

## 흑마늘 용매 분획물의 항산화 활성

신정혜<sup>1</sup> · 이현지<sup>2</sup> · 강민정<sup>1</sup> · 이수정<sup>2</sup> · 성낙주<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(재)남해마늘연구소

<sup>2</sup>경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

## Antioxidant Activity of Solvent Fraction from Black Garlic

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

<sup>1</sup>Namhae Garlic Research Institute, Gyeongnam 668-812, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

### Abstract

To confirm antioxidant activity of black garlic, methanol extract of black garlic was fractionated by hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol and water. Antioxidant activities of solvent fractions were assayed in 100, 250, 500 and 1,000 µg/mL concentrations. The contents of total phenol and flavonoids were significantly higher 5.5~11.6 times in chloroform, ethyl acetate and hexane fraction than other fractions. Antioxidant activities of solvent fractions were increased by higher sample concentrations and their activities were significantly higher in chloroform and ethyl acetate fractions than others. DPPH radical scavenging activity was over 50% in 1,000 µg/mL concentration, except butanol and water fraction. In the same concentration, reducing power was also significantly lower in butanol and water fraction. ABTS radical scavenging activity was higher in hexane, chloroform and ethyl acetate fractions and was over 70% at 1,000 µg/mL concentration. In 1,000 µg/mL concentration, the range of hydroxy radical scavenging activity was 50.27~81.02% and SOD-like ability was 26.73~47.64%. Antioxidant activity in linoleic acid reaction system was significantly higher when storage time was longer and sample concentration was higher in non-polar solvent fractions. Nitrite scavenging activity was relatively higher than antioxidant activity and the activity in 100 µg/mL concentration was over than 50%, except butanol fraction.

**Key words:** black garlic, extracts, antioxidant activity

### 서 론

마늘은 1인당 연간 소비량이 약 7~9 kg에 달하는 주요 양념 채소로 식용되고 있을 뿐만 아니라 예부터 민간에서는 자양강장, 항균활성 등의 이용목적으로 널리 이용하여 왔다 (1). 현재까지 우리나라에서 주로 많이 이용되고 있는 깎 마늘, 다진 마늘 및 장아찌 등 단순 가공만으로는 마늘의 충분한 부가가치를 창출함에 있어 한계를 지니게 되며, 식품의 건강 기능성, 안전성, 고급화 및 다양화를 추구하는 소비자의 성향에도 부합하지 못하는 단점을 지니게 된다.

이러한 단점들을 보완하고 마늘의 고부가가치화와 안정적인 지속적인 소비를 유발할 수 있는 방안으로 새로운 가공품의 개발이 요구되고 있는데, 최근 개발된 '흑마늘'은 생마늘의 강한 냄새와 매운 맛을 감소시키고, 마늘 자체 성분의 반응에 따른 감미와 산미가 조화를 이루어 마늘의 섭취를 용이하게 하는 장점이 있는 대표적인 고부가가치 마늘 가공품이다. 현재, 국내에서는 주요 마늘 산지인 남해, 의성

등을 중심으로 흑마늘 가공 산업이 활성화 되고 있으며 흑마늘 및 흑마늘 엑기스, 음료, 환, 사탕, 젤리, 양갱, 식초, 식초음료 등이 상품화 되어 있다. 흑마늘은 일정한 온도와 습도를 유지하는 가공과정을 통하여 glucose, fructose, sucrose 및 maltose 등 유리당의 함량이 증가되고 산도가 낮아져 새콤 달콤한 독특한 맛을 갖게 되며, 마늘 자체에 함유된 당과 아미노산에 의한 갈변반응 및 중합반응으로 인해 흑색으로 변화된다(2). 흑마늘의 가공공정과 같이 상온 이상의 온도에서 장시간 노출된 식품은 Maillard 반응산물을 생성하게 되어 항산화 활성을 가지게 되는데(3), 열을 가하는 공정을 거친 식품의 항산화 활성은 페놀화합물의 파괴 정도 및 공정 중 갈변물질의 생성정도에 영향을 받는다고 보고되어 있다(4). 흑마늘 숙성 중 색의 변화는 Maillard 반응에 의한 갈변물질에 기인하므로, 흑마늘도 항산화 및 항암 활성 등의 다양한 생리활성을 가질 것으로 추정된다.

흑마늘의 생리활성과 관련하여 국내에서는 흑마늘의 숙성 단계에 따른 영양성분 및 주요성분의 변화와 몰과 에탄올

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

추출물의 항산화 활성비교(5), 흑마늘과 생마늘 30% 에탄올 추출물의 항산화 활성 및 ACE(angiotensin converting enzyme) 저해활성 비교(6), 흑마늘과 생마늘의 영양성분(2) 및 추출물에 대한 항산화활성 비교(7), 흑마늘 추출물의 인체 LDL에 대한 항산화 효과(8), 흑마늘 분말 첨가 급이 고콜레스테롤 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향(9) 등에 대한 연구가 진행되어 있으나 흑마늘의 생리활성 규명 및 관련물질에 대한 연구는 아직도 많은 분야에서 더 심도 깊게 진행되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 흑마늘의 생리활성 규명에 관한 연구의 일환으로 흑마늘의 용매별 분획물을 제조하여 이들의 항산화 활성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 용매별 추출물의 제조

시료에 약 3배의 95% 메탄올을 가하여 60°C 수욕 상에서 환류냉각하면서 3회 반복 추출하여 메탄올 조추출물을 얻었다. 이것을 회전식 진공증발 농축기를 이용하여 추출용매를 제거한 다음 1 L의 물과 메탄올 용액(9:1, v/v)에 재용해하고 여기에 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol을 각각 1 L씩 순차적으로 가하여 3회 반복 추출하여 각각의 용매 분획물로 나누었고 나머지 잔사는 물 분획물로 하였다. 용매별 분획물은 회전 진공증발기로 감압·농축하여 완전 건조시킨 다음 일정량을 취하여 항산화 활성 분석용 시료로 사용하였다.

### 총 페놀 및 플라보노이드 정량

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(10)에 따라 메탄올에 1 mg/mL의 농도로 용해한 각 용매별 추출액, Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 각각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma Co., Ltd., St. Louis, MO, USA)를 0~100 µg/mL의 농도로 제조한 후 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드는 Moreno 등(11)의 방법에 따라 1 mg/mL 농도의 시료액에 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.)을 표준물질로 하여 0~100 µg/mL 농도 범위에서 얻은 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(12)의 방법을 변형하여 일정농도의 시료 추출물 1 mL와 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 2 mL를 가하여 10초간 잘 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

소거능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

### 환원력 측정

Oyaizu(13)의 방법에 따라 농도별 시료액 1 mL에 200 mM phosphate buffer(pH 6.6) 및 1%의 potassium ferricyanide 각 1 mL를 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% trichloroacetic acid (TCA) 용액 1 mL를 가하여 13,500×g에서 15분간 원심분리 하여 얻은 상정액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride 각 1 mL를 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

### ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonate)] 라디칼 소거능은 Re 등(14)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 7 mM ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음 암실에서 12~16시간 동안 반응시키고 이것을 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 이 용액 3 mL에 농도별 시료액을 1 mL 가하여 실온에서 5분간 반응시킨 후 414 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

### Hydroxyl 라디칼 소거능 측정

Gutteridge(15)의 방법에 따라 1 mM FeSO<sub>4</sub>/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 농도별 시료액 0.2 mL, 0.1 M phosphate buffer(pH 7.4) 1.2 mL 및 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.2 mL를 차례로 가한 다음 37°C에서 1시간 반응시킨 후 2.8% TCA 용액 1 mL를 가하고 95°C 수욕상에서 10분간 가열한 다음 급냉시킨 후 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

### Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 측정

용매별 흑마늘 분획물의 SOD 유사활성은 알칼리 상태에서 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색 원리를 이용한 Marklund와 Marklund(16)의 방법에 따라 측정하였다. 일정농도별 시료액 0.2 mL에 10 mM EDTA를 함유한 tris-HCl buffer(tris-hydroxymethyl aminomethane, pH 8.5) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분간 방치한 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 다음 산화된 pyrogallol의 흡광도를 420 nm에서 측정하였다. SOD 유사활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도를 비교하여 백분율로 나타내었다.

Linoleic acid emulsion에 의한 항산화 활성 측정

Osawa(17)와 Kim 등(18)의 방법에 따라 linoleic acid model system을 이용하여 thiocyanate법으로 용매별 추출액의 항산화 활성을 측정하였다. 시료액 0.5 mL에 linoleic acid emulsion 및 0.2 M phosphate buffer(pH 7.0) 각 2 mL를 혼합하여 37°C에서 보관하면서 1일과 7일째에 각 시료액 0.1 mL를 취하여 75% 에탄올 4.7 mL, 30% ammonium thiocyanate 0.1 mL를 첨가한 후 1분간 실온에서 정치시킨 다음 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신에 phosphate buffer를 첨가하였으며, 항산화 활성은 시료 첨가 전후의 흡광도 비로 나타내었다.

아질산염 소거작용 측정

용매별 흑마늘 추출물의 아질산염 소거능은 Kim 등(19)의 방법에 따라 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL에 각 시료 1 mL를 가하고 여기에 pH 2.5로 조정된 0.2 M citrate buffer로 반응 용액의 총 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 다음 반응액을 1 mL씩 취하고 여기에 2% acetic acid 용액 3 mL 및 30% acetic acid 용액으로 각각 용해한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 사용 직전에 혼합하여 제조한 Griess 시약 0.4 mL를 차례로 가하여 잘 혼합한 후 15분간 실온에 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 증류수를 가하여 상기와 동일하게 행하였으며 아질산염 소거능은 시료 첨가구와 무첨가구를 비교하여 백분율로 나타내었다.

통계처리

모든 분석은 3회 이상 반복하여 수행되었으며, 시료 자체의 색에 의한 간섭을 보정하고자 각 반응액에서 시료 자체의 흡광도 값을 별도로 측정하여 그 값을 감하였다. 얻어진 결과는 SPSS 12.0 package를 사용하여 분산분석 하였고, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 실험군에 대한 유의성 검정은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test를 실시하였다.

결과 및 고찰

총 페놀 및 플라보노이드 함량

흑마늘 용매 분획물 중의 총 페놀 및 플라보노이드 화합물

Table 1. Total phenol and flavonoid contents of solvent extracts from black garlic (mg/g)

Extract solvent	Total phenol	Flavonoids
Hexane	3.57±0.08 <sup>d</sup>	0.69±0.05 <sup>b</sup>
Chloroform	47.30±0.10 <sup>e</sup>	3.45±0.08 <sup>d</sup>
Ethyl acetate	28.85±0.09 <sup>f</sup>	1.43±0.04 <sup>c</sup>
Butanol	4.05±0.01 <sup>a</sup>	0.37±0.03 <sup>a</sup>
Water	4.17±0.03 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>
Methanol	8.45±0.10 <sup>b</sup>	0.63±0.05 <sup>b</sup>

<sup>a-e</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

의 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 총 페놀화합물은 chloroform 분획물에서 47.30 mg/g으로 가장 높았고, 다음으로 hexane과 ethyl acetate 분획물에서 각각 35.57 mg/g과 24.85 mg/g으로 여타 분획물에 비해 월등히 높은 함량이었다. 물 분획물에서는 4.17 mg/g으로 함량이 매우 낮아 흑마늘 중의 페놀 화합물은 비극성 물질이 주된 성분이라 추정된다.

플라보노이드 함량도 페놀 화합물과 유사한 경향으로 chloroform 분획물에서 가장 높은 함량이었으며, butanol과 물 분획물에서 각각 0.37 mg/g과 0.36 mg/g으로 chloroform 분획물의 약 10%에 불과하였다.

180°C에서 2분간 frying처리된 마늘은 생마늘에 비해 폴리페놀 함량이 증가되어 항산화 활성이 상승되었는데(20), 이는 고온에 의해 생성된 Maillard 반응산물이 항산화능과 상관성이 높은 것으로 보고되어 있다(3). 본 연구에서도 흑마늘의 지용성 용매 분획물에서 페놀 화합물 및 플라보노이드 물질의 함량이 높아 이들 분획물의 항산화능도 상기의 보고와 관련성이 있을 것으로 기대된다.

DPPH 라디칼 소거능

흑마늘 용매 분획물의 DPPH 라디칼 소거능을 ascorbic acid 및 α-tocopherol과 비교한 결과는 Table 2와 같다. Chloroform 분획물의 경우 활성이 가장 높아 500 µg/mL 농도에서 79.68%, 1000 µg/mL 농도에서는 91.56%로서 α-tocopherol 보다 더 높은 활성을 보였다. 다음으로 ethyl acetate 분획물은 100 µg/mL와 500 µg/mL의 농도에서 chloroform 분획물과 유의적인 차이는 없었으나 시료의 첨가 농도가 증가함에 따라 활성이 다소 낮아져 1000 µg/mL 농도에서 87.08%의

Table 2. DPPH radical scavenging ability of solvent extracts from the black garlic (%)

Extract solvent	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
Hexane	18.75±0.21 <sup>dA</sup>	27.54±0.08 <sup>bB</sup>	41.65±0.16 <sup>bC</sup>	58.87±0.19 <sup>cD</sup>
Chloroform	29.99±0.14 <sup>eA</sup>	51.84±0.04 <sup>cdB</sup>	79.68±0.24 <sup>fc</sup>	91.56±0.15 <sup>gd</sup>
Ethyl acetate	29.58±0.19 <sup>eA</sup>	49.89±0.05 <sup>cdB</sup>	71.46±0.09 <sup>ec</sup>	87.08±0.13 <sup>gd</sup>
Butanol	3.78±0.05 <sup>aA</sup>	9.14±0.03 <sup>aB</sup>	18.82±0.03 <sup>aC</sup>	34.56±0.17 <sup>ad</sup>
Water	9.56±0.03 <sup>ba</sup>	27.91±0.06 <sup>bb</sup>	41.28±0.05 <sup>bc</sup>	47.07±0.18 <sup>bd</sup>
Methanol	15.28±0.06 <sup>ca</sup>	27.17±0.09 <sup>bb</sup>	45.20±0.24 <sup>cc</sup>	65.93±0.11 <sup>cd</sup>
Ascorbic acid	75.15±0.29 <sup>gA</sup>	80.48±0.05 <sup>eAB</sup>	84.12±0.13 <sup>gBC</sup>	95.32±0.12 <sup>hC</sup>
α-Tocopherol	48.07±0.11 <sup>fA</sup>	54.30±0.03 <sup>dB</sup>	62.38±0.17 <sup>dB</sup>	71.04±0.14 <sup>ec</sup>

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

활성을 나타내었다. 물과 butanol 분획물의 경우 1000 µg/mL 농도에서도 50% 미만의 낮은 소거능이었다.

Kim 등(21)은 추출용매별 가시오가피 추출물의 DPPH에 대한 항산화 활성은 물 분획물이 가장 높으며 다음으로 75% 메탄올 분획물이었고, chloroform 분획물에서 가장 활성이 낮았다고 보고하였다. Jang 등(22)은 추출 용매에 따라 DPPH에 대한 전자공여능은 차이가 있는데, 초피나무의 경우 ethyl acetate에서 가장 활성이 높았고, 물 분획물에서 가장 활성이 낮았다고 보고하였다. 홍화씨로부터 계통 분획을 통해 얻어진 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 ethyl acetate 층에서 가장 높고 다음으로 butanol 및 물 층의 순서라는 보고도 있다(23). 이처럼 각 시료들의 전자공여능은 추출용매별로 상이하며 시료의 특성에 따라 추출물별 활성도 상이함을 알 수 있었다. 본 실험에 사용된 흑마늘의 경우 DPPH 라디칼 소거능이 높은 성분은 비극성 용매에 친화성이 더 강한 성분임을 예측할 수 있었다.

#### 환원력

농도별 흑마늘 분획물의 환원력도 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 경향으로(Table 3) 시료의 첨가 농도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. Chloroform 분획물의 경우 최고 700 nm에서 2.53의 흡광도를 나타내었으며, 500 µg/mL 농도에서는 ascorbic acid와 α-tocopherol에 상당히 근접한 활성을 보였다. 다음으로 활성이 높은 ethyl acetate와 methanol 분획물도 1,000 µg/mL 농도에서 각각 1.88과 1.82로 높은 환원력을 보였다. 그러나 물과 butanol 분획물간에는 유

의적인 차이가 없었으며 활성도 낮았다.

흑마늘은 가공 공정의 단계가 진행됨에 따라 환원력이 점차 증가하는데 이는 갈변물질의 생성량이 점진적으로 증가함에 따라 melanoidin과 같은 항산화 활성을 갖는 물질의 생성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다(5). 50°C에서 14일간 숙성된 마늘과 양파는 갈색도가 점차 상승되었으며, 또한 Maillard 반응의 초기단계에서 생성되는 아마도리 화합물인 2-FM-amino acid의 함량이 증가되어 항산화 활성도 상승되었다고 보고되어 있는데(24) 본 실험의 결과에서 환원력의 증가에도 갈변반응에서 생성되는 화합물이 관여하는 것으로 판단된다.

#### ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 시료의 첨가 농도 증가와 더불어 상승하는 경향이였다(Table 4). 추출용매에 따라 그 활성의 차이가 매우 커 가장 활성이 높았던 chloroform 분획물은 1,000 µg/mL 농도에서 92.83%였으나 가장 활성이 낮았던 butanol 분획물의 활성은 27.80%에 불과하였다. DPPH법과 ABTS법에 의한 항산화력을 아스코르브산으로 비교할 때 활성은 각각 29%와 45%로 ABTS법으로 측정된 활성이 다소 높았는데 이와 같은 현상은 DPPH는 자유라디칼을, ABTS는 양이온 라디칼을 소거하는 점에서 서로 차이가 나며 두 기질과 반응물과의 결합 정도가 상이하여 라디칼 제거 능력에서도 차이가 생기는 결과로서 본 실험과 유사한 경향이였다(25).

Table 3. Reducing power of solvent extracts from the black garlic

(O.D. value at 700 nm)

Extract solvent	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
Hexane	0.25 ± 0.00 <sup>bA</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>bB</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>bC</sup>	0.87 ± 0.01 <sup>bD</sup>
Chloroform	0.38 ± 0.01 <sup>cdA</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>cb</sup>	1.35 ± 0.05 <sup>deC</sup>	2.53 ± 0.02 <sup>dd</sup>
Ethyl acetate	0.44 ± 0.00 <sup>da</sup>	0.69 ± 0.02 <sup>cb</sup>	1.11 ± 0.00 <sup>cdC</sup>	1.88 ± 0.01 <sup>cd</sup>
Butanol	0.11 ± 0.01 <sup>aA</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.30 ± 0.01 <sup>abC</sup>	0.52 ± 0.00 <sup>ad</sup>
Water	0.10 ± 0.00 <sup>aA</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>aC</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>ad</sup>
Methanol	0.33 ± 0.01 <sup>ca</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>cb</sup>	1.01 ± 0.00 <sup>cC</sup>	1.82 ± 0.07 <sup>cd</sup>
Ascorbic acid	0.98 ± 0.02 <sup>fA</sup>	1.12 ± 0.09 <sup>db</sup>	1.45 ± 0.08 <sup>ec</sup>	2.77 ± 0.03 <sup>dd</sup>
α-Tocopherol	0.65 ± 0.01 <sup>eA</sup>	0.99 ± 0.06 <sup>dbC</sup>	1.33 ± 0.05 <sup>deC</sup>	2.61 ± 0.01 <sup>ed</sup>

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

Table 4. ABTS radical scavenging activity of solvent extracts from the black garlic

(%)

Extract solvent	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
Hexane	11.43 ± 0.77 <sup>bA</sup>	27.61 ± 0.33 <sup>cdB</sup>	46.19 ± 0.25 <sup>dc</sup>	70.87 ± 0.48 <sup>dd</sup>
Chloroform	22.49 ± 0.21 <sup>ca</sup>	31.74 ± 0.34 <sup>db</sup>	61.09 ± 2.13 <sup>fc</sup>	92.83 ± 0.67 <sup>fd</sup>
Ethyl acetate	15.77 ± 0.482 <sup>ba</sup>	24.71 ± 0.95 <sup>cb</sup>	55.05 ± 0.40 <sup>ec</sup>	84.15 ± 1.92 <sup>ed</sup>
Butanol	3.50 ± 0.17 <sup>aA</sup>	7.34 ± 0.18 <sup>ab</sup>	13.33 ± 0.31 <sup>aC</sup>	27.80 ± 1.51 <sup>ad</sup>
Water	5.32 ± 0.40 <sup>aA</sup>	11.29 ± 0.18 <sup>bb</sup>	19.77 ± 0.31 <sup>bc</sup>	33.84 ± 1.51 <sup>bd</sup>
Methanol	9.50 ± 0.52 <sup>abA</sup>	20.31 ± 0.88 <sup>cb</sup>	33.68 ± 1.50 <sup>cC</sup>	49.48 ± 0.70 <sup>cd</sup>
Ascorbic acid	40.83 ± 1.07 <sup>da</sup>	68.00 ± 4.91 <sup>fb</sup>	90.01 ± 0.30 <sup>hc</sup>	98.04 ± 0.21 <sup>gd</sup>
α-Tocopherol	22.79 ± 0.56 <sup>ca</sup>	45.55 ± 0.71 <sup>eb</sup>	68.32 ± 1.38 <sup>gc</sup>	99.67 ± 0.15 <sup>gd</sup>

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

Table 5. Hydroxyl radical scavenging activity of solvent extracts from the black garlic (%)

Extract solvent	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
Hexane	35.50 ± 1.90 <sup>bA</sup>	42.16 ± 0.36 <sup>bB</sup>	56.34 ± 1.50 <sup>bC</sup>	65.29 ± 1.63 <sup>cD</sup>
Chloroform	50.99 ± 0.83 <sup>cA</sup>	57.72 ± 0.68 <sup>cB</sup>	68.23 ± 0.68 <sup>cC</sup>	81.02 ± 0.73 <sup>cD</sup>
Ethyl acetate	39.46 ± 0.65 <sup>bA</sup>	49.67 ± 8.01 <sup>bB</sup>	65.17 ± 0.58 <sup>cC</sup>	70.21 ± 0.58 <sup>dD</sup>
Butanol	27.27 ± 0.99 <sup>aA</sup>	39.10 ± 0.48 <sup>aB</sup>	50.63 ± 0.72 <sup>bC</sup>	58.20 ± 0.83 <sup>bD</sup>
Water	21.08 ± 0.18 <sup>aA</sup>	35.92 ± 0.38 <sup>aB</sup>	44.32 ± 1.18 <sup>aC</sup>	50.27 ± 0.79 <sup>aD</sup>
Methanol	41.03 ± 2.61 <sup>bA</sup>	46.43 ± 0.85 <sup>bB</sup>	54.71 ± 0.39 <sup>bC</sup>	64.62 ± 1.20 <sup>cD</sup>
Ascorbic acid	71.03 ± 0.63 <sup>dA</sup>	76.36 ± 0.85 <sup>dB</sup>	78.63 ± 0.80 <sup>dC</sup>	82.26 ± 0.55 <sup>dD</sup>
α-Tocopherol	58.67 ± 0.09 <sup>cA</sup>	63.89 ± 1.43 <sup>cB</sup>	76.10 ± 1.61 <sup>dC</sup>	80.34 ± 0.65 <sup>dD</sup>

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

Hydroxyl 라디칼 소거능 측정

흑마늘 용매 분획물의 hydroxyl 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Table 5와 같이 시료의 첨가 농도가 증가함에 따라 활성이 유의적으로 증가하였다. Hydroxyl 라디칼 소거활성은 chloroform 분획물의 농도 1000 µg/mL에서 81.02%로 ascorbic acid나 α-tocopherol과 유의적인 차이 없이 높은 활성을 나타내었다. 가장 낮은 활성을 보인 물 분획물도 1000 µg/mL 농도에서는 50% 이상의 활성을 보였다.

Shin 등(7)은 흑마늘과 생마늘의 열수 및 에탄올 추출물의 hydroxyl 라디칼 소거능은 흑마늘에서 더 높으며 물 추출물보다는 에탄올 추출물에서 활성이 더 높았다고 보고한 바 있다. Hydroxyl 라디칼은 생체 내에서 생성되는 자유 라디칼을 활성화시키며, 생체내 거의 모든 세포에 손상을 줄 수 있는 강력한 자유 라디칼 중의 하나이다(26). Hydroxyl 라디칼은 DNA의 핵산과 결합함으로써 발암성, 돌연변이 및 세포독성을 유발하게 되는데, 이는 주로 지질과산화 과정에서 빠른 개시제로서 작용하기 때문이다. 따라서 hydroxyl 라디칼 소거능이 높을수록 지질과산화 과정을 직접적으로 방해하거나 활성화된 산소종을 소거함으로써 연쇄반응을 억제시켜 세포독성을 막게 된다(27).

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 측정

흑마늘 용매 분획물의 SOD 유사활성(Table 6)은 1,000 µg/mL 농도에서 chloroform 분획물이 47.64%로 가장 활성이 높았으며 다음으로 hexane과 methanol 분획물에서 각각 37.45%와 34.44%의 활성을 보였다. 결명자 물 추출물 및 50%

와 75% 에탄올 추출물의 SOD 유사활성을 평가한 결과 50% 에탄올 추출물에서 50.56%로 활성이 가장 높았는데 이는 폴리페놀에 기인한 효과라는 Na 등(28)의 보고가 있다. SOD 유사활성은 생체 내에서 생성되며, 전자환원으로 반응성과 파괴성이 매우 큰 superoxide anion radical을 제거하기 위해 분비되는 superoxide dismutase(SOD)와 유사한 역할을 하여 superoxide anion radical을 안정화 시켜(29), 독성이 가장 강한 hydroxyl 라디칼의 생성을 차단하는 작용을 한다(30).

Linoleic acid emulsion에 의한 항산화 활성

Linoleic acid emulsion에 흑마늘 용매 분획물을 첨가한 후 37°C에 저장하면서 저장 1일과 7일에 각각 측정된 결과를 Table 7에 나타내었다. 저장 1일 후의 항산화 활성은 11.35~33.69% 범위였으며, 1,000 µg/mL 농도에서 chloroform 분획물에서 그 활성이 가장 높아 33.69%였다. 저장 7일에는 항산화 활성이 더 증가하여 100 µg/mL 농도에서도 24.33~38.87% 범위였으며 시료의 첨가 농도가 높을수록 증가함에 따라 항산화 활성도 증가하였다. Chloroform과 ethyl acetate 분획물의 경우 각각 67.53%와 62.01%로서 ascorbic acid와 α-tocopherol에 근접하는 활성을 보였다.

생마늘과 튀긴 마늘의 linoleic acid에 대한 항산화 활성을 비교한 결과 튀긴 마늘에서 더 활성이 높았고 저장기간이 경과할수록 활성이 더 증가하였는데, 이는 페놀 화합물 외에 마늘 중에 존재하는 황 화합물과 갈변물질에 기인한다는 보고(20)가 있는데, 본 실험도 이와 유사한 경향으로 흑마늘 추출물의 항산화 활성에도 갈변물질이 기여하는 것으로 판

Table 6. SOD-like activity of solvent extracts from the black garlic (%)

Extract solvent	Concentration (µg/mL)			
	100	250	500	1000
Hexane	7.67 ± 0.57 <sup>aA</sup>	8.14 ± 0.42 <sup>aB</sup>	28.57 ± 0.64 <sup>bC</sup>	37.45 ± 0.27 <sup>bD</sup>
Chloroform	26.73 ± 0.17 <sup>cA</sup>	19.17 ± 0.42 <sup>bB</sup>	39.39 ± 0.07 <sup>cC</sup>	47.64 ± 0.28 <sup>cD</sup>
Ethyl acetate	19.17 ± 0.42 <sup>bA</sup>	24.57 ± 0.04 <sup>bcB</sup>	31.42 ± 0.32 <sup>bcC</sup>	31.42 ± 0.03 <sup>aD</sup>
Methanol	17.80 ± 0.64 <sup>bA</sup>	28.26 ± 0.55 <sup>cB</sup>	33.25 ± 0.45 <sup>cC</sup>	34.44 ± 1.91 <sup>bD</sup>
Butanol	15.23 ± 0.15 <sup>bA</sup>	22.11 ± 1.63 <sup>bB</sup>	25.42 ± 0.33 <sup>bC</sup>	26.73 ± 0.16 <sup>aD</sup>
Water	3.68 ± 0.09 <sup>aA</sup>	13.03 ± 0.52 <sup>aB</sup>	16.07 ± 0.19 <sup>aC</sup>	28.11 ± 0.61 <sup>aD</sup>
Ascorbic acid	33.14 ± 1.50 <sup>dA</sup>	41.75 ± 0.81 <sup>dB</sup>	50.47 ± 0.79 <sup>dC</sup>	59.92 ± 1.48 <sup>dD</sup>
α-Tocopherol	26.58 ± 0.16 <sup>cA</sup>	35.77 ± 0.09 <sup>dB</sup>	46.85 ± 0.18 <sup>dC</sup>	55.41 ± 0.27 <sup>dD</sup>

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

Table 7. Antioxidant activity of solvent extracts from the black garlic in linoleic acid emulsion model system (%)

Storage periods (days)	Extract solvent	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )			
		100	250	500	1000
1	Hexane	13.38 $\pm$ 0.70 <sup>aA</sup>	18.60 $\pm$ 0.22 <sup>aB</sup>	20.45 $\pm$ 0.35 <sup>aBC</sup>	26.61 $\pm$ 0.07 <sup>aC</sup>
	Chloroform	21.15 $\pm$ 0.30 <sup>bA</sup>	27.74 $\pm$ 0.09 <sup>bB</sup>	31.23 $\pm$ 0.09 <sup>bC</sup>	33.69 $\pm$ 0.37 <sup>bC</sup>
	Ethyl acetate	20.03 $\pm$ 0.02 <sup>bA</sup>	25.09 $\pm$ 0.10 <sup>bB</sup>	29.28 $\pm$ 0.07 <sup>bBC</sup>	32.84 $\pm$ 1.01 <sup>bC</sup>
	Methanol	17.74 $\pm$ 0.25 <sup>abA</sup>	21.24 $\pm$ 0.16 <sup>bB</sup>	26.06 $\pm$ 0.10 <sup>bC</sup>	29.34 $\pm$ 0.29 <sup>bC</sup>
	Butanol	11.35 $\pm$ 0.36 <sup>aA</sup>	15.40 $\pm$ 0.16 <sup>aB</sup>	18.31 $\pm$ 0.81 <sup>aB</sup>	23.88 $\pm$ 0.60 <sup>aC</sup>
	Water	14.35 $\pm$ 1.04 <sup>aA</sup>	17.96 $\pm$ 0.28 <sup>aB</sup>	21.13 $\pm$ 0.18 <sup>aC</sup>	24.12 $\pm$ 0.17 <sup>aC</sup>
	Ascorbic acid	37.10 $\pm$ 0.29 <sup>dA</sup>	42.49 $\pm$ 0.22 <sup>dB</sup>	45.83 $\pm$ 0.78 <sup>dB</sup>	51.17 $\pm$ 0.35 <sup>dC</sup>
	$\alpha$ -Tocopherol	28.96 $\pm$ 0.12 <sup>cA</sup>	34.56 $\pm$ 0.14 <sup>cB</sup>	38.98 $\pm$ 0.48 <sup>cB</sup>	45.94 $\pm$ 0.42 <sup>cC</sup>
7	Hexane	31.14 $\pm$ 0.49 <sup>bA</sup>	35.57 $\pm$ 0.09 <sup>bB</sup>	41.19 $\pm$ 0.46 <sup>bC</sup>	51.96 $\pm$ 0.55 <sup>bD</sup>
	Chloroform	38.87 $\pm$ 0.64 <sup>cA</sup>	49.43 $\pm$ 0.72 <sup>cB</sup>	55.37 $\pm$ 0.09 <sup>cC</sup>	67.53 $\pm$ 0.27 <sup>cD</sup>
	Ethyl acetate	38.40 $\pm$ 0.20 <sup>cA</sup>	51.55 $\pm$ 0.56 <sup>cB</sup>	57.99 $\pm$ 0.52 <sup>cC</sup>	62.01 $\pm$ 0.70 <sup>cD</sup>
	Methanol	32.47 $\pm$ 0.27 <sup>bA</sup>	37.22 $\pm$ 0.21 <sup>bB</sup>	44.43 $\pm$ 0.05 <sup>bC</sup>	47.22 $\pm$ 0.16 <sup>bC</sup>
	Butanol	25.00 $\pm$ 0.46 <sup>aA</sup>	28.97 $\pm$ 0.68 <sup>aA</sup>	32.78 $\pm$ 0.38 <sup>aB</sup>	36.70 $\pm$ 0.58 <sup>aB</sup>
	Water	24.33 $\pm$ 0.17 <sup>aA</sup>	28.35 $\pm$ 0.27 <sup>aA</sup>	31.75 $\pm$ 0.17 <sup>aAB</sup>	34.54 $\pm$ 0.27 <sup>aB</sup>
	Ascorbic acid	55.46 $\pm$ 0.61 <sup>dA</sup>	64.43 $\pm$ 0.27 <sup>dB</sup>	69.69 $\pm$ 0.38 <sup>dB</sup>	80.41 $\pm$ 0.53 <sup>dD</sup>
	$\alpha$ -Tocopherol	51.86 $\pm$ 0.49 <sup>dA</sup>	58.09 $\pm$ 0.68 <sup>dB</sup>	63.87 $\pm$ 0.80 <sup>dB</sup>	72.27 $\pm$ 0.39 <sup>dC</sup>

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

Table 8. Nitrite scavenging ability of solvent extracts from the black garlic in reaction system of pH 2.5 (%)

Extract solvent	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )			
	100	250	500	1000
Hexane	57.97 $\pm$ 0.69 <sup>cA</sup>	66.83 $\pm$ 2.27 <sup>cB</sup>	71.50 $\pm$ 0.21 <sup>cC</sup>	80.77 $\pm$ 3.02 <sup>dD</sup>
Chloroform	58.17 $\pm$ 1.30 <sup>cA</sup>	71.15 $\pm$ 1.37 <sup>dB</sup>	74.31 $\pm$ 1.10 <sup>cB</sup>	86.74 $\pm$ 0.21 <sup>eC</sup>
Ethyl acetate	54.12 $\pm$ 0.69 <sup>bA</sup>	58.52 $\pm$ 0.14 <sup>bA</sup>	66.90 $\pm$ 1.79 <sup>bB</sup>	85.99 $\pm$ 2.47 <sup>eC</sup>
Methanol	51.41 $\pm$ 0.34 <sup>bA</sup>	59.92 $\pm$ 0.96 <sup>bB</sup>	64.60 $\pm$ 0.34 <sup>bC</sup>	74.45 $\pm$ 2.06 <sup>dD</sup>
Butanol	27.20 $\pm$ 0.55 <sup>aA</sup>	30.98 $\pm$ 0.48 <sup>aA</sup>	37.91 $\pm$ 3.57 <sup>aB</sup>	58.31 $\pm$ 2.13 <sup>aC</sup>
Water	56.18 $\pm$ 0.96 <sup>bcA</sup>	59.89 $\pm$ 0.11 <sup>bA</sup>	62.91 $\pm$ 0.41 <sup>bAB</sup>	68.41 $\pm$ 0.27 <sup>bB</sup>

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

단된다.

Linoleic acid에 의한 항산화 활성은 추출 용매의 극성에 따라 다른데, 극성이 낮은 희분들이 높은 희분들에 비해 반응기질인 linoleic acid에 대한 친화성 및 용해성이 크기 때문에 항산화력이 높은 것으로 생각된다(30). 차가버섯 추출물의 경우 극성이 가장 높은 물 추출물에서 linoleic acid에 대한 항산화력이 높게 나타난 것은 추출물 속에 수소 공여체로 작용하는 물질이 많이 함유되어 있기 때문이라고 보고되어 있는데(25) 본 실험의 결과에서는 비극성 분획물 내에 수소 공여체로 작용하는 물질의 함량이 더 높으며 linoleic acid와의 친화성도 높아 더 높은 항산화 활성을 나타낸 것으로 판단된다.

#### 아질산염 소거능 측정

pH 2.5의 반응계에서 흑마늘 용매 분획물의 아질산염 소거능을 측정된 결과는 Table 8과 같다. 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도에서 butanol 분획물(27.20%)을 제외한 모든 분획물에서 아질산염 소거능은 50% 이상으로 높았으며, 시료의 첨가 농도가 증가함에 따라 활성도 증가하였다. Ethyl acetate 분획물의 경우 100~500  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서는 chloroform 분획물에 비하여 활성이 낮았으나 1,000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도에서는 85.99%로 가장 활성이 높은 chloroform 분획물과 유의적인 차이가 없

었다. 흑마늘 용매 분획물의 아질산염 소거능은 극성 분획물보다 비극성 분획물에서 더 높았다.

Lee 등(31)은 홍삼의 수용성 갈변물질에 대한 아질산염 소거능은 15.9~38.7%의 범위이며 갈변물질의 분자량이 높을수록 소거능이 증가되는데 주된 성분은 비효소적 갈변물질인 melanoidin이라고 보고한 바 있다. 열처리된 마늘은 nitric oxide와 산소의 반응으로 생성되는 peroxynitrite에 대한 소거능이 있는데, 유효 물질은 열에 안정적이고 allinase의 활성보다는 thiosulfinate의 생성과 관련이 있다고 보고되어 있다(32). 이들 보고로 미루어 볼 때 흑마늘 추출물의 아질산염 소거활성은 열에 안정적인 갈변물질 및 함황 화합물에 기인하는 것으로 추정된다.

#### 요 약

흑마늘의 기능성을 분석하기 위하여 용매별 계통 분획물을 만들어 100, 250, 500 및 1,000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  농도에서 항산화 활성을 측정하였다. 총 페놀 및 플라보노이드 화합물의 함량은 chloroform, ethyl acetate 및 hexane 분획물에서 유의적으로 높아 butanol, methanol 및 물 분획물에 비하여 5.5~11.6배 더 많았다. 흑마늘 계통 분획물의 항산화 활성은 시료

의 첨가농도가 증가함에 따라 그 활성도 증가하였으며, chloroform과 ethyl acetate 분획물의 활성이 유의적으로 높았다. DPPH 라디칼 소거능은 1,000 µg/mL 농도에서는 butanol과 물 분획물을 제외한 모든 시료 모두에서 50% 이상의 활성을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능의 경우 hexane, chloroform, ethyl acetate 분획물에서 비교적 활성이 높아, 1,000 µg/mL 농도에서는 70% 이상의 소거능을 보였다. 1,000 µg/mL 농도에서 hydroxyl radical 소거능은 50.27~81.02%의 범위로 높은 반면 SOD 유사활성은 26.73~47.64%로 비교적 그 활성이 낮았다. Linoleic acid 반응계에서 항산화 활성을 측정된 결과 저장기간이 길수록, 시료의 첨가 농도가 높을수록 항산화 활성이 더 높았으며, 또 극성 용매보다는 비극성용매 분획물의 활성이 유의적으로 높았다. 아질산염 소거능의 경우 butanol 분획물을 제외한 모든 시료에서 비교적 그 활성이 높아 100 µg/mL 농도에서도 50% 이상의 소거능을 보였다.

### 감사의 글

본 논문은 농림수산식품 식품기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것이므로 이에 대해 감사드립니다.

### 문헌

- Kim YP, Lee GW, Oh HI. 2006. Optimization of extraction conditions for garlic oleoresin and changes in the quality characteristics of oleoresin during storage. *Korean J Food & Nutr* 19: 219-226.
- Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. 2008. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 465-471.
- Peralta EM, Hatate H, Kawabe D, Kuwahara R, Wakamatsu S, Yuki T. 2008. Improving antioxidant activity and nutritional components of Philippine salt-fermented shrimp paste through prolonged fermentation. *Food Chem* 111: 72-77.
- Yilmaz Y, Toledo R. 2005. Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chem* 93: 273-278.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. 2008. Changes of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J Life Sci* 18: 1123-1131.
- Jang EK, Seo JH, Lee SP. 2008. Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic (*Allium sativum* L.) extract. *Korean J Food Sci Technol* 40: 443-448.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 965-971.
- Yang ST. 2007. Antioxidative activity of extracts of aged black garlic on oxidation of human low density lipoprotein. *J Life Sci* 17: 1330-1335.
- Kang MJ, Lee SJ, Shin JH, Kang SK, Kim JG, Sung NJ. 2008. Effect of garlic with different processing on lipid metabolism in 1% cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 162-169.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *JAOCS* 58: 966-967.
- 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.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Osawa T. 1981. A novel type of antioxidant isolated from leaf was of eucalyptus leaves. *Agric Biol Chem* 45: 735-739.
- 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.
- 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.
- Queiroz YS, Ishimoto EY, Bastos DHM, Sampaio GR, Torres EAFS. Garlic (*Allium sativum* L.) and ready-to-eat garlic products, *in vitro* antioxidant activity. *Food Chem* 115: 371-374.
- Kim MK, Jin YS, Heo SI, Shim TH, Sa JH, Wang MH. 2006. Studies for component analysis and antioxidant effect, antimicrobial activity in *Acanthopanax senticosus* HARMS. *Kor J Pharmacogn* 37: 151-156.
- Jang MJ, Rhee J, Cho SH, Woo MH, Choi JH. 2006. A study on the antioxidative, anti-inflammatory and anti-thrombotic effects of *Zanthoxylum piperitum* DC. extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 21-27.
- Song JC, Park NK, Hur HS, Bang MH, Baek NI. 2000. Examination and isolation of natural antioxidants from Korean medicinal plants. *Korean J Med Crop Sci* 8: 94-101.
- Moreno FJ, Corzo-Martinez M, del Castillo MD, Villamiel M. 2006. Changes in antioxidant activity of dehydrated onion and garlic during storage. *Food Res Int* 39: 891-897.
- Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. 2005. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 139-147.
- Hochstein P, Atallah AS. 1988. The nature of oxidant and antioxidant systems in the inhibition of mutation and cancer. *Mutat Res* 202: 363-375.
- Manian R, Anusuya N, Siddhyaraju P, Manian S. 2008. The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L. *Food Chem* 107: 1000-1007.
- Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. 2004. Extraction characteristics and antioxidative activity of *Cassia tora* L. ex-

- tracts. *Korean J Food Culture* 19: 499-505.
29. Devy C, Gautier R. 1990. New perspectives on the biochemistry of superoxide anion and the efficiency of superoxide dismutase. *Biochem Pharmacol* 39: 399-405.
30. Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY, Chung IM. 2004. Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medicinal plants. *Korean J Med Crop Sci* 12: 191-201.
31. Lee JW, Bae YI, Shim KH. 2001. Biofunctional characteristics of the water soluble browning reaction products isolated from Korean red ginseng—Study on the antimutagenic and nitrite scavenging activities. *J Ginseng Res* 25: 118-121.
32. Lawson LD. 1998. Garlic: a review of its medicinal effects and indicated active compound. In *Phytomedicines of Europe: Chemistry and Biological Activity*. Lawson LS, Bauer R, eds. ACS Symposium Series, 691. American Chemistry Society, Washington, DC, USA. p 176-209.

(2010년 2월 16일 접수; 2010년 6월 22일 채택)