를 제외하고는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 추출용매를 각각 달리하여 하고초 부위별 추출물의 항산화 활성 및 항균활성을 비교함으로써 식물체의 사용부위에 따른 효율적인 상품화가 가능하도록 기초 연구 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 하고초는 하고초꿀영농조합법인(경남 함양군 소재)에서 재배하고 있는 것을 2008년 6월에 채취하여 뿌리 및 줄기, 꽃대로 분리한 후 5 cm 이내로 절단하고 부위별로 분류하여 열풍건조기(WOR-155, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용해 건조하였다.

시료의 조제

열풍건조 한 하고초 뿌리, 줄기 및 꽃대는 각각 물, 에탄올 및 메탄올로 추출하였다. 이때 추출용매는 시료 중량에 대해 각각 10배를 사용하였으며 물 추출물은 100°C에서 4시간 환류 추출하였으며, 에탄올 추출물은 99.9% 특급시약을, 메탄올은 95.0% 특급시약을 각각 사용하여 실온에서 72시간 침지 추출하였다. 각 부위별 추출액은 여과하여 감압농축한 후 동결건조 하여 실험시료로 사용하였다.

추출수율과 pH

추출수율은 열풍건조한 각 부위별 추출물을 감압농축 하여 동결건조한 후 회수된 분말을 각 건조시료에 대한 백분율로 계산하였으며, pH는 pH meter(ISTEK Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀화합물 함량은 Folin-Denis법(21)에 따라 각 추출물 1 mL에 Foline-Ciocalteu 시약 및 10% Na₂CO₃ 용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, caffeic acid(Sigma Co., St.

Louis, MO, USA)를 사용한 표준검량선으로부터 총 페놀화합물 함량을 산출하였다. 총 플라보노이드는 Moreno 등(22)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 혼합한 후 실온에서 40분간 정치한 다음 450 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 quercetin(Sigma Co.)을 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

DPPH에 대한 전자공여능 측정

전자공여능은 Blois(23)의 방법을 변형하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)에 대한 전자공여 효과로 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 일정 농도의 시료액에 DPPH 용액을 가하여 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 전자공여 효과는 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

환원력 측정

환원력은 Oyaizu(24)의 방법에 준하여 하고초 추출물 1 mL에 인산 완충액 200 mM, pH 6.6과 1%(w/v) potassium ferricyanide 1 mL를 차례로 가하고 이 혼합물을 50°C의 수용액상에서 20분간 반응시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid(TCA) 용액 1 mL를 가하여 13,500×g에서 15분간 원심 분리한 후 얻은 상정액 1 mL에 증류수와 ferric chloride를 각각 1 mL씩 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 추출물의 환원력은 흡광도 값으로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼을 이용한 항산화능의 측정은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS 유리 라디칼이 추출물 내의 항산화 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법으로 Re 등(25)의 방법에 따라 7 mM ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음 암실에서 12~16시간 동안 반응시켰다. 이를 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정된 후 3 mL를 취하여 추출물 1 mL를 가하여 실온에서 10분간 반응시켜 414 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능은 Kato 등(26)과 Kim 등(27)의 방법에 따라 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 시료액 1 mL를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M 구연산 완충액으로 pH 2.5로 보정한 다음, 완충액을 가하여 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 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 정치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아질산염 소거능은 시료 무첨가

구에 대한 시료첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

항균활성 측정

항균활성 측정에 사용된 균주는 일반세균 1종(*Escherichia coli*, KCTC 25922), 식품부패곰팡이 1종(*Candida albicans*, ATCC 10231), 효모 1종(*Aspergillus flavus*, KCTC 6961)을 선정하였으며, 세균의 seed culture에는 Tryptic Soy Broth (TSB, Difco, Detroit, MI, USA), disc diffusion법에 의한 항균활성 측정용 배지로 *E. coli*는 Luria Bertani Broth(LB, Difco), *C. albicans*와 *Asp. flavus*는 Potato Dextrose Agar (PDA, Difco) 배지를 사용하여 37°C에서 24시간 전배양 후 다시 상기 배지에 접종하여 600 nm에서 흡광도를 0.5로 조절 한 후 disc 확산법으로 측정하였다(28).

통계처리

각 실험은 5회 이상 반복실험을 통하여 결과를 얻어 SPSS 12.0을 사용하여 통계처리 하였으며, 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

추출수율과 pH

하고초 뿌리, 줄기 및 꽃대의 각 용매별 추출물의 수율과 pH를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 추출 수율은 추출용매와 하고초의 부위에 따라 차이를 나타내었다. 즉, 에탄올 추출물의 경우 추출수율은 1.10~2.50%였고, 메탄올과 물 추출물에서는 각각 3.12~5.80%와 11.44~27.37%로서 물 추출물이 에탄올이나 메탄올 추출물에 비해 6~11배 더 수율이 높았다. 또한 하고초의 줄기와 꽃대는 추출 수율이 유사한 범위였으나 뿌리는 다른 부위에 비해 1.9~2.3배 더 높았다.

각 시료 추출물의 pH는 실험군 모두에서 4.5~5.8 범위를 보였으며, 시료 부위별, 추출 용매간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. Park 등(29)은 구지뽕나무의 잎, 열매, 줄기 및 뿌리 각각에서 생리활성 물질을 추출, 분리한 바 있으며, Kim 등(30)은 차조기 물 추출물과 에탄올 농도별 추출물의 수율을 비교한 결과 물 추출물의 수율이 우수하였다는 결과

Table 1. Extraction yield and pH of solvent extracts from *Prunella vulgaris*

Solvent	Used parts	Yield (%)	pH
Ethanol	Root	2.50	4.54
	Stem	1.79	5.05
	Flower stalk	1.10	4.92
Methanol	Root	5.80	5.76
	Stem	3.42	5.53
	Flower stalk	3.12	5.41
Water	Root	27.37	5.52
	Stem	11.44	5.53
	Flower stalk	13.07	5.46

를 보고한 바 있다. Ju 등(31)은 16종의 한약재를 대상으로 물 추출물의 수율을 측정한 결과 씨> 잎> 꽃> 줄기의 순으로 수율이 높아, 식물류의 추출 시 시료의 사용부위에 따라 수율이 상이한 것으로 보고하였으며, 본 연구진이 수행한 하고초 전초, 꽃대 및 줄기의 메탄올 추출물 수율에서도 부위별로 다소 차이를 나타낸 바 있다(20).

총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량

페놀화합물의 항산화 활성은 수산기를 통한 수소공여 작용으로 라디칼들과 쉽게 공명으로 안정화될 수 있는 구조를 가지고 있어 항산화 작용을 가지는 것으로 보고(32)되고 있으며, Ito 등(33)은 플라보노이드가 superoxide에 의해서 야기되는 비효소적인 collagen 분해를 억제하고 xanthine oxidase를 억제한다고 보고한 바 있다. 각 추출물의 총 페놀 화합물과 플라보노이드 함량을 측정한 결과 Fig. 1과 같이 에탄올 추출물에서는 줄기에서의 총 페놀화합물 함량이 11.62 mg/100 g으로 높았으며, 메탄올과 물 추출물에서는 꽃대의 함량이 각각 10.15 mg/100 g, 32.69 mg/100 g으로 유의적으로 높게 나타났다. 특히 물 추출물에서는 줄기와 꽃대의 총 페놀화합물 함량이 다른 추출용매에 비해 높게 검출되었으며, 플라보노이드는 뿌리에 비해 줄기와 꽃대에

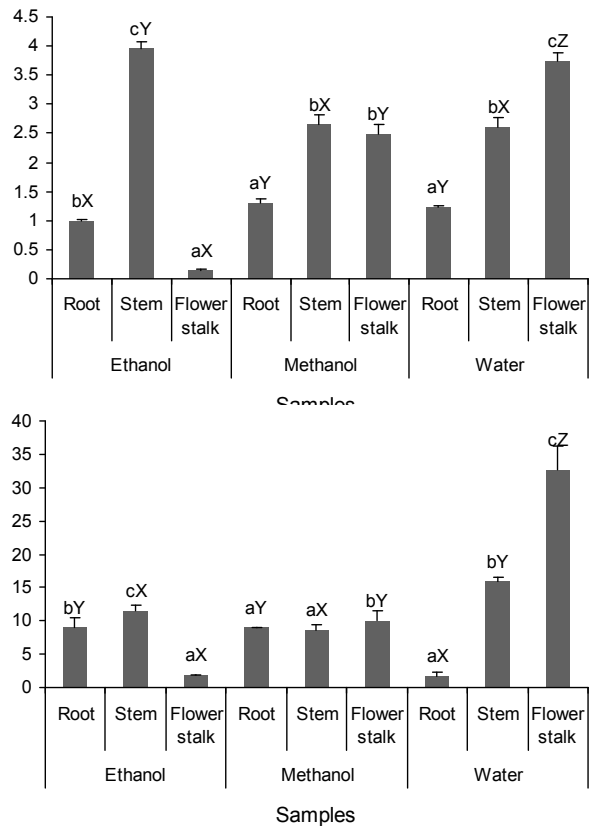


Fig. 1. Total phenolic and flavonoid contents of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris*. ^{a-c}Mean ±SD in the same solvent with different superscripts are significantly different at p<0.05. ^{X-Z}Mean ±SD in the same sample of different solvent with different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 2. Electron donating ability of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris* (%)

Solvent	Used parts	Sample concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
		100	250	500	1,000
Ethanol	Root	6.55 \pm 0.65 ^{aA}	12.61 \pm 0.90 ^{aB}	23.86 \pm 1.21 ^{aC}	87.80 \pm 5.53 ^D
	Stem	12.39 \pm 0.17 ^{bA}	28.84 \pm 0.83 ^{bB}	54.22 \pm 0.68 ^{bC}	88.85 \pm 0.27 ^D
	Flower stalk	13.28 \pm 0.52 ^{bA}	31.23 \pm 0.68 ^{bB}	61.67 \pm 1.69 ^{bC}	90.42 \pm 0.10 ^D
Methanol	Root	22.04 \pm 0.30 ^{aA}	50.30 \pm 1.21 ^{aB}	88.87 \pm 0.34 ^{aC}	90.58 \pm 0.57 ^D
	Stem	23.59 \pm 0.51 ^{bA}	53.24 \pm 0.67 ^{bB}	88.72 \pm 0.20 ^{aC}	91.11 \pm 1.53 ^D
	Flower stalk	35.37 \pm 0.71 ^{cA}	79.04 \pm 1.44 ^{cB}	92.04 \pm 0.18 ^{bC}	91.84 \pm 0.38 ^C
Water	Root	16.56 \pm 1.49 ^{aA}	40.16 \pm 1.40 ^{aB}	76.01 \pm 1.14 ^{aC}	81.34 \pm 1.00 ^{aD}
	Stem	30.44 \pm 1.62 ^{bA}	71.50 \pm 1.30 ^{bB}	83.26 \pm 0.35 ^{bC}	80.50 \pm 0.10 ^{aD}
	Flower stalk	47.36 \pm 0.33 ^{cA}	85.27 \pm 0.23 ^{cD}	83.98 \pm 0.09 ^{bC}	83.01 \pm 0.56 ^{bD}

^{a-c}Mean \pm SD in the same solvent and concentration with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$.

^{A-D}Mean \pm SD with different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

서 유의적으로 높게 검출되었다. 이러한 결과는 본 연구진에 의해 수행된 하고초 메탄올 추출물의 총 페놀화합물이 꽃대에서 유의적으로 높게 나타난 결과(20)와 유사하였지만, 그 함량에 있어서는 다소 차이를 보였는데 이는 시료의 채취 시기와 재배 토양의 차이에서 기인된 것으로 추측되었다. 또한 와송의 페놀화합물 함량이 잎, 줄기, 뿌리 순으로 높았다는 보고(34)와 산초나무의 뿌리 및 줄기, 잎의 용매 분획별 추출물의 지질과산화 억제작용이 잎> 줄기> 뿌리의 순으로 활성이 높았다는 결과도 보고되어 있다(35). 이러한 결과는 페놀화합물이 항산화능에 크게 관여하기 때문인 것으로 알려져 있다(36).

DPPH에 대한 전자공여능

각 추출물의 전자공여능을 측정한 결과는 Table 2와 같이 모든 실험군에서 농도 의존적으로 증가하였으며, 용매별 추출물에서는 메탄올 추출물의 전자공여능이 가장 우수하였다. 또한 하고초 부위별 추출물의 전자공여능은 꽃대> 줄기> 뿌리의 순으로 높은 활성을 보였는데, 특히 250 $\mu\text{g/mL}$ 이상의 농도를 첨가한 꽃대 메탄올 추출물에서는 79.04~92.04%의 높은 활성을 보였다. 이러한 결과는 Jang 등(35)이 보고한 산초의 부위별 DPPH radical 소거작용 연구에서 잎> 줄기> 뿌리의 순으로 활성이 높았다는 보고와 유사한 경향이였다. 또한 Lee 등(37)은 아보카도 과육, 씨, 껍질 추출물의 DPPH 소거활성을 측정한 결과 껍질 추출물에서 가장 우수한 항산화능을 보고한 바 있으며, 식물체는 대체적으로 줄기껍질> 열매> 뿌리 순으로 전자공여능에 차이를 보이는데 이는 식물체 내의 페놀화합물 및 플라보노이드 함량에 의존적이라는 보고(38)도 있으며 이러한 결과들은 본 실험의 결과와도 유사하였다.

환원력

시료에 존재하는 reductones이 제공하는 수소원자가 활성 라디칼 사슬을 분해함으로써 나타나는 흡광도 수치를 측정하여 환원력의 정도를 나타내며 이러한 환원력의 정도는 항산화활성과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(39). 추출 용

매별, 시료 부위별 추출물의 환원력을 측정한 결과 Fig. 2와 같이 시료 농도가 증가할수록 환원력도 증가하는 경향을 보였으며, 시료 부위별 환원력을 비교한 결과 추출용매 모두에서 뿌리, 줄기, 꽃대 간의 유의적인 차이를 나타내었는데, 전반적으로 꽃대 추출물의 환원력이 높게 나타났다. 특히 메탄올 추출물 중에서 하고초 꽃대 추출물의 환원력은 뿌리와 줄기 추출물에 비해 아주 높은 환원력을 보였다. Jeong과 Shim(40)은 도라지 잎과 줄기 용매 분획물의 항산화활성에 대한 연구에서 줄기의 부탄올 분획물 500 μg 을 첨가하였을 때 가장 높은 환원력을 보고한 바 있으며, Lee 등(34)의 연구에서는 와송의 부위별 추출물의 환원력을 측정한 결과 잎, 줄기, 뿌리 순으로 높은 환원력 보였다고 보고되었는데, 이는 본 실험에서 꽃대> 줄기> 뿌리 순으로 환원력이 높게 나타난 결과와도 유사하였다.

ABTS 라디칼 소거능

Table 3은 추출용매에 따른 하고초 부위별 추출물의 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과이다. 실험군 모두 시료 농도가 증가할수록 ABTS 라디칼 소거능이 높게 나타났으며, 특히 메탄올 추출물과 물 추출물에서는 100 $\mu\text{g/mL}$, 에탄올 추출물에서는 250 $\mu\text{g/mL}$ 의 시료 농도에서도 50% 이상의 높은 활성을 나타내었다. Kim 등(41)은 송이즙의 농도가 증가할수록 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과 항산화능이 증가하는 경향을 보고한 바 있으며, Kim 등(42)은 인삼 추출물의 2-amidinopropane dihydrochloride(AAPH)에 의해 생성된 ABTS 라디칼 소거능을 실험한 결과 95% 에탄올 추출물은 50%의 소거능을 보였고 75% 에탄올 추출물은 40%의 소거능이 있음을 보고하였다. 또한 본 연구진에 의한 하고초 메탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거능 실험결과(20)에서도 500 $\mu\text{g/mL}$ 첨가 시 88.1~92.3%의 높은 활성을 나타낸 결과와도 일치하였으며, Choi 등(43)은 시판 다류 제품의 열수 추출물에 대한 ABTS 라디칼 소거능은 전자공여능과 상관관계가 높다고 보고한 바 있는데, 본 실험 결과에서도 물 추출물과 메탄올 추출물에서 하고초 꽃대의 폴리페

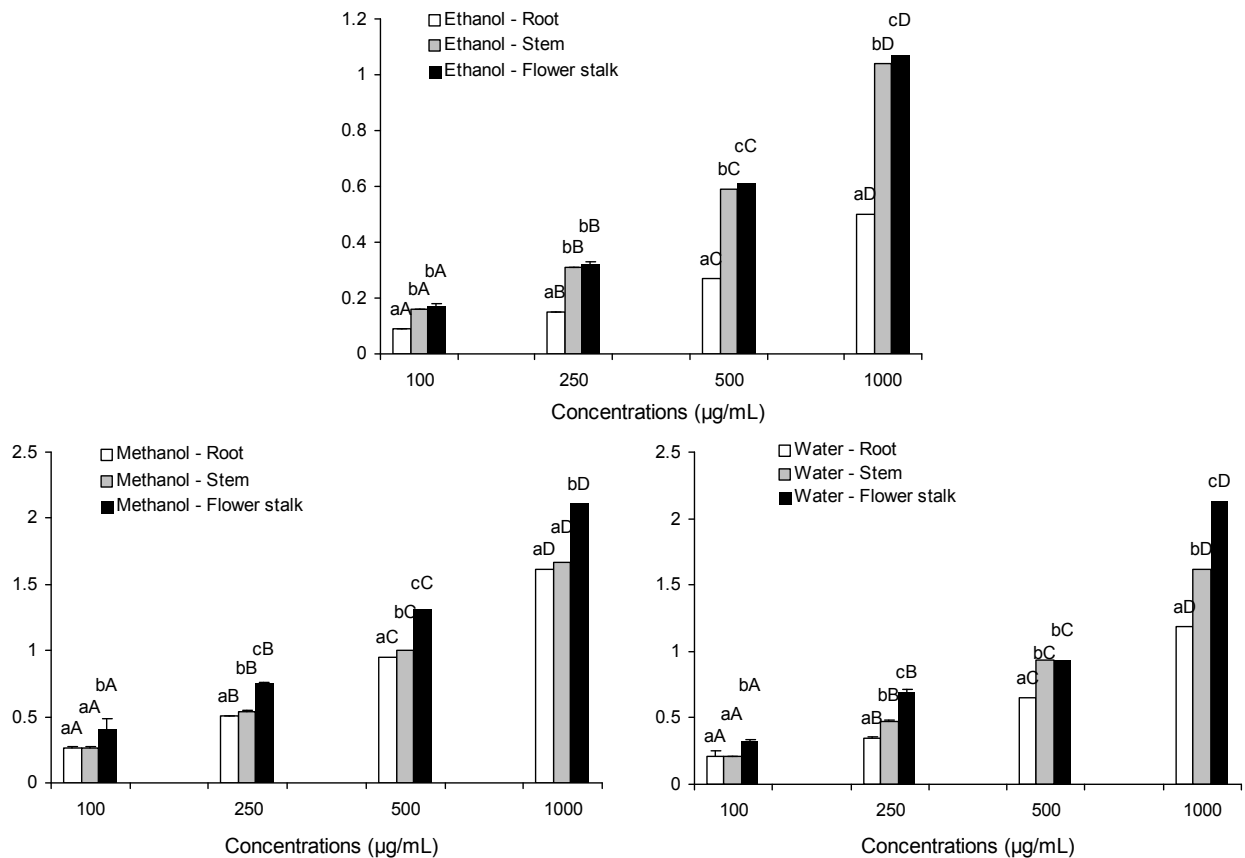


Fig. 2. Reducing power of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris*. ^{a-c}Mean±SD in the same concentration with different superscripts are significantly different at p<0.05. ^{A-D}Mean±SD in the same solvent with different superscripts are significantly different at p<0.05.

Table 3. ABTS radical scavenging ability of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris* (%)

Solvent	Used parts	Sample concentration (µg/mL)			
		100	250	500	1,000
Ethanol	Root	7.20±0.78 ^{aA}	46.84±0.25 ^{aB}	54.79±1.02 ^{aC}	66.50±0.99 ^{aD}
	Stem	14.47±0.51 ^{bA}	58.08±0.41 ^{bB}	78.56±0.89 ^{bC}	92.98±0.05 ^{bD}
	Flower stalk	16.53±0.77 ^{cA}	60.04±0.20 ^{cB}	81.18±1.08 ^{cC}	92.64±0.18 ^{bD}
Methanol	Root	51.95±0.14 ^{aA}	72.21±0.51 ^{aB}	96.23±0.02 ^{aC}	96.78±0.02 ^{aD}
	Stem	53.44±0.57 ^{bA}	69.01±8.49 ^{aB}	94.22±0.10 ^{bC}	94.99±0.07 ^{bC}
	Flower stalk	61.78±0.54 ^{cA}	93.23±1.40 ^{bB}	95.94±0.08 ^{cC}	97.06±0.13 ^{cC}
Water	Root	53.58±3.96 ^{aA}	74.02±5.47 ^{aB}	96.94±0.21 ^{aC}	97.68±0.07 ^C
	Stem	60.66±0.16 ^{bA}	93.42±0.88 ^{bB}	97.52±0.02 ^{bC}	97.58±0.16 ^C
	Flower stalk	72.69±0.39 ^{cA}	97.01±0.16 ^{bB}	97.28±0.07 ^{bB}	97.27±0.27 ^B

^{a-c}Mean±SD in the same solvent and concentration with different superscripts are significantly different at p<0.05.

^{A-D}Mean±SD with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05.

놀 화합물과 플라보노이드 함량이 높은 결과와도 상관관계가 있을 것으로 추정되었다.

항균활성

하고초 각 부위별 추출물의 항균활성은 Table 4~6과 같다. 대장균에 있어서는 열수 추출물을 제외한 에탄올과 메탄올 추출물에서 clear zone을 관찰할 수 있었으며(Table 4), *C. albicans*에 대한 항균활성은 대장균에 비해 비교적 낮게 나타났다(Table 5). *Asp. flavus*에 대한 항균활성은 메탄올

과 열수 추출물에서는 항균활성을 보이지 않았으나 에탄올 추출물에서는 다소 높은 항균활성을 보였는데(Table 6), 특히 에탄올 뿌리 추출물 1,000 µg/mL 농도에서는 유의적으로 높은 항균활성을 보였다. Lee 등(44)은 물, 메탄올 및 석유에테르를 이용한 정향 추출물의 총 페놀화합물 함량과 항균활성에 대한 연구에서 메탄올 추출물이 물 추출물이나 석유에테르 추출물보다 항균력이 우수함을 보고하였는데, 이는 용매별 정향 추출물의 총 페놀화합물 함량과 비교해 볼 때, 메탄올 추출물에서 가장 많은 함량을 나타내었으며 상대적

Table 4. Antimicrobial activity against *Escherichia coli* of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris* (diameter of clear zone, mm)

Solvent	Used parts	Sample concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
		100	250	500	1,000
Ethanol	Root	11.00 \pm 1.00 ^A	11.33 \pm 0.58 ^A	11.33 \pm 0.58 ^{aA}	13.67 \pm 1.53 ^B
	Stem	11.33 \pm 0.58	12.67 \pm 1.15	12.67 \pm 0.58 ^b	12.33 \pm 0.58
	Flower stalk	12.00 \pm 0.00 ^{AB}	11.33 \pm 0.58 ^A	12.00 \pm 0.00 ^{abAB}	12.67 \pm 0.58 ^B
Methanol	Root	11.33 \pm 0.58 ^b	11.33 \pm 0.58	11.67 \pm 0.58	12.33 \pm 0.58
	Stem	11.33 \pm 0.58 ^p	10.67 \pm 1.15	11.67 \pm 0.58	12.67 \pm 0.58
	Flower stalk	10.00 \pm 0.00 ^a	10.67 \pm 0.58	11.33 \pm 0.58	12.33 \pm 1.53
Water	Root	ND ¹⁾	ND	ND	ND
	Stem	ND	ND	ND	ND
	Flower stalk	ND	ND	ND	ND

^{a-b}Mean \pm SD in the same solvent and concentration with different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

^{A,B}Mean \pm SD with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ND: not detected.

Table 5. Antimicrobial activity against *Candida albicans* of ethanol, methanol and water extracts from *Prunella vulgaris* (diameter of clear zone, mm)

Solvent	Used parts	Sample concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
		100	250	500	1,000
Ethanol	Root	10.67 \pm 0.58 ^{aB}	10.67 \pm 1.15 ^B	8.67 \pm 0.58 ^{bA}	12.00 \pm 1.00 ^{bB}
	Stem	13.00 \pm 1.00 ^{bB}	11.33 \pm 0.58 ^{AB}	10.67 \pm 0.58 ^{cA}	10.33 \pm 1.53 ^{bA}
	Flower stalk	10.00 \pm 0.00 ^{aB}	10.33 \pm 1.15 ^B	ND ^{aA}	ND ^{aA}
Methanol	Root	9.33 \pm 0.58 ^B	9.00 \pm 0.00 ^{bB}	9.00 \pm 1.00 ^{bB}	ND ^A
	Stem	9.33 \pm 0.58 ^B	ND ^{aA}	ND ^{aA}	ND ^A
	Flower stalk	9.00 \pm 0.00 ^B	9.33 \pm 0.58 ^{bB}	ND ^{aA}	ND ^A
Water	Root	ND ¹⁾	ND	ND	ND
	Stem	ND	ND	ND	ND
	Flower stalk	ND	ND	ND	ND

^{a-c}Mean \pm SD in the same solvent and concentration with different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

^{A,B}Mean \pm SD with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ND: not detected.

Table 6. Antimicrobial activity against *Aspergillus flavus* of ethanol, methanol and water extracts from the *Prunella vulgaris* (diameter of clear zone, mm)

Solvent	Used parts	Sample concentration ($\mu\text{g/mL}$)			
		100	250	500	1,000
Ethanol	Root	11.33 \pm 0.58 ^b	11.00 \pm 1.00 ^b	13.00 \pm 1.00 ^b	17.33 \pm 2.08 ^b
	Stem	12.33 \pm 2.52 ^b	11.67 \pm 1.15 ^b	14.33 \pm 0.58 ^c	15.67 \pm 3.21 ^b
	Flower stalk	ND ^a	ND ^a	ND ^a	ND ^a
Methanol	Root	ND ¹⁾	ND	ND	ND
	Stem	ND	ND	ND	ND
	Flower stalk	ND	ND	ND	ND
Water	Root	ND	ND	ND	ND
	Stem	ND	ND	ND	ND
	Flower stalk	ND	ND	ND	ND

^{a-c}Mean \pm SD in the same solvent and concentration with different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ND: not detected.

으로 총 페놀화합물 함량이 적은 석유 에테르 추출물에서는 항균효과를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한 물 추출물에 대해서는 수용성 페놀 성분들이 추출되어 항균활성을 나타낸 것으로 추정할 바 있어 본 실험에서 나타난 물 추출물의 항균활성 결과와는 다소 차이를 나타내었다. 그러나 Park과 Lee(45)는 술잎 열수추출물의 경우 공시균주에 대한 clear

zone의 생성을 관찰할 수 없었으나, 술잎 ethanol 추출물의 경우는 뚜렷한 clear zone을 형성하여 높은 항균활성을 보고한 바 있어 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 또한 Lee 등(46)은 매실 착즙액의 식중독 유발균에 대한 항균작용을 보고한 바 있으며, Lim과 Lee(47)는 매실 열수추출액과 메탄올 추출물의 항균활성 연구에서 가열에 의한 열수추출물보다 메탄

을 추출물의 항균활성이 높다고 보고한 바 있다. 이러한 결과로 미루어 보아 총 페놀화합물 함량과 항균활성과는 상관관계가 있는 것으로 사료되었으나, 상대적으로 총 페놀화합물 함량은 높으나 항균활성이 낮은 물 추출물의 경우에는 가열에 의한 추출과정이 항균활성에 영향을 미친 것으로 사료되며, 항균활성이 높게 나타난 에탄올 추출물 경우에는 대장균 오염 가능성이 있는 식품에 처리한다면 저장기간 연장에 효과적일 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

식물체의 부위별 및 추출용매에 따른 생리활성을 비교하고자 하고초를 뿌리, 줄기 및 꽃대로 구분하고 에탄올, 메탄올 및 물 추출물에 대한 항산화 및 항균 활성을 비교 분석하였다. 추출 수율은 뿌리 추출물이 다소 높은 경향을 보였으며, 물 추출물은 에탄올 및 메탄올 추출물에 비해 6~11배의 높은 수율을 나타내었다. 총 페놀화합물 함량은 에탄올 추출물에서는 줄기에서, 메탄올과 물 추출물에서는 꽃대에서 유의적으로 높게 나타났으며, 플라보노이드 함량은 뿌리에 비해 줄기와 꽃대에서 전반적으로 높은 함량을 나타내었다. 각 추출물의 전자공여능 및 환원력은 모든 실험군에서 농도 의존적으로 증가하였고, 용매별 추출물에서는 메탄올 추출물의 활성이 유의적으로 높게 나타났으며, 부위별 추출물에서는 꽃대 > 줄기 > 뿌리의 순으로 높은 전자공여능 및 환원력을 보였다. 또한 메탄올 추출물과 물 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 100 µg/mL의 저농도에서도 꽃대, 줄기 및 뿌리에서 모두 50% 이상의 소거능을 보였다. 하고초 각 부위별 추출물의 항균활성을 측정한 결과 꽃대, 줄기 및 뿌리 간의 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 열수 추출물에 비해 에탄올 및 메탄올 추출물에서 다소 높은 항균활성이 관찰되었는데, 특히 뿌리와 줄기의 1,000 µg/mL 농도에서는 유의적으로 높은 항균활성이 확인되었다. 이상의 결과로 볼 때, 하고초의 꽃대를 이용한 에탄올 및 메탄올 추출물은 식품의 저장성 향상에 이용가치가 높을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 2008년 농림기술연구개발사업(과제번호: 106011-03-1-SB010호) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Wiseman H. 1996. Dietary influences on membrane function; important in protection against oxidative damage and disease. *Nutr Biochem* 7: 2-6.
2. Ames BN, Saul RL. 1987. Oxidative DNA damage, cancer and aging. Oxygen and human disease. *Ann Inter Med* 107:

- 536-539.
3. Osborn-Barnes HT, Akoh CC. 2003. Effect of α-tocopherol, β-carotene, and isoflavones on lipid oxidation of structured lipid-based emulsions. *J Agric Food Chem* 51: 6856-6860.
4. Berg RD. 1998. Probiotics, prebiotics or conbiotics. *Trend Microbial* 6: 9-92.
5. Nanayama M. 1996. Antibacterial substances in food. *Jpn J Food Microbial* 12: 209-213.
6. Sandra J. 1963a. Phytochemical studies of *Prunella vulgaris* and *Prunella grandiflora*- I. Saponin and triterpene compounds. *Dissertations Pharm* 15: 333-341.
7. Sandra J. 1963b. Phytochemical studies of *Prunella vulgaris* and *Prunella grandiflora*- I. Flavonoids and phenolic-carboxylic acids. *Dissertations Pharm* 15: 483-489.
8. Dorosh NM, Domaratskaya OP. 1954. Phytochemical studies on plants of the *Prunella vulgaris* variety and of the type of the common meadow geranium. *Nauch Studenschesk Obshchestva L'vov. Med Inst.* p 64-67.
9. Kojima H, Ogura H. 1986. Triterpenoids from *Prunella vulgaris*. *Phytochemistry* 25: 729-733.
10. Wang ZJ, Zhao YY, Tu GZ, Hong SL, Chen YY. 1999. Studies on the chemical constituents from *Prunella vulgaris*. *Acta Pharm Sin* 34: 679-681.
11. Ko IJ, Yoo SJ, Lee EB. 1986a. Pharmacological studies on *Prunellae Herba* and *Thesii Herba* (I). On anti-inflammatory activity. *Kor J Pharmacog* 17: 232-241.
12. Ko IJ, Yoo SJ, Lee EB. 1986b. Pharmacological studies on *Prunellae Herba* and *Thesii Herba* (II). On central nervous and diuretic actions. *Kor J Pharmacogn* 17: 242-247.
13. Au TK, Lam TL, Ng TB, Fong WP, Wan DC. 2001. A comparison of HIV-1 integrase inhibition by aqueous and methanol extracts of Chinese medicinal herbs. *Life Sci* 68: 1687-1694.
14. Jung YB, Roh KJ, Jung JA, Jung K, Yoo H, Cho YB, Kwak WJ, Kim DK, Kim KH, Han CK. 2001. Effect of SKI 306X, a new herbal anti-arthritis agent, in patients with osteoarthritis of the knee: a double-blind placebo controlled study. *Am J Chin Med* 29: 485-491.
15. Lamaison JL, Petitjean-Freytet C, Carnat A. 1991. Medicinal Lamiaceae with antioxidant properties, a potential source of rosmarinic acid. *Pharm Acta Helv* 66: 185-188.
16. Fang X, Yu MM, Yuen WH, Zee SY, Chanq RC. 2005. Immune modulatory effects of *Prunella vulgaris* L. on monocytes/macrophages. *Int J Mol Med* 16: 1109-1116.
17. Lee H, Lin JY. 1988. Antimutagenic activity of extracts from anticancer drugs in Chinese medicine. *Mutat Res* 204: 229-234.
18. Kim JS, Kang SS, Lee KS, Chang SY, Won DH. 2000. Quantitative determination of ursolic acid from *Prunellae Herb*. *Kor J Pharmacogn* 31: 416-420.
19. Shimano T, Mizuno M, Okamoto H, Adachi I. 1956. Studies on triterpenoids. IX. On the new component of *Prunella*, ursolic acid. *J Pharm Soc Jpn* 76: 974-975.
20. Lee SJ, Sung NJ, Jeong HG, Shin JH, Chung YC, Seo JK. 2008. Antioxidant activity of methanol extracts from *Prunella vulgaris*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1535-1541.
21. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
22. Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
23. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
24. 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.
25. Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTs radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
 26. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
 27. 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.
 28. James GC, Sherman N. 1987. *Chemotherapeutic agents in microbiology, a laboratory manual, chemical agent of control*. 2nd ed. Prentice Hall, NJ, USA. p 247-254.
 29. Park JC, Choi JS, Choi JW. 1995. Effects of the fractions from leaves, fruits, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. *Kor J Pharmacogn* 26: 377-384.
 30. Kim MH, Lee NH, Lee MH, Kwon DJ, Choi UK. 2007. Antimicrobial of aqueous ethanol extracts of *Perilla frutescens* var. *acuta* leaf. *Korean J Food Culture* 22: 266-273.
 31. Ju JC, Shin JH, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ. 2006. Antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 7-14.
 32. 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.
 33. Ito M, Moriyama A, Mastsumoto Y, Takaki N, Fukomoto M. 1985. Inhibition of xanthine oxidase by flavonoids. *Agric Biol Chem* 49: 2173-2176.
 34. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, Lee CJ, Ahn DH. 2009. Antioxidant activity of leaf, stem and root extracts from *Orostachys japonicus* and their heat and pH stabilities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1571-1579.
 35. Jang MJ, Woo MH, Kim YH, Jun DY, Rhee SJ. 2005. Effects of antioxidative, DPPH radical scavenging activity and antithrombogenic by the extract of Sancho (*Zanthoxylum schiniifolium*). *Korean J Nutr* 38: 386-394.
 36. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Technol* 36: 333-338.
 37. Lee SG, Yu MH, Lee SP, Lee IS. 2008. Antioxidant activity and induction of apoptosis by methanol extracts from avocado. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 269-275.
 38. 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.
 39. Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In *Food antioxidants*. Hudson BJF, ed. Elsevier Applied Science, London, UK. p 1-8.
 40. Jeong CH, Shim KH. 2006. Chemical composition and antioxidative activities of *Platycodon grandiflorum* leaves and stems. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 511-515.
 41. Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK. 2009. ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing. (pine mushroom). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 555-560.
 42. Kim YC, Cho CW, Rhee YK, Yoo KM, Rho JH. 2007. Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1482-1485.
 43. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
 44. Lee OH, Jung SH, Son JY. 2004. Antimicrobial activity of clove extract by extraction solvents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 494-499.
 45. Park KN, Lee SH. 2003. Antimicrobial activity of pine needle extract and horseradish on the growth of *Vibrio*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 185-190.
 46. Lee HA, Nam ES, Park SI. 2003. Antimicrobial activity of Maesil (*Prunus mume*) juice against selected pathogenic microorganisms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 16: 29-34.
 47. Lim JW, Lee GB. 1999. Studies on the antimicrobial activities of *Prunus mume*. *J East Asian Soc Dietary Life* 9: 442-451.

(2010년 7월 7일 접수; 2010년 9월 28일 채택)