

## Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of Functional Plant Materials

Soo-Jung Lee<sup>1</sup>, Jung-Hye Shin<sup>2</sup>, Hye-Jin Lee<sup>1</sup>, Hyun-Min Tak<sup>2</sup>, Min-Jung Kang<sup>2</sup> and Nak-Ju Sung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Namhae Garlic Research Institute, Namhae 668-812, Korea

Received June 10, 2013 / Revised July 10, 2013 / Accepted July 25, 2013

Eleven functional plant materials were identified via a literature search, and their antioxidant capacity and inhibitory effects on lipopolysaccharide (LPS)-induced nitric oxide (NO) production in RAW264.7 cells were tested. Yields from hot water extracts of the materials were the highest (52.10%) in *Lycii fructus*, and the yields from *Phellinus linteus* were the lowest (5.7%). The yields of another were 14.50-42.47%. Total phenol and flavonoids contents were the highest in *P. linteus*. The EC<sub>50</sub> values for DPPH and ABTS radical scavenging activities were lower than 100 µg/ml for *Salvia multiorrhiza*, whereas the values for *P. linteus*, *Scutellaria baicalensis*, and *Paeonia lactiflora* were 100-200 µg/ml. The EC<sub>50</sub> value for the superoxide anion radical scavenging activity of all the extracts was higher than 300 µg/ml. *P. linteus* for the reducing power was shown the highest activity. Fe<sup>2+</sup> chelating activity was the highest in the *Morus alba* extract. In an MTT assay, the cell viability of the RAW264.7 LPS-exposed cells was above 80% in extracts of 50 µg/ml and above 77% in extracts of 100 µg/ml in all the plant materials except *Acanthopanax sessiliflorum*. NO production in the RAW264.7 LPS-exposed cells showed a 12-fold increase compared to the control. The NO production level of all the extracts was 6.86-26.18 µM. Notably, 100 µg/ml of *S. baicalensis* extract showed a remarkable decrease in NO production (72%) compared with the control. The potent antioxidant and anti-inflammatory activities of *S. baicalensis*, *P. linteus*, *S. multiorrhiza*, *M. alba*, and *P. lactiflora* suggest that they are potential candidates as functional materials.

**Key words** : Antioxidant, functional plant materials, immune activity, NO production

### 서 론

인체의 생명유지를 위한 호기성 에너지 대사에는 반드시 산소가 관여하는데, 호흡과정에 유입된 산소의 일부가 활성 산소종(reactive oxygen species, ROS)으로 전환되어 조직 세포가 산화적 스트레스를 유발하게 된다[9]. 활성 산소종과 같은 유리 라디칼은 생체 내 불균형을 포함한 여러 요인에 의해 지속적으로 생성되는데, 이러한 체내 산화적 스트레스는 혈관이나 조직의 손상이나 염증을 유도함으로써 생활습관병, 동맥경화, 암 등 다양한 질병의 원인이 되기도 한다[24]. 생체는 이러한 체내 및 체외의 자극에 대해서 자신을 보호하고, 방어하기 위하여 면역세포의 증식이나 활성화에 의해 항원이나 활성 산소종으로부터 숙주를 보호하는 방어체계를 가지고 있다. 하지만 산화적 스트레스의 강도가 클 경우 생체의 이러한 방어 기작만으로는 충분한 역할을 기대하기 어려우므로 생체

내 산화작용을 효율적으로 예방하기 위해서는 지속적인 항산화 물질의 섭취가 필요하다[19, 35].

현재 항산화제로 알려져 있는 대부분은 채소류, 과일 및 생약재(한약재) 등과 같은 식물 소재로 활성을 나타내는 주요 물질은 식물체에 다량 함유되어 있는 2차 대사산물인 페놀 화합물로 밝혀져 있다[18]. 특히, 생약재는 과일이나 채소류에 비해 약리효과가 우수하여 음료 및 가공식품의 주원료 또는 부재료로 활용되며, 질병의 예방이나 치료, 건강 유지 등의 생체 기능 증강을 위한 소재로 다양하게 이용되고 있다[41]. 식물류로부터 항산화 활성 연구는 오래전부터 수행되어져 왔으며, 유사한 기작에 의해 생체 방어, 면역 기능을 조절함으로써 질병 예방이나 노화 지연 등의 효능이 발휘되는 것으로 알려져 있다[26, 33]. 한편, 식물류의 유효 생리활성 물질은 단일 식품보다 여러 식품이 혼합될 경우 그 효과가 상승되므로 [7], 생리활성이 높은 식물류의 다양한 혼합 과정은 기능성 소재로서의 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 항산화 활성을 지닌 원료들은 염증성 질환에도 효과를 보이는데[1], 면역세포의 nitric oxide synthase (NOS)에서 생성되며, 외부의 자극에 의해 유전자 수준에서 발현되는 nitric oxide (NO)의 경우 세포 활성화 물질 및 reactive oxygen intermediates (ROI)에 의해 유발된 세포독성을 최소화시킴으로써 항산화와 더불어 면역 활성 발현에도 관여함이 알려져 있다[6]. 항산화 활성이 우수한 물질은 생체 내에서 과도한 외부

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-772-1431, Fax : +82-55-772-1439

E-mail : snakju@gnu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

자극으로부터의 안정화에 기여함으로써 체내 과산화 작용에 의한 염증의 유발 및 이에 따른 면역체계의 활성화 조절에도 관여할 것으로 추정된다.

따라서 본 연구에서는 항산화 및 면역증강 활성이 있는 생약재를 선정하기 위한 기초 연구로 문헌 조사를 통해 선정한 11종의 생약재 열수 추출물을 대상으로 항산화 및 대식세포를 이용한 면역 활성을 측정하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험 재료

본 실험에 사용한 시료는 경남 진주시내 한방 재료상에서 건조 형태로 시판되는 생약재로 구기자, 황금, 오가피, 감국, 산약, 작약, 단삼, 뽕잎, 생강, 상항버섯 및 옥수수수염 등 11종을 구입하였으며, 시료의 종류 및 이용 부위는 Table 1과 같다. 시료는 문헌 조사를 통하여 약리적으로 항산화 및 면역 활성이 있으며, 이와 관련하여 사용 빈도가 높은 시료를 선정하였다.

#### 시료의 추출 및 갈색도 측정

생약재는 마쇄한 후 시료 50 g에 대해 10배의 증류수를 넣어 90°C의 진탕배양기(JSSB-50T, JSR, Gongju, Korea)에서 60 rpm으로 회전시키면서 12시간씩 3회 반복하여 추출하였다. 추출된 시료는 모두 모아 여과한 후 진공 동결 건조시킨 후 -40°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 추출 수율은 추출 전 생약재에 대한 추출 후 건조물의 중량 백분율로 계산하였다. 각 추출물의 갈색도는 1,000 µg/ml의 농도로 조정된 시료를 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)로 420 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 값으로 나타내었다.

#### 총 페놀 및 플라보노이드 정량

총 페놀 함량은 생약재 추출물에 동량의 Foline-ciocalteu

시약을 혼합하여 3분간 반응시키고 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 넣어 진탕한 다음 실온의 암실에서 1시간 반응시켜 700 nm에서 시료 무첨가구를 대조로 하여 흡광도를 측정하였다[13]. 플라보노이드 함량은 시료액 1 ml에 10% aluminum nitrate, 1 M potassium acetate 및 에탄올을 차례로 가하여 잘 혼합하고 상기와 동일한 방법으로 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다[29]. Gallic acid 및 quercetin (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 하여 얻은 검량선에 따라 생약재 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 계산하였다.

#### 라디칼 소거활성 측정

생약재 추출물의 라디칼 소거활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), ABTS [2,2-azinobis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonate)] 라디칼 및 superoxide (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) anion 라디칼에 대한 소거활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 0.005%의 DPPH 용액에 동량의 시료액을 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다[2]. ABTS 라디칼 소거활성은 2.4 mM의 potassium persulfate/7 mM의 ABTS 용액을 제조하여 4°C 암실에서 12시간 반응시킨 진한 청록색을 발색시킨 다음 이를 415 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석한 것을 ABTS 기질용액으로 하였다. 이 기질용액 100 µl에 시료액 30 µl를 가하여 실온에서 5분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다[34]. Superoxide anion 라디칼 소거활성은 시료액에 0.1 M Tris-HCl 완충용액(pH 8.5) 및 100 µM phenazine methosulfate (PMS) 용액을 잘 혼합하여 560 nm에서 흡광도를 측정하였다(So). 여기에 500 µM nitroblue tetrazolium (NBT) 및 NADH 용액을 혼합한 후 다시 흡광도를 측정하였다(S). 시료대신 증류수를 사용하여 시료 무첨가구(Co, C)를 얻어 NBT와 NADH 시약의 첨가 전·후 흡광도 차이를 구하였다[30]. 라디칼 소거활성은 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 흡광도를 이용한 백분율로 계산하여 50%의 라디칼 소거활성을 나타내는데 관여하는 시료의 양 (Effective concentration, EC<sub>50</sub>)을 산출하였다.

#### 환원력 측정

시료액 1 ml에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액과 1% potassium ferricyanide 용액을 각 1 ml씩 차례로 가하여 혼합한 후 50°C 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA용액을 넣어 13,500× g에서 15분간 원심분리하여 상층액을 얻었으며, 동량의 증류수와 0.1%의 ferric chloride 용액을 혼합한 다음 700 nm에서 증류수를 대조로 하여 흡광도를 측정하였다[31]. 시료의 환원력은 흡광도 값으로 나타내었으며, 흡광도 값이 0.5가 되는데 필요한 시료의 양(EC<sub>0.5</sub>)을 계산하였다.

#### Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성 측정

Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 시료액 0.2 ml에 메탄올 0.8 ml, 2

Table 1. List of functional plant materials used in this study

Sample codes	Plant parts used	Scientific name
A	Fruit	<i>Lycii fructus</i>
B	Root	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi
C	Fruit	<i>Acanthopanax sessiliflorum</i> Seeman
D	Flower	<i>Chrysanthemum indicum</i> L.
E	Root	<i>Dioscorea rhizoma</i>
F	Root	<i>Paconia lactiflora</i> Pall.
G	Root	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge
H	Leaves	<i>Morus alba</i> L.
I	Root (dried)	<i>Zingiber officinale</i>
J	Fruiting body	<i>Phellinus linteus</i>
K	Flower	<i>Zea mays</i> L.

mM FeCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O 용액 0.05 ml 및 5 mM ferrozine [3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4,4''-disulfonic acid] 용액 0.2 ml를 차례로 혼합한 후 실온에서 10분간 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였다[40]. 시료액의 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 시료 무침가구에 대한 시료 침가구의 흡광도비로 계산하여 50%의 활성을 나타내는데 소요되는 시료의 양(EC<sub>50</sub>)을 산출하였다.

#### 세포배양

마우스 대식세포인 RAW264.7는 한국세포주은행(KCLB, Korea Cell Line Bank, Seoul, Korea)에서 분양받았다. RAW264.7 세포는 10% FBS, 항생제(250 units/ml, penicillin, 250 mg/ml streptomycin, Sigma Co.)를 포함하는 DMEM (Gibco, NY, USA) 배지를 사용하였으며, 세포는 37°C의 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였다.

#### 세포 독성 측정

생약재 추출물이 RAW264.7 세포의 생존에 미치는 영향은 3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl) -2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT) 환원방법을 이용하여 cell viability를 측정하였다. 96-well plates에 6×10<sup>4</sup> cells/well 농도로 세포를 분주하여 24시간 배양한 후 시료액을 처리하고 다시 24시간 동안 배양하였다. 이후 lipopolysaccharides (LPS) 1 µg/ml를 첨가하여 배양한 다음 MTT 용액 10 µl를 가하여 37°C에서 2시간 반응시킨 다음 dimethyl sulfoxide (DMSO)를 100 µl를 혼합한 후 570 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료 무처리구에 대한 시료 처리구의 세포 생존정도를 백분율로 나타내었다[3].

#### NO 생성량 측정

LPS로 유도된 RAW264.7 세포에 생약재 추출물의 첨가 시 세포로부터 생성되는 NO의 양을 세포 배양액 중에 존재하는 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>의 형태로써 Griess reagent (Sigma Co.) system을 이용하여 측정하였다. RAW264.7 세포를 1×10<sup>6</sup> cells/well 농도로 24-well plates에 분주하여 24시간 배양한 후 생약재 추출물을 0.005% 및 0.01% 농도로 처리한 다음, 1시간 후에 LPS를 처리하고 24시간 배양한 후 세포 상층액을 회수하였다. 이를 원심분리(980× g 5 min, 4°C)한 후, 상층액 50 µl를 취해 동량의 sulfanilamide 용액과 혼합하여 상온에서 10분간 반응시켰다. 여기에 N-(1-naphthyl) ethylenediamine di-hydrochloride (NED) 용액 50 µl을 혼합하여 상온에서 10분간 반응 후 ELISA reader (Epoch, BIOTECK, Germany)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, sodium nitrate 표준검량선에 의해 NO 함량을 산출하였다.

#### 통계분석

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

### 추출 수율 및 갈색도

11종의 생약재 열수 추출물의 추출 수율 및 갈색도는 Table 2와 같다. 추출 수율은 상황버섯이 5.70%로 가장 낮았고, 열매 부위를 사용한 구기자의 수율이 52.10%로 가장 높았으며, 그 외 시료에서는 14.50~42.47%였다. 뿌리 부위를 사용한 시료 중 황금 및 단삼의 수율은 40% 이상으로 높았으나 산약, 작약 및 생강의 수율은 14.50~18.53%에 불과하였다.

본 실험 결과는 Ju 등[18]이 보고한 95°C에서 3시간동안 한류 추출한 감국(9.25%), 단삼(36.49%), 뽕잎(15.48%) 및 옥수수수염(11.82%) 열수 추출물의 수율과 비교해 볼 때 높게 정량되어, 추출 시간의 차이와 추출 과정 중 진탕배양기의 사용에 의한 것으로 사료된다. 다류 소재로 이용되는 생약재의 물 추출물은 시료의 종류에 따라 1.38~33.20%의 수율로 시료 간에 차이가 큰 것으로 보고된 바 있는데[25], 본 실험에서 사용한 시료 중 상황버섯을 제외한 대부분의 시료에서 추출 수율이 높아 식품 가공에 적용할 경우 산업적 활용도가 높을 것으로 예상된다.

420 nm에서 증류수를 대조로 하여 1,000 µg/ml 농도로 제조한 시료 추출물의 갈색도는 상황버섯이 0.903으로 가장 높았다. 다음으로 오가피가 0.522였으며, 황금, 뽕잎, 생강 및 옥수수수염은 0.1~0.3의 범위였고, 그 외 시료는 0.1 이하의 흡광도를 나타내었다.

Table 2. Yields and browning intensity from hot water extracts in the functional plant materials

Sample codes	Yields (%)	Browning intensity in 420 nm
A	52.10±1.65 <sup>F</sup>	0.085±0.001 <sup>D</sup>
B	42.13±2.73 <sup>E</sup>	0.251±0.002 <sup>H</sup>
C	34.76±3.82 <sup>D</sup>	0.522±0.003 <sup>I</sup>
D	31.47±2.82 <sup>D</sup>	0.046±0.001 <sup>B</sup>
E	18.53±1.05 <sup>B</sup>	0.051±0 <sup>C</sup>
F	15.17±2.37 <sup>B</sup>	0.039±0.001 <sup>A</sup>
G	42.47±2.80 <sup>E</sup>	0.084±0.001 <sup>D</sup>
H	26.92±2.27 <sup>C</sup>	0.218±0.002 <sup>G</sup>
I	14.50±2.04 <sup>B</sup>	0.103±0.001 <sup>E</sup>
J	5.70±0.53 <sup>A</sup>	0.903±0.001 <sup>I</sup>
K	16.07±0.47 <sup>B</sup>	0.180±0.001 <sup>F</sup>

Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>A-I</sup>Means with different superscripts in the column are significantly different at  $p < 0.05$ .

420 nm에서 시료 추출물의 흡광도값은 시료의 추출 과정 중 갈색화 반응생성물의 함량의 추정에 적용되며, 시료 중 갈색 물질의 함량과 항산화 활성과의 관계를 예측할 수 있는 지표로 이용된다[20]. 16종의 한약재 열수 추출물에서 갈변물질의 함량은 0.040~1.312의 흡광도값을 보였는데, 감국, 단삼 및 옥수수수염 열수 추출물에서 각각 0.445, 0.240 및 0.917의 흡광도값을 보여 본 실험 결과보다는 상당히 높았으나, 뽕잎은 0.302로 비슷한 수준이었다. 또한 시료 중 갈변물질의 함량이 많을수록 항산화 활성이 높았다고 보고되어[18], 본 실험 결과에서도 갈색도가 높은 시료에서 생리활성이 높을 것으로 예상된다.

**총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량**

11종의 생약재 열수 추출물의 총 페놀 화합물 및 플라보노이드 함량은 Table 3과 같다. 총 페놀 함량은 38.01~78.53

Table 3. Total phenol and flavonoids contents in the functional plant materials (mg/g dried extracts)

Sample codes	Total phenol	Flavonoids
A	43.51±0.19 <sup>B</sup>	0.53±0.13 <sup>A</sup>
B	68.82±1.32 <sup>G</sup>	31.65±0.36 <sup>H</sup>
C	69.08±0.30 <sup>G</sup>	12.05±0.46 <sup>E</sup>
D	56.78±0.22 <sup>F</sup>	16.71±0.34 <sup>F</sup>
E	38.01±0.40 <sup>A</sup>	0.42±0.08 <sup>A</sup>
F	47.40±0.34 <sup>D</sup>	0.33±0.17 <sup>A</sup>
G	75.42±0.59 <sup>H</sup>	8.36±0.80 <sup>C</sup>
H	53.16±0.49 <sup>E</sup>	21.30±0.36 <sup>G</sup>
I	45.07±0.51 <sup>C</sup>	11.13±0.36 <sup>D</sup>
J	78.53±0.11 <sup>I</sup>	41.02±0.34 <sup>I</sup>
K	47.73±1.07 <sup>D</sup>	6.76±0.10 <sup>B</sup>

Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>A-I</sup>Means with different superscripts in the column are significantly different at *p*<0.05.

mg/g이었으며, 상황버섯이 가장 높았고 산약(38.01 mg/g)이 가장 낮은 함량으로 시료의 종류에 따라 유의적인 함량차를 보였다. 플라보노이드 함량은 상황버섯이 41.02 mg/g로 가장 높았고, 다음으로 황금(31.65 mg/g), 뽕잎(21.30 mg/g)의 순으로, 그 밖의 시료에 비해 월등히 높은 함량이었으며, 구기자, 산약 및 작약은 1 mg/g 미만이었다.

페놀성 화합물은 화학적 구조 내의 phenolic hydroxyl기에 의해 항산화 활성의 정도나 2가 금속이온과의 결합이 결정되며[16], 이들 작용기에 의한 유리 라디칼의 소거효과도 높아 생체 내에서 항암이나 면역 증진 활성과도 관련이 크다[28]. 따라서 황금, 오가피, 단삼, 뽕잎 및 상황버섯 등은 총 페놀이나 플라보노이드 함량이 높아 생체에 적용 시 생리활성의 증대를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

**생약재 열수 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성**

DPPH 라디칼 소거활성은 유리 라디칼의 환원 활성과 일치하는 것으로 활성 산소의 소거활성과도 비례적인 것으로 알려져 있다[2]. 11종의 생약재 열수 추출물을 100~1,000 µg/ml의 농도 범위에서 DPPH 라디칼 소거활성과 50%의 소거활성을 나타내는 시료의 농도인 EC<sub>50</sub>값을 산출한 결과는 Table 4와 같다. 모든 시료에서 시료의 첨가 농도가 많아짐에 따라 소거활성이 유의적으로 증가되었다. 본 실험에 사용된 추출물의 농도범위에서 시료들의 EC<sub>50</sub>값을 확인한 결과, 단삼이 100 µg/ml 이하로 시료 중 활성이 가장 높았으며, 상황버섯, 황금 및 작약이 각각 113.38, 124.73 및 130.51 µg/ml이며, 그 외 시료의 EC<sub>50</sub>값은 200 µg/ml 이상이였다.

약용식물류 32종의 DPPH 라디칼 소거활성을 검색한 연구에서 단삼 및 황금이 가장 우수하였다는 보고[27]는 본 연구 결과와도 유사하였다. 단삼의 경우 과산화수소에 의한 산화적 스트레스에 대한 방어활성은 상당히 높으나, 감마선에 의한 산화적 스트레스에 대한 방어활성은 상반된 결과를 보여 동일

Table 4. DPPH radical scavenging activity in the functional plant materials

Sample codes	Concentration (µg/ml)				EC <sub>50</sub> (µg/ml)
	100	250	500	1000	
A	2.04±0.80 <sup>aA</sup>	5.83±0.74 <sup>bA</sup>	10.93±0.89 <sup>cB</sup>	19.35±0.16 <sup>dB</sup>	1000 <
B	45.65±0.89 <sup>aD</sup>	71.94±0.28 <sup>bG</sup>	72.20±0.28 <sup>bH</sup>	74.82±0.70 <sup>cI</sup>	124.73±4.56
C	26.30±2.83 <sup>aB</sup>	43.43±2.67 <sup>bC</sup>	48.80±0.69 <sup>cD</sup>	50.37±1.63 <sup>cC</sup>	828.55±87.15
D	26.02±0.89 <sup>aB</sup>	55.09±2.64 <sup>bD</sup>	72.32±0.80 <sup>cH</sup>	73.16±1.55 <sup>cHI</sup>	224.43±11.37
E	2.09±0.66 <sup>aA</sup>	5.52±0.16 <sup>bA</sup>	8.00±0.50 <sup>cA</sup>	14.28±1.59 <sup>dA</sup>	1000 <
F	44.48±1.44 <sup>aD</sup>	71.34±1.00 <sup>bG</sup>	68.48±2.22 <sup>cG</sup>	71.67±0.95 <sup>cH</sup>	130.51±5.36
G	57.57±1.24 <sup>aF</sup>	71.35±0.47 <sup>bG</sup>	71.62±0.81 <sup>bH</sup>	71.98±0.16 <sup>bH</sup>	< 100
H	25.53±1.08 <sup>aB</sup>	58.19±1.08 <sup>bE</sup>	65.90±1.08 <sup>cF</sup>	62.67±2.22 <sup>dE</sup>	212.40±4.45
I	32.64±0.32 <sup>aC</sup>	43.40±1.07 <sup>bC</sup>	58.47±0.48 <sup>cE</sup>	69.44±0.60 <sup>dG</sup>	358.94±13.06
J	48.37±2.84 <sup>aE</sup>	62.16±1.40 <sup>bF</sup>	65.68±0.27 <sup>cF</sup>	67.03±0.47 <sup>cF</sup>	113.38±24.24
K	26.39±1.03 <sup>aB</sup>	32.33±1.91 <sup>bB</sup>	38.56±3.69 <sup>cC</sup>	53.41±1.34 <sup>dD</sup>	879.48±64.54

Each value represents mean±SD, n=3.

Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-I) are significantly different at *p*<0.05.

식물체라도 산화적 스트레스의 유형에 따라 방어능에 차이가 있다는 보고도 있다[22]. Park [33]은 8종의 한약재 추출물 중 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성과의 관계에서 구기자와 작약은 상호 반비례 관계였으나 국화는 비례 관계였으며, 대다수의 식물체가 항산화 활성을 지니나, 시료 중 활성 성분의 종류 및 함량 차이에 따라 활성 차이가 큰 것으로 보고한 바 있다.

#### 생약재 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성은 친수성 및 소수성 물질의 항산화 활성 평가에 모두 활용되는 방법으로[34], 11종의 생약재 열수 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성을 EC<sub>50</sub>값으로 나타낸 결과는 Table 5와 같다. ABTS 라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼의 소거활성과 같은 경향으로 단삼에서 EC<sub>50</sub>값이 100 µg/ml 이하로 가장 활성이 높았고, 황금(115.68 µg/ml), 상항버섯(149.57 µg/ml) 및 작약(167.29 µg/ml)은 200 µg/ml 이하였다.

특히, 오가피는 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 비교해 볼 때 EC<sub>50</sub>값이 각각 828.55, 238.36 µg/ml로 라디칼의 종류에 따른 활성 차이가 상당히 큰 것으로 나타났다.

식물체에 함유된 페놀 성분은 종류에 따라 라디칼 소거활성이 다양하게 발휘되는데, 한약재를 대상으로 한 라디칼 소거활성 결과에서 ABTS 라디칼 소거활성은 시료의 페놀 화합물의 함량에 관계없이 우수한 것으로 보고된 바 있다[4]. Joo [17]는 약용식물류 10종의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 라디칼의 종류에 따라 서로 다르며, DPPH 라디칼 소거활성이 다소 높게 측정되었다고 보고한 바 있는데 본 연구 결과도 이와 유사한 경향이였다.

#### 생약재 열수 추출물의 superoxide anion 라디칼 소거활성

Superoxide anion 라디칼은 다른 유해 활성산소의 전구체로 작용하므로 이 물질에 대한 소거활성 측정은 시료의 항산화 활성 탐색에 효과적인 방법으로 알려져 있다[15]. 생약재

Table 5. ABTS radical scavenging activity in the functional plant materials

Sample codes	Concentration (µg/ml)				EC <sub>50</sub> (µg/ml)
	100	250	500	1000	
A	5.17±1.63 <sup>aAB</sup>	13.92±1.34 <sup>bb</sup>	23.83±1.06 <sup>cb</sup>	44.40±0.87 <sup>db</sup>	1000 <
B	46.33±3.05 <sup>e</sup>	80.03±0.73 <sup>bi</sup>	83.23±2.11 <sup>cg</sup>	85.41±0.59 <sup>cf</sup>	115.68±12.02
C	20.44±6.22 <sup>c</sup>	52.37±1.29 <sup>bf</sup>	72.03±1.77 <sup>ce</sup>	74.65±2.29 <sup>cd</sup>	238.36±6.21
D	18.16±1.22 <sup>c</sup>	42.72±1.29 <sup>be</sup>	71.14±4.39 <sup>ce</sup>	77.94±3.90 <sup>de</sup>	315.52±18.83
E	1.92±0.94 <sup>aA</sup>	10.25±0.45 <sup>bA</sup>	16.23±0.37 <sup>cA</sup>	29.79±2.45 <sup>dA</sup>	1000 <
F	32.84±1.96 <sup>d</sup>	71.02±0.94 <sup>bH</sup>	83.98±1.43 <sup>cG</sup>	84.11±2.55 <sup>cf</sup>	167.29±4.70
G	53.98±2.12 <sup>e</sup>	82.44±4.07 <sup>bi</sup>	83.52±1.17 <sup>bG</sup>	84.57±1.60 <sup>bf</sup>	< 100
H	20.90±1.59 <sup>c</sup>	51.70±1.65 <sup>bf</sup>	78.06±2.28 <sup>cf</sup>	79.11±1.30 <sup>ce</sup>	242.12±7.73
I	8.92±1.08 <sup>ab</sup>	31.67±1.72 <sup>bD</sup>	55.68±2.33 <sup>cd</sup>	78.43±0.44 <sup>de</sup>	441.48±23.11
J	42.79±5.91 <sup>e</sup>	62.05±1.80 <sup>bG</sup>	74.14±1.12 <sup>ce</sup>	74.52±1.44 <sup>cd</sup>	149.57±32.18
K	7.09±1.81 <sup>ab</sup>	18.69±1.56 <sup>bC</sup>	33.18±2.49 <sup>cC</sup>	57.63±1.20 <sup>dC</sup>	842.77±29.78

Each value represents mean±SD, n=3.

Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-I) are significantly different at  $p<0.05$ .

Table 6. Superoxide anion radical scavenging activity in the functional plant materials

Sample codes	Concentration (µg/ml)				EC <sub>50</sub> (µg/ml)
	100	250	500	1000	
A	6.34±1.98 <sup>aA</sup>	10.93±0.65 <sup>bA</sup>	13.23±3.06 <sup>bA</sup>	35.48±2.66 <sup>cAB</sup>	1000 <
B	17.65±1.19 <sup>aBCD</sup>	28.17±1.02 <sup>bE</sup>	53.80±3.95 <sup>cE</sup>	76.54±1.27 <sup>dD</sup>	467.08±32.52
C	20.45±2.73 <sup>aD</sup>	23.87±1.79 <sup>bD</sup>	50.33±1.96 <sup>cE</sup>	76.50±2.12 <sup>dD</sup>	488.99±6.54
D	18.20±3.77 <sup>aBCD</sup>	20.41±1.90 <sup>aC</sup>	38.06±1.55 <sup>bD</sup>	56.30±3.73 <sup>cC</sup>	837.00±85.95
E	16.11±1.13 <sup>aBC</sup>	23.71±1.58 <sup>bD</sup>	24.67±2.33 <sup>bB</sup>	32.43±2.67 <sup>cA</sup>	1000 <
F	14.94±2.15 <sup>aB</sup>	18.32±2.38 <sup>bC</sup>	32.72±1.98 <sup>cC</sup>	52.42±2.04 <sup>dC</sup>	918.16±31.83
G	20.28±1.94 <sup>aD</sup>	37.52±2.44 <sup>bf</sup>	69.28±2.75 <sup>cG</sup>	89.86±2.83 <sup>df</sup>	348.16±13.92
H	17.62±1.27 <sup>aBCD</sup>	19.57±1.52 <sup>aC</sup>	24.71±2.08 <sup>bB</sup>	39.19±3.91 <sup>cB</sup>	1000 <
I	19.95±3.06 <sup>aD</sup>	29.72±2.82 <sup>bE</sup>	61.10±4.78 <sup>cF</sup>	83.72±2.36 <sup>dE</sup>	413.35±26.35
J	18.66±2.07 <sup>aCD</sup>	18.99±2.80 <sup>aC</sup>	53.30±3.11 <sup>bE</sup>	78.84±2.67 <sup>dD</sup>	468.51±18.48
K	8.85±1.52 <sup>aA</sup>	13.98±1.34 <sup>bB</sup>	29.13±1.44 <sup>cC</sup>	55.09±0.76 <sup>dC</sup>	902.07±14.83

Each value represents mean±SD, n=3.

Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-F) are significantly different at  $p<0.05$ .

열수 추출물의 superoxide anion 라디칼 소거활성은 Table 6 과 같다. 구기자, 산약 및 뽕잎 추출물을 제외한 시료에서 EC<sub>50</sub> 값은 348.16~918.16 µg/ml로 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성에 비해 대부분의 시료에서 활성이 낮았다. 하지만, 단삼의 superoxide anion 라디칼 소거활성이 가장 높았던 것은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과도 일치하는 경향이었다.

약용식물 추출물의 superoxide anion 라디칼 소거활성 연구에서 오가피와 황금 추출물의 활성이 상당히 높았으며, 이들 시료에서 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과의 상관관계가 각각 0.695, 0.851로써 유의적으로 높은 관계가 성립되는 것으로 보고되어 있다[17]. 또한 맨드라미 꽃의 메탄올 추출물에서도 상기의 라디칼 소거활성 간에 0.9 이상의 상관관계가 보고된 바 있다[21]. 본 연구에서 사용된 생약재 추출물 중 단삼, 황금 및 상황버섯은 다양한 라디칼에 대한 소거활성이 우수하여 생체 내 산화적 스트레스에 대한 항산화성 물질로써 효과가 클 것으로 사료된다.

생약재 열수 추출물의 환원력

생약재 열수 추출물의 환원력은 Table 7에 나타내었다. 시료의 환원력은 700 nm에서 측정된 흡광도 값으로 나타내었으며[12], 흡광도 값이 0.5에 도달하는데 소요되는 시료의 양을 EC<sub>0.5</sub>값으로 나타내었다. 시료의 첨가량이 증가됨에 따라 환원력은 유의적으로 상승하였으며, 구기자, 산약 및 옥수수수염의 EC<sub>0.5</sub>값은 1,000 µg/ml 이상인 것으로 추정되었다. 상황버섯, 단삼 및 황금의 EC<sub>0.5</sub>값은 500 µg/ml 이하로 특히 상황버섯의 환원력이 가장 높았는데, 이는 시료의 총 페놀 화합물 함량과 일치하는 경향이었다. 또한 본 실험에 사용된 생약재 중 감국, 단삼 및 뽕잎의 환원력은 1,000 µg/ml의 농도에서 Ju 등[18]이 보고한 결과에 비해 2배 이상 높았으나, 오가피는 비슷한 수준이었다.

식물류에서 환원력은 전자공여를 통한 라디칼의 소거활성

과 상관성이 높은 것으로 알려져 있는데[12], 본 실험 결과도 이와 잘 일치하였다. 환원력 측정을 통한 여러 식물체의 항산화 활성비교에서 16종의 한약재 열수 추출물[18], 10종의 약용 식물에 대한 70% 에탄올 추출물[17]의 비교 연구가 있으나, 상황버섯 추출물의 환원력이 라디칼 소거활성과 유사한 경향으로 나타난 것은 본 연구에서 처음으로 확인된 결과라 생각된다.

생약재 열수 추출물의 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성

생약재 열수 추출물에서 금속이온인 Fe<sup>2+</sup>에 대한 킬레이팅 활성은 Table 8에 나타낸 바와 같이 시료의 첨가 농도가 증가됨에 따라 유의적으로 상승하였다. 오가피와 감국은 EC<sub>50</sub>값이 1,000 µg/ml 이상이었으며, 그 외 9종의 시료에서 214.72~550.06 µg/ml의 범위로 구기자와 생강을 제외한 시료에서 EC<sub>50</sub>값은 500 µg/ml 이하였다. 특히 뽕잎의 킬레이팅 활성이 가장 높았으며, 다음으로 옥수수수염이었다. 본 실험에서 사용한 11종 생약재는 라디칼 소거활성과 환원력이 비슷한 경향을 보였는데, Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 다소 상이한 양상으로 특히 옥수수수염의 경우 라디칼 소거활성은 낮았으나 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 타 시료에 비해 유의적으로 높았다.

개똥쑥 추출물은 ABTS 및 NO 라디칼 소거활성이 높았으며[36], 마가렛, 국화 및 낙동구절초 추출물은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성이 높아 시료 중의 총 페놀 함량과 비례적이었으나[38], 이들 시료는 모두 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성이 낮은 것으로 보고된 바 있다[36, 38]. 이처럼 라디칼 소거활성과 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 서로 상반된 결과를 나타내기도 하는데, 이러한 현상은 식물류의 성분 중 금속이온의 제거와 라디칼 소거에 관여하는 물질의 종류가 상이하거나[37], 시료 중 금속이온을 포집할 수 있는 물질의 함량이 낮기 때문이라고 추정되고 있다[38]. 본 실험에서도 황금, 상황버섯은 라디칼 소거활성은 우수한 반면, Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성에서 EC<sub>50</sub>값이 335.03, 360.94

Table 7. Reducing power in the functional plant materials

Sample codes	Concentration (µg/ml)				EC <sub>0.5</sub> (µg/ml)
	100	250	500	1000	
A	0.09±0.00 <sup>aB</sup>	0.13±0.00 <sup>bB</sup>	0.22±0.00 <sup>cD</sup>	0.42±0.00 <sup>dC</sup>	1000 <
B	0.13±0.00 <sup>aEF</sup>	0.27±0.00 <sup>bG</sup>	0.52±0.00 <sup>cI</sup>	0.96±0.00 <sup>dI</sup>	482.67±6.73
C	0.13±0.00 <sup>aF</sup>	0.26±0.00 <sup>bF</sup>	0.44±0.00 <sup>cH</sup>	0.74±0.00 <sup>dH</sup>	591.11±6.84
D	0.11±0.00 <sup>aC</sup>	0.21±0.00 <sup>bD</sup>	0.34±0.00 <sup>cE</sup>	0.61±0.00 <sup>dE</sup>	834.00±18.33
E	0.07±0.00 <sup>aA</sup>	0.10±0.00 <sup>bA</sup>	0.14±0.00 <sup>cB</sup>	0.24±0.00 <sup>dA</sup>	1000 <
F	0.12±0.01 <sup>aD</sup>	0.21±0.00 <sup>bD</sup>	0.37±0.00 <sup>cF</sup>	0.67±0.00 <sup>dF</sup>	718.89±15.12
G	0.22±0.00 <sup>aH</sup>	0.47±0.00 <sup>bH</sup>	0.85±0.00 <sup>cK</sup>	1.44±0.02 <sup>dK</sup>	270.00±8.08
H	0.12±0.00 <sup>aE</sup>	0.23±0.00 <sup>bE</sup>	0.40±0.00 <sup>cG</sup>	0.70±0.00 <sup>dG</sup>	684.83±12.82
I	0.11±0.00 <sup>aC</sup>	0.18±0.00 <sup>bC</sup>	0.05±0.00 <sup>cA</sup>	0.50±0.01 <sup>dD</sup>	940.00±38.44
J	0.21±0.01 <sup>aG</sup>	0.53±0.01 <sup>bI</sup>	0.80±0.01 <sup>cJ</sup>	1.36±0.04 <sup>dJ</sup>	230.70±4.32
K	0.09±0.00 <sup>aB</sup>	0.14±0.00 <sup>bB</sup>	0.22±0.00 <sup>cC</sup>	0.37±0.00 <sup>dB</sup>	1000 <

Each value represents mean±SD, n=3.

Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-I) are significantly different at p<0.05.

Table 8. Fe<sup>2+</sup> chelating activity in the functional plant materials

Sample codes	Concentration (µg/ml)				EC <sub>50</sub> (µg/ml)
	100	250	500	1000	
A	37.54±1.92 <sup>aGH</sup>	39.53±1.90 <sup>aCD</sup>	50.66±2.16 <sup>bD</sup>	52.83±3.15 <sup>bC</sup>	550.06±59.13
B	13.93±2.11 <sup>aC</sup>	38.75±1.17 <sup>bC</sup>	64.25±2.44 <sup>cG</sup>	85.75±3.68 <sup>dG</sup>	360.94±16.35
C	9.32±1.35 <sup>aB</sup>	21.95±2.93 <sup>bB</sup>	31.58±1.44 <sup>cB</sup>	44.66±2.06 <sup>dB</sup>	1000 <
D	6.23±1.07 <sup>aA</sup>	10.47±0.22 <sup>bA</sup>	16.30±2.59 <sup>cA</sup>	23.10±2.42 <sup>dA</sup>	1000 <
E	36.57±1.26 <sup>aG</sup>	42.15±1.34 <sup>bDE</sup>	55.13±3.62 <sup>cE</sup>	68.19±3.49 <sup>dE</sup>	407.91±47.92
F	27.50±0.95 <sup>aF</sup>	44.42±1.12 <sup>bE</sup>	68.47±2.61 <sup>cH</sup>	89.97±3.10 <sup>dGH</sup>	308.03±10.57
G	19.96±1.87 <sup>aE</sup>	38.07±3.22 <sup>bC</sup>	56.40±1.45 <sup>cE</sup>	74.00±5.11 <sup>dF</sup>	411.79±25.91
H	25.00±1.54 <sup>aF</sup>	57.71±1.52 <sup>bG</sup>	87.93±1.53 <sup>cI</sup>	94.87±2.23 <sup>dI</sup>	214.72±6.16
I	25.54±0.73 <sup>aF</sup>	39.25±3.81 <sup>bCD</sup>	46.82±0.90 <sup>cC</sup>	91.11±1.44 <sup>dHI</sup>	535.68±8.31
J	17.29±2.43 <sup>aD</sup>	37.57±0.76 <sup>bC</sup>	74.14±1.68 <sup>cI</sup>	87.75±3.30 <sup>dGH</sup>	335.03±5.82
K	39.11±2.24 <sup>aH</sup>	51.72±2.57 <sup>bF</sup>	60.25±1.57 <sup>cF</sup>	62.34±3.81 <sup>cD</sup>	235.50±36.37

Each value represents mean±SD, n=3.

Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-I) are significantly different at *p*<0.05.

µg/ml로 라디칼 소거활성이 낮았던 옥수수수염 및 뽕잎에 비해 활성이 낮게 측정되어 라디칼 소거활성과 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성간의 상관관계가 작다는 상기의 보고[36-38]와 유사한 결과였다. 이와 같이 시료의 환원력에 의해 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성 정도를 평가할 수 없다는 보고[8]와 시료의 라디칼 소거활성에 관여하는 유효물질의 대부분이 페놀화합물 및 플라보노이드 성분이라고 복되어 있다[18, 32]. 따라서 본 연구에서 Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성과 라디칼 소거활성의 동시 분석은 시료의 라디칼 소거활성에 관여하는 다른 phytochemicals의 존재를 짐작케 하는 결과로써 가치가 있다고 판단된다.

생약재 열수 추출물이 LPS에 의해 유도된 NO 생성에 미치는 영향

마우스 대식세포인 RAW264.7 세포를 이용한 면역활성 평가에 앞서 생약재 추출물의 세포 독성을 확인하기 위하여 시료 자체의 세포독성 및 LPS를 병용 처리하였을 때 MTT assay를 수행한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 시료 자체의 세포독성 결과(Fig. 1A)에 기초하여 LPS로 산화적 스트레스를 유발한 후 생약재 추출물을 50 µg/ml 농도로 처리하였을 때 대부분의 시료에서 80% 이상의 세포 생존율을 보였으나, 오가피에서 세포 생존율은 72.97%로 다소간의 세포 독성이 있는 것으로 확인되었다(Fig. 1B). 시료 추출물을 100 µg/ml 처리구에서는 황금, 오가피, 생강, 상항버섯 및 옥수수수염에서 세포 생존율이 80% 이하였으나, 오가피(71.76%)를 제외한 황금, 생강, 상항버섯 및 옥수수수염의 세포 생존율이 77.53~79.93%의 범위로 100 µg/ml의 시료 처리구에서도 생약재에 대한 세포 독성이 그다지 높지는 않은 것으로 확인되었다.

마우스 대식세포인 RAW264.7 세포에 LPS 처리 후 생약재 추출물을 첨가하였을 때 NO 생성에 미치는 영향을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. LPS 무처리구에 비해 LPS 처리 후 NO 생성량은 12배 증가되었으며, 11종의 생약재 추출물을 50 및

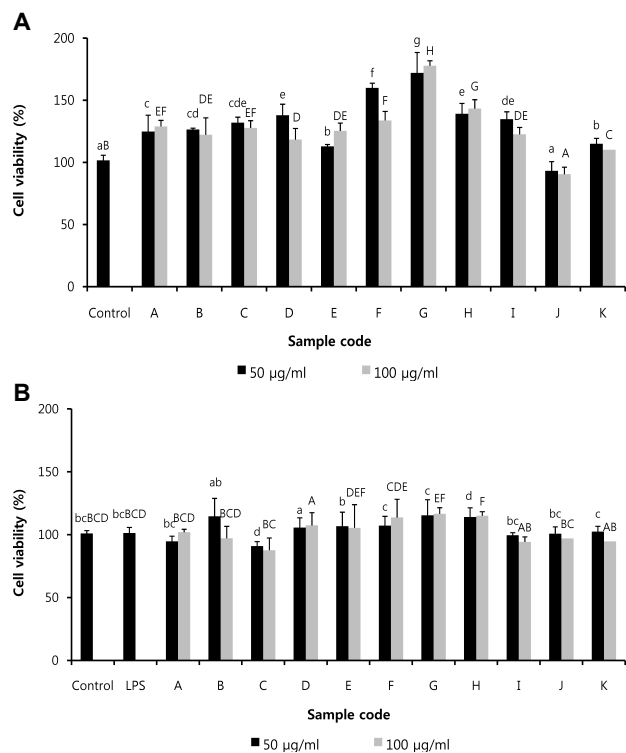


Fig. 1. Effects of the functional plant materials on cell viability of RAW264.7 macrophages without(A) and with(B) LPS. Results are presented as mean±SD of three independent experiments. <sup>a-g</sup>Values with different letters in the each bars are significantly different among control and 50 µg/ml sample treated group at *p*<0.05 according to Duncan's multiple range test. <sup>A-G</sup>Values with different letters in the each bars are significantly different among control and 100 µg/ml sample treated group at *p*<0.05 according to Duncan's multiple range test.

100 µg/ml 첨가시 NO 생성량은 12.89~26.18 µM, 6.86~26.11 µM로 산약 및 옥수수수염을 제외한 시료에서 LPS 처리구보

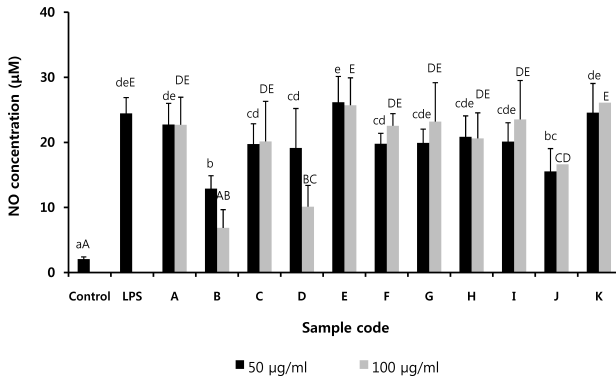


Fig. 2. Effects of the functional plant materials on NO synthesis in LPS-induced RAW264.7 macrophages. Results are presented as mean±SD of three independent experiments. <sup>a-c</sup>Values with different letters in the each bars are significantly different among control and 50 µg/ml sample treated group at  $p < 0.05$  according to Duncan's multiple range test. <sup>A-E</sup>Values with different letters in the each bars are significantly different among control and 100 µg/ml sample treated group at  $p < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

다 낮은 함량이었다. 특히 100 µg/ml의 황금 및 감국의 처리는 LPS 처리구에 비해 각각 72% 및 58.6%, 황금(50 µg/ml) 및 상황버섯(50 및 100 µg/ml)은 각각 47.3% 및 32.0~36.4%로 LPS 처리구에 비해 유의적으로 NO 생성을 감소시켰다( $p < 0.05$ ).

NO는 산화적 스트레스 상태에서 증가되는 물질로[42], RAW264.7 세포에 LPS 처리로 증가된 NO의 함량은 생약재 추출물의 처리로 감소되었는데, 특히 황금과 상황버섯의 활성이 가장 우수하였다. 황금은 flavonoid류인 baicalin, baicalein, wogonin 및 skullcapflavone 등을 함유하고 있으며, 이들 성분들에 의한 항염증 및 항산화 작용이 보고되어 있다[5, 10]. 이들 물질 중 baicalin, baicalein은 화학적 구조 중 O-di-hydroxyl기를 가지므로 wogonin보다 활성이 높으며, 이는 DPPH 라디칼 소거와도 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다[11].

2%의 상황버섯 추출물을 4~8주간 급이는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>에 의한 산화적 스트레스를 받은 림프구에서 DNA 손상에 대한 방어 효과가 29~33% 정도였다는 보고가 있다[23]. 이는 상황버섯에서 분리한 phellinisin A가 체내에서 superoxide anion을 생성하는 xanthine oxidase의 활성을 강하게 억제한다는 보고와도 유사하며[14], 생체 내 glutathione, glutathione reductase 및 GSH-px 활성을 증가시키므로써 세포 내 ROS의 생성을 억제 시키게 된다고 보고되어 있다[39].

본 연구에서 11종의 생약재는 세포 독성이 낮으며, 총 페놀 화합물의 함량이 높아 항산화 활성이 높고 LPS 처리에 의한 NO 생성을 감소시켰는데, 그 중 황금, 상황버섯, 단삼, 뽕잎, 작약 등 5종의 활성이 전반적으로 우수하여 항산화 및 면역 증강용 기능성 음료 제조를 위한 부재료로써 이들을 선별하는

것이 적절하리라 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 농림수산식품부 농림기술개발사업(110021-3)의 수행에 따른 연구성과의 일부이며 이에 감사드립니다.

### References

- Ames, B. N., Shigenaga, M. K. and Hagen, T. M. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proc Natl Acad Sci USA* **90**, 7915-7922.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
- Bredt, D. S. and Snyder, S. H. 1994. Nitric oxide: a physiologic messenger molecule. *Annu Rev Biochem* **63**, 175-195.
- Chae, J. W., Jo, B. S., Joo, S. H., Ahn, D. H., Chun, S. S. and Cho, Y. J. 2012. Biological and antimicrobial activity of *Vaccinium oldhami* fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1-6.
- Chi, T. S., Lim, H., Park, H., and Kim, H. P. 2003. Effects of wogonin, a plant flavone from *Scutellaria radix* on skin inflammation: *in vivo* regulation of inflammation-associated gene expression. *Biochem Pharmacol* **66**, 1271-1278.
- Cho, E. K., Song, H. J., Cho, H. E., Choi, I. S. and Choi, Y. J. 2010. Development of functional beverage(SanYa) from fermented medical plants and evaluation of its physiological activities. *J Life Sci* **20**, 82-89.
- Cho, H. S., Lee, S. J., Shin, J. H., Kang, M. J., Cho, H. S., Lee, H. J. and Sung, N. J. 2007. Antioxidative activity and nitrite scavenging effect of the composites containing medicinal plant extracts. *J Life Sci* **17**, 1135-1140.
- Chu, Y. H., Chang, C. L. and Hsu, H. F. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J Sci Food Agric* **80**, 561-566.
- Droge, W. 2001. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* **82**, 47-95.
- Gao, D., Tawa, R., Masaki, H., Okano, Y. and Sakurai, H. 1998. Protective effects of baicalein against reactive oxygen species. *Chem Pharm Bull* **46**, 1383-1387.
- Gao, Z., Huang, K., Yang, X. and Xu, H. 1999. Free radical scavenging and antioxidant activities of flavonoids extracted from the radix of *Scutellaria baicalensis* Georgi. *Biochim Biophys Acta* **1472**, 643-650.
- Gordon, M. F. 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro* pp. 1-18, In Hudson, B. J. F. (ed.), *Food Antioxidants*. Elsevier Applied Science: London, UK.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* **58**, 966-968.
- Hwang, E. I., Kim, J. R., Jeong, T. S., Lee, S., Rho, M. C. and Kim, S. U. 2006. Phellinisin A from *Phellinus* sp. PL3 exhibits antioxidant activities. *Planta Med* **72**, 572-575.
- Jin, S. Y. 2011. Study on antioxidant activities of extracts from different parts of Korean and Iranian pomegranates.



- J Korean Soc Food Sci Nutr* **40**, 1063-1072.
16. Jo, D. H., Min, K. J. and Cha, C. G. 2007. The antioxidant and antitumor effects of the extract of *Bulnesia sarmientia*. *J Food Hyg Safety* **22**, 120-126.
  17. Joo, S. Y. 2013. Antioxidant activities of medicinal plant extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **42**, 512-519.
  18. Ju, J. C., Shin, J. H., Lee, S. J., Cho, H. S. and Sung, N. J. 2006. Antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **35**, 7-14.
  19. Kang, W. S., Park, E. J. and Yoon, K. R. 1998. Antioxidant property of turmeric (*Curcuma rhizoma*) ethanol extract. *Korean J Food Sci Technol* **30**, 266-271.
  20. Kang, Y. H., Oark, Y. K., Oh, S. R. and Moon, K. D. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Technol* **27**, 978-984.
  21. Kim, H. Y., Ko, J. Y., Song, S. B., Kim, J. I., Seo, H. I., Lee, J. S., Kwak, D. Y., Jung, T. W., Kim, K. Y., Oh, I. S., Jeong, H. S. and Woo, K. S. 2012. Antioxidant activities of solvent fractions from methanolic extract of cockscome (*Celosia cristata* L.) flowers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1502-1507.
  22. Kim, J. H., Lee, E. J., Shin, D. O., Hong, S. E. and Kim, J. K. 2000. Protective effect against oxidative stress in medicinal plant extracts. *J Korean Asso Radiat Prot* **25**, 37-43.
  23. Kim, J. H., Son, I. S., Kim, J. S., Kim, K. H. and Kwon, C. S. 2008. Lipase-inhibitory and anti-oxidative activity of the methanol extract and the powder of *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 154-161.
  24. Kim, J. M., Shin, Y. K., Kim, B. O., Kim, J. K., Lee, S. H. and Kim, Y. S. 2012. Effect of *Artemisia capillaris* extracts on antioxidant activity and allergic dermatitis. *J Life Sci* **22**, 958-963.
  25. Kim, M. H., Kim, M. C., Park, J. S., Kim, J. W. and Lee, J. O. 2001. The antioxidative effects of the water-soluble extracts of plants used tea materials. *Korean J Food Technol* **33**, 12-18.
  26. Kim, W. Y. and Kim, M. H. 2005. The change of lipid metabolism and immune function caused by antioxidant material in the hypercholesterolemic elderly women in Korea. *Korean J Nutr* **38**, 67-75.
  27. Kwon, J. W., Lee, E. J., Kim, Y. C., Lee, H. S. and Kwon, T. O. 2008. Screening of antioxidant activity from medicinal plant extracts. *Korean J Pharmacogn* **39**, 155-163.
  28. Lee, Y. S. 2007. Antioxidative and physiological activity of extracts of *Angelica dahurica* leaves. *Korean J Food Preserv* **14**, 78-86.
  29. Moreno, M. I. N., Isla, M. I., Sampietro, A. R. and Vattuone, M. A. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* **71**, 109-114.
  30. Nishikimi, M., Rao, N. A. and Yagi, K. 1972. The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. *Biochem Biophys Res Commun* **46**, 849-854.
  31. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reaction: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J Nutr* **44**, 307-315.
  32. Park, H. J., Kang, S. A., Lee, J. Y. and Cho, Y. J. 2012. Antioxidant activities of extracts from medicinal plants. *Korean J Food Preserv* **19**, 744-750.
  33. Park, Y. S. 2002. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of medicinal herb extracts. *J East Asian Soc Dietary Life* **12**, 23-31.
  34. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* **26**, 1231-1237.
  35. Rim, Y. S., Park, Y. M., Park, M. S., Kim, K. Y., Kim, M. J. and Choi, Y. H. 2000. Screening of antioxidants and antimicrobial activity in native plants. *Korean J Med Crop Sci* **8**, 342-350.
  36. Ryu, J. H., Lee, S. J., Kim, M. J., Shin, J. H., Kang, S. K., Cho, K. M. and Sung, N. J. 2011. Antioxidant and anticancer activities of *Artemisia annua* L. and determination of functional compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **40**, 509-516.
  37. Seo, S. J., Choi, Y. M., Lee, S. M., Kong, S. H. and Lee, J. S. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 129-135.
  38. Woo, J. H., Shin, S. L., Jeong, H. S. and Lee, C. H. 2010. Antioxidant effect of extracts obtained from three *Chrysanthemum* species. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **39**, 631-636.
  39. Ye, S. F., Hou, Z. Q. and Zhang, Q. Q. 2007. Protective effects of *Phellinus linteus* extract against iron overload-mediated oxidative stress in cultured rat hepatocytes. *Phytother Res* **21**, 948-953.
  40. Yen, G. C., Duh, P. D. and Tsai, H. L. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* **79**, 307-313.
  41. Yu, A. R., Park, H. Y., Choi, I. W., Park, Y. K., Hong, H. D. and Choi, H. D. 2012. Immune enhancing effect of medicinal herb extracts on a RAW264.7 macrophage cell line. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1521-1527.
  42. Yun, H. Y., Dawson, V. L. and Dawson, T. M. 1996. Neurobiology of nitric oxide. *Crit Rev Neurobiol* **10**, 291-316.

---

**초록 : 항산화 및 면역 활성 증강을 위한 생약재의 탐색**이수정<sup>1</sup> · 신정혜<sup>2</sup> · 이혜진<sup>1</sup> · 탁현민<sup>2</sup> · 강민정<sup>2</sup> · 성낙주<sup>1\*</sup>(<sup>1</sup>경상대학교 식품영양학과·농업생명과학연구원, <sup>2</sup>(재)남해마늘연구소)

문헌조사를 통해 선별된 11종의 생약재를 대상으로 항산화 및 대식세포를 이용한 면역 활성을 측정하였다. 생약재 열수 추출물의 추출 수율은 구기자가 52.10%로 가장 높았고, 상황버섯이 5.7%로 가장 낮았으며, 그 외 시료는 14.50~42.47%였다. 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 상황버섯이 가장 높았다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성에서 EC<sub>50</sub>값은 단삼이 100 µg/ml 이하였으며, 상황버섯, 황금 및 작약이 100~200 µg/ml이었다. Superoxide anion 라디칼 소거활성에서 모든 시료의 EC<sub>50</sub>값은 300 µg/ml 이상이였다. 환원력은 상황버섯이 가장 높은 활성이었으며, Fe<sup>2+</sup> 킬레이팅 활성은 뽕잎이 가장 높았다. 추출물의 세포독성은 LPS 처리 후 세포 생존율이 오가피를 제외한 모든 시료에서 50 µg/ml 처리 시 80% 이상, 100 µg/ml 처리 시에도 77% 이상이었다. LPS의 처리 후 NO 생성량은 대조구에 비해 12배 증가되었으며, 11종의 생약재 추출물에 의한 NO 생성량은 6.86~26.18 µM이었다. 특히 황금은 100 µg/ml 첨가 시 NO 생성을 72% 정도 감소시켰다. 황금, 상황버섯, 단삼, 뽕잎, 작약의 항산화 및 면역 활성이 높아 항산화 및 면역 증강용 기능성 음료 제조를 위한 부재료로써 이들을 선별하는 것이 적절하리라 판단된다.