J Korean Soc Food Sci Nutr
37(6), 805~809(2008)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2008.37.6.805

감국, 국화 및 구절초 꽃 휘발성 성분의 항산화활성

– 연구노트 –

우관식[2] · 유정식[1] · 황인국[1] · 이연리[1] · 이철희[3] · 윤향식[4] · 이준수[1] · 정헌상[1†]

[1]충북대학교 식품공학과, [2]농촌진흥청 작물과학원 품질관리과
[3]충북대학교 원예학과, [4]충청북도 농업기술원

Antioxidative Activity of Volatile Compounds in Flower of *Chrysanthemum indicum*, *C. morifolium*, and *C. zawadskii*

Koan Sik Woo[2], Jung Sik Yu[1], In Guk Hwang[1], Youn Ri Lee[1], Chul Hee Lee[3], Hyang-Sik Yoon[4], Junsoo Lee[1], and Heon Sang Jeong[1†]

[1]*Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*
[2]*Crop Post-Harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea*
[3]*Dept. of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*
[4]*Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Service, Cheongwon 363-883, Korea*

Abstract

The objective of this study was to compare the aroma characteristics and antioxidant activity of *Chrysanthemum indicum* Linne (CIL), *C. morifolium* Ramat (CMR) and *C. zawadskii* var Latilobum (CZL). The volatile compounds were extracted by simultaneous steam distillation extraction and identified with gas chromatography/mass spectrometer. The major volatile compounds of *Chrysanthemum* sp. were camphene, 1,8-cineole, benzene, pinocarvone, bicyclo-2,2,1-heptan-2-ol, β-caryophyllene, 3-cyclohexen-1-ol, γ-curcumene, zingiberene and β-bisabolene. The DPPH radical scavenging activity (EDA, %) of volatile compounds in CIL, CMR and CZL were 30.57, 46.36, and 51.72%/g sample, respectively. The ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) of volatile compounds were 34.99, 35.31, and 38.48 mg AEAC/g, respectively.

Key words: *Chrysanthemum indicum* Linne, *Chrysanthemum morifolium* Ramat, *Chrysanthemum zawadskii* var Latilobum, volatile compounds, antioxidative activity

서 론

감국(*Chrysanthemum indicum* Linne)은 국화과(*Compositae*)의 국화속(*Chrysanthemum*)에 속하는 다년생 초본(1)으로 주요 성분으로는 플라보노이드 화합물인 luteolin, apigenin, apigenin 7-O-β-D-glucoside 및 luteolin 7-O-β-D-glucoside 등이, sesquiterpene lactone 화합물인 cumambrin A, cumambrin B, arteglasin A 및 angeloyljadin 등이 알려져 있다(2). 국화(*C. morifolium* Ramat)는 전통식품의 기능성 소재로서 위장, 감기, 두통, 현기증, 고혈압 등에 유효하고(3) 바이러스 억제효과(4), 항균활성 및 항암활성 등에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(5). 구절초(*C. zawadskii* var Latilobum)는 국화과에 속하는 다년생 초본으로 우리나라 전국 각지에 자생하며(6), 관상용, 약용으로 쓰이고 한방과 민간에서는 풀 전체를 건위, 신경통, 식욕증진, 중풍, 강장, 부인병 등에 약재로 이용되고 특히 부인병에 효과가 있어서 선모초라는 생약명을 가지고 있다(7).

향기성분은 과채류의 중요한 관능적인 지표이며, 구조의 변화가 특히 민감한 것으로 알려져 있다. 과채류의 향에 기인한 향기성분은 숙성, 수확 및 저장 중에 합성되며, 품종과 기술적인 처리 등의 많은 변수에 영향을 받는다(8). 또한 최근 연구에서 식물체의 향기성분이 항산화활성을 나타낸다는 보고가 이루어지고 있다(9,10). 국화과 식물은 최근 들어 차류 제품이 다량 출시되면서 국화과 식물의 휘발성 향기성분에 대한 연구가 미흡하며, 국화과 식물의 향기성분 항산화활성에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 감국, 국화 및 구절초 등 3종의 국화과 식물에 대해 향기성분을 분석하고 향기성분 추출물의 항산화활성을 측정하여 국화과 식물을 이용한 차 등의 식품 제조에 있어 휘발성 향기성분의 역할에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

†Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 국화과 식물의 꽃은 충북 청원군 소재의 실험포장에서 2006년 9월에 꽃 부위만을 채취한 다음 수세하여 -60°C의 냉동고에 보관하면서 추출용 시료로 사용하였다. 시료는 감국(*Chrysanthemum indicum* Linne), 국화(*C. morifolium* Ramat), 구절초(*C. zawadskii* var Latilobum) 등 3종의 시료에 대하여 향기성분 및 항산화활성을 분석하였다.

향기성분의 추출

시료의 휘발성 향기성분의 추출은 연속증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)(11)를 사용하여 상압 하에서 추출하였다. 즉, 시료 10 g에 증류수 1 L를 첨가한 후 50 mL diethyl ether(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan)를 포집 용매로 2시간 동안 추출하여 무수황산나트륨(Wako Pure Chemical, Osaka, Japan)을 흐름이 나타날 정도로 첨가하여 24시간 냉동실에서 탈수시킨 후 질소 가스(99.99%) 하에서 1 mL까지 농축하여 GC/MS로 분석하였으며, 이 추출물을 추출시료의 양을 계산한 후 diethyl ether로 희석하여 항산화활성 측정용 시료로 사용하였다.

GC/MS 분석

추출된 향기성분은 gas chromatography/mass spectroscopy(HP 6890N/5973N MSD, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)로 분석하였으며, 컬럼은 HP-FFAP(30 m×0.32 mm×0.25 μm, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 오븐온도는 50°C에서 5분간 유지한 후 분당 3°C로 220°C까지 상승시켰으며, 220°C에서 20분간 유지하였다. 주입구와 검출기 온도는 각각 250°C, carrier gas는 헬륨을 사용하였고 유속은 1 mL/min으로 하였다. 향기성분의 동정은 GC/MS를 이용하여 얻은 mass spectrum을 Wiley 275L data base로 검색하여 동정하였으며, 내부표준물질로 4-methyl-2-pentanol(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 정량하였다.

DPPH에 의한 전자공여능 측정

국화의 향기 추출물에 대한 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 추출물을 추출시료의 양으로 계산하여 diethyl ether로 희석한 후, 시료 0.2 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액 0.8 mL를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 30분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 추출물의 전자공여능은 다음 식을 이용하여 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 표시하였으며, diethyl ether에 대한 DPPH radical의 영향을 측정해 본 결과 영향이 없는 것으로 나타났고 diethyl ether만을 첨가하여 흡광도를 보정한 후 계산하였다.

$$\text{EDA}(\%) = \frac{\text{A}-\text{B}}{\text{A}} \times 100$$

여기서, A는 추출물 대신 동량의 diethyl ether를 첨가했을 때의 흡광도이며, B는 추출물을 넣었을 때의 흡광도이다.

ABTS에 의한 총 항산화력 측정

총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(13)에 의하여 측정하였다. 2,2′-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS•$^+$ 이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수(ε=3.6×10^4 M^{-1}cm^{-1})를 이용하여 메탄올로 희석하였다(14). 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 다음 식으로 계산하여 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)로 표현하였으며, diethyl ether에 ABTS radical의 영향을 측정해 본 결과 영향이 없는 것으로 나타났고 diethyl ether만을 첨가하여 흡광도를 보정한 후 계산하였다(13).

$$AEAC = \frac{\Delta A}{\Delta A\text{aa}} \times C\text{aa} \times V \times \frac{100}{W}$$

여기서, ΔA는 추출물을 넣었을 때의 흡광도 변화이고 ΔAaa는 ascorbic acid 표준용액이 추출물 대신 동량 들어갔을 때의 흡광도 변화이며, Caa는 ascorbic acid 표준용액의 농도(mg/mL), V는 추출물의 정용부피(mL), W는 추출에 사용된 시료의 중량(g)이다.

결과 및 고찰

감국, 국화 및 구절초의 향기특성

감국, 국화 및 구절초 등 3종의 국화과 식물에 대한 향기특성을 SDE법으로 추출하여 GC/MS로 분석한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 3종의 국화과 식물에서 공통적으로 camphene, 1,8-cineole, benzene, pinocarvone, bicyclo-2,2,1-heptan-2-ol, *trans*-caryophyllene, 3-cyclohexen-1-ol, γ-curcumene, zingiberene, β-bisabolene 등이 검출되었다. 이 중에서 쓴 허브 향을 내는 성분(15)으로 알려진 camphene은 감국(0.25 mg/10 g)이나 국화(0.48 mg/10 g)보다 구절초에서 1.38 mg/10 g으로 높은 함량을 나타내었다. 1,8-Cineole은 로즈마리의 주요 정유 성분으로 *Staphylococcus aureus*,

Table 1. The volatile compounds found in the flower of some *Chrysanthemum* (unit: mg/10 g)

R.T.[1] (min)	Compounds	*Chrysanthemum indicum* Linne	*Chrysanthemum morifolium* Ramat	*Chrysanthemum zawadskii* var Latilobum
4.25	Camphene	0.2472	0.4803	1.3815
5.32	2-β-Pinene	ND[2]	0.1913	0.1403
5.71	Sabinene	ND	0.4053	0.2054
6.98	1-Phellandrene	ND	0.6965	ND
8.28	1,8-Cineole	0.4788	0.5955	1.5829
9.49	γ-Terpinene	ND	ND	0.0861
10.26	Benzene	0.1404	0.1399	0.1836
17.07	Camphor	2.7304	ND	7.8980
18.37	Pinocarvone	0.1808	0.3565	0.3204
18.69	Bicyclo-2,2,1-heptan-2-ol	0.4190	0.8444	1.4691
18.99	*trans*-Caryophyllene	0.2742	0.3305	0.2316
19.27	3-Cyclohexen-1-ol	0.1625	0.1505	0.1782
20.82	*trans*-β-Farnesene	0.1712	0.2284	ND
21.3	γ-Curcumene	0.1995	0.2554	0.2876
21.68	Germacrene D	0.8470	ND	3.0631
22.01	Zingiberene	0.3693	0.3199	0.4068
23.65	Myrtenol	ND	ND	2.5219
27.42	β-Caryophyllene	ND	ND	0.1551
29.56	β-Bisabolene	0.1748	0.2949	0.1519
31.2	Valencene 1	ND	ND	0.2325
31.36	β-Guaiene	ND	0.1457	ND
31.42	δ-Cadinene	ND	ND	0.1328
31.62	α-Copaene	ND	ND	0.0596
31.95	Levomenol	0.1452	0.6303	ND
32.21	*trans*-Cadinol	ND	0.7761	ND
33.42	Tricosnae	0.6999	0.9904	ND
34.16	Valencene	ND	0.1964	ND
36.72	Heptadecane	0.7677	0.3839	ND
39.78	Tetracosane	0.1535	0.1862	ND
43.28	Hexadecanoic acid	0.2612	0.2743	ND

[1]Retention time. [2]Not detected.

Streptococcus pneumoniae, *Salmonella* Enteritidis, *Sal.* Typhimurium 등에 항균활성을 측정한 결과 항생제 내성을 띠는 균주에 대해 감수성이 있는 것으로 보고(16)된 성분으로 구절초에서 1.58 mg/10 g으로 감국(0.48 mg/10 g)이나 국화(0.60 mg/10 g)보다 높은 함량을 나타내었다. 또한 돌연변이 유발을 억제시키는 효과가 있는 것으로 알려진 camphor(17)의 경우 구절초에서 7.90 mg/10 g 검출되어 감국(2.73 mg/10 g)이나 국화(불검출)보다 다량 포함되어 있는 것으로 나타났다. Camphene, 1,8-cineole 및 camphor는 쑥 향기성분에서 비교적 중요한 부분을 차지하는 성분으로 이들 화합물은 돌연변이 유발을 억제시키는 효과가 있는 것으로 보고되었으며(17), 특히 1,8-cineole은 인조 유칼리유를 제조하는 것으로 차의 향기성분으로도 존재해 쥐의 유방암 실험에서 화학적 치료효과가 인정된 것으로 알려져 있다(18). 또한 sesquiterpene 유도체의 생합성과정 중 시발물질로 작용하면서 다른 정유 성분 함유 식물에서도 주요성분으로 알려진(19) germacrene D와 *Myrtus communis*의 주요 정유 성분(20)인 myrtenol 등의 성분도 구절초에서 3.06 및 2.52 mg/10 g으로 검출되어 감국(0.85 mg/10 g 및 불검출)이나 국화(불검출)보다 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 정향과 소나무, 스파이스향으로 묘사되어 화장품이나 합성향료로 사용되는 β-caryophyllene(21)은 구절초에서 0.16 mg/10 g이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 반면 hexadecanoic acid와 같은 지방산은 감국과 국화에서 각각 0.26 및 0.27 mg/10 g이 검출되었으나 구절초에서는 검출이 되지 않았다. *Canarium luzonicum*의 주요 정유 성분으로 신선한 향을 내는 것으로 알려진(22) 1-phellandrene은 국화에서 0.70 mg/10 g이 검출된 반면 감국과 구절초에서는 검출이 되지 않았다. Pinocarvone는 iso-pinocamphone과 유사계열 화합물로 더위지기에 다량 함유하고 있는 것으로 보고하였으며(21), 감국, 국화 및 구절초에 각각 0.18, 0.36 및 0.32 mg/10 g의 함량을 보였다. 대체적으로 감국이나 국화보다 구절초에 여러 가지 생리활성을 가지는 것으로 보고된 휘발성 성분이 다량 검출되었다.

감국, 국화 및 구절초의 향기성분의 항산화활성

감국, 국화 및 구절초 등의 향기성분 추출물에 대한 항산화활성을 측정한 결과 Fig. 1 및 2와 같이 나타났다. 감국, 국화 및 구절초의 향기성분 추출물의 전자공여능을 DPPH 법으로 측정한 결과 Fig. 1과 같이 1 g/mL의 농도에서 각각 30.57, 46.36 및 51.72%로 나타내어 구절초 추출물이 항산화활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 감국, 국화 및 구절

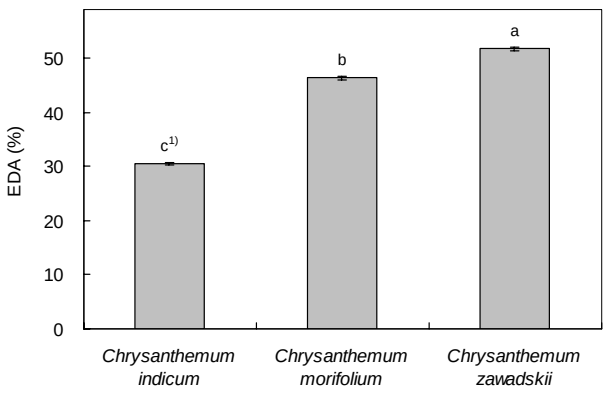

Fig. 1. DPPH radical scavenging activity (EDA, %) of volatile compounds in the flower of some *Chrysanthemum* sp. (sample concentration: 1 g/mL).
[1)]Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

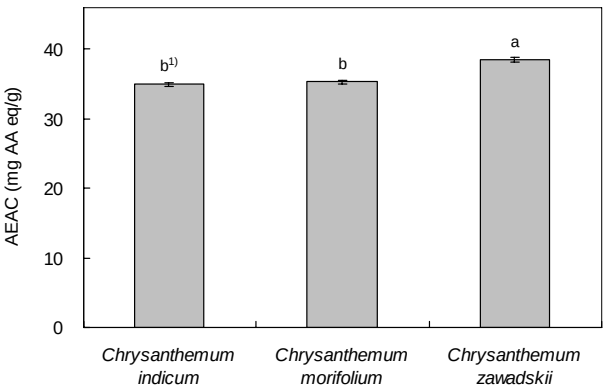

Fig. 2. ABTS cation radical scavenging activity (ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; AEAC) of volatile compounds in the flower of some *Chrysanthemum* sp.
[1)]Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

초의 향기성분 추출물의 총항산화력을 ABTS법으로 측정한 결과 Fig. 2와 같이 각각 34.99, 35.31 및 38.48 mg AEAC/g으로 나타내어 전자공여능과 마찬가지로 구절초가 항산화활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 이처럼 항산화활성이 감국이나 국화보다 구절초가 높은 것은 항균활성이 우수한 것으로 알려져 있는 1,8-cineole(16)과 돌연변이 유발을 억제시키는 효과가 있는 것으로 보고된 camphene, 1,8-cineole 및 camphor 등(17), sesquiterpene 유도체의 생합성과정 중 시발물질로 작용하는 성분인 germacrene D 등의 함량이 감국이나 국화보다 구절초에 다량 함유되어 있어 구절초의 휘발성 성분 추출물이 항산화활성이 높게 나타난 것으로 생각된다. Woo 등(9)과 Jeong 등(10)의 연구에 의하면 마늘에 포함되어 있는 휘발성 성분인 diallyl disulfide, methyl-2-propenyl trisulfide 및 di-2-propenyl trisulfide 등에 의해 마늘의 휘발성 성분이 항산화활성을 나타내는 것으로 보고하였다. 따라서 camphene, 1,8-cineole, camphor, germacrene D, myrtenol 등의 휘발성 성분에 대한 항산화활성에 대한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

감국, 국화 및 구절초 등 3종의 국화과 식물에 대해 향기성분을 분석하고 향기성분 추출물의 항산화활성을 측정하고자 3종의 국화과 식물에 대한 향기특성을 SDE법으로 추출하여 GC/MS로 분석한 결과 camphene, 1,8-cineole, benzene, pinocarvone, bicyclo-2,2,1-heptan-2-ol, *trans*-caryophyllene, 3-cyclohexen-1-ol, γ-curcumene, zingiberene, β-bisabolene 등이 검출되어 주요 향기성분임을 확인할 수 있었다. 또한 감국, 국화 및 구절초의 향기추출물에 대한 전자공여능을 DPPH법으로 측정한 결과 1 g/mL의 농도에서 각각 30.57, 46.36 및 51.72%로 나타내어 구절초 추출물이 항산화활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 총항산화력을 ABTS법으로 측정한 결과 각각 34.99, 35.31 및 38.48 mg AEAC/g으로 나타내어 전자공여능과 마찬가지로 구절초가 항산화활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 이유는 구절초가 camphene, 1,8-cineole, camphor, germacrene D, myrtenol 등의 성분이 감국이나 국화보다 다량 함유되어 있어 항산화활성이 높게 나타난 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술관리센터 농림기술개발연구과제(과제번호: 106085-03)의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yoon OH, Cho JS. 2007. Optimization of extraction conditions for hot water extracts from *Chrysanthemum indicum* L. by response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 1-8.
2. Ryu SY, Choi SU, Lee SH, Ahn JW, Zee OP. 1994. Antitumor activity of some phenolic components in plants. *Arch Pham Res* 17: 42-44.
3. Park NY, Kwon JH, Kim HK. 1998. Optimization of extraction conditions for ethanol extracts from *Chrysanthemum morifolium* by response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1189-1196.
4. Nam SH, Yang MS. 1995. Antibacterial activities of extracts from *Chrysanthemum boreale* M. *J Agric Food Chem* 38: 269-272.
5. Nam SH, Yang MS. 1995. Isolation of cytotoxic substances of extracts from *Chrysanthemum boreale* M. *J Agric Food Chem* 38: 273-277.
6. Jang DS, Park KH, Choi SU, Nam SH, Yang MS. 1997. Antibacterial substances of the flower of *Chrysanthemum zawadskii* Herbich var. *Iatilobum* Kitamurs. *Agric Chem*

Biotechnol 40: 85-88
7. Lee CG, Yu CY, Heo K, Jung YS, Cho DH, Yoon BS. 2000. Study on the photosynthetic characteristics of *Chrysanthemum zawadskii* H. *Inst Agric Sci Kangwon Nat Univ J Agric Sci* 11: 107-112.
8. Artacho R, Serrano MF, Lopez MD. 1995. Determination of organic sulphur compounds in garlic extracts by gas chromatography and mass spectrometry. *Food Chem* 53: 91-93.
9. Woo KS, Yoon HS, Lee J, Jeong HS. 2007. Characteristics and antioxidative activity of volatile compounds in heated garlic (*Allium sativum*). *Food Sci Biotechnol* 16: 822-827.
10. Jeong JY, Woo KS, Hwang IG, Yoon HS, Lee YR, Jeong HS. 2007. Effects of heat treatment and antioxidant activity of aroma on garlic harvested in different cultivation areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1637-1642.
11. Nikerson GB, Likens ST. 1996. Gas chromatographic evidence for occurrence of hop oil components in Beer. *J Chromatogr* 21: 1-5.
12. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
13. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
14. Forni LG, Mora-Arellano VO, Packer JE, Willson RL. 1986. Nitrogen dioxide and related free radicals: electron-transfer reactions with organic compounds in solutions containing nitrite or nitrate. *J Chem Soc* 2: 1-6.
15. Min YK, Yoon HS, Kim J, Jeong HS. 1999. Aroma characteristics of applemint (*Mentha rotundifolia* (L.) Huds) with different extraction methods. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1465-1470.
16. Shin SW. 2005. In vitro inhibitory activities of essential oils from *Rosmarinus officinalis* L. against antibiotic-susceptible and resistant strains of some pathogenic bacteria. *Korean J Pharmacogn* 36: 252-256.
17. Kim JO, Kim YS, Lee JH, Kim MN, Rhee SH, Moon SH, Park KY. 1992. Antimutagenic effect of the major volatile compounds identified from mugwort (*Artemisia asictica* nakai) leaves. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 308-313.
18. Kubo I, Muroi H, Himejima M. 1992. Antimicrobial activity of green tea flavor components and their combination effects. *J Agric Food Chem* 40: 245-248.
19. Ahn JC, Kim MY, Kim OT, Kim KS, Kim SH, Kim SH, Hwang B. 2002. Selection of the high yield capacity of Hwangchil Lacquer and identification of aromatic components in essential oil of *Dendropanax morbifera* Lev. *Korean J Med Crop Sci* 10: 126-131.
20. Gardeli C, Papageorgiou V, Mallouchos A, Theodosis K, Komaitis M. 2008. Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food Chem* 107: 1120-1130.
21. Choe SH, Im SI, Jang EY, Jo YS. 2004. Volatile components of flower and seed of safflower. *Korean J Food Sci Technol* 36: 196-201.
22. Cruz-Cañizares JD, Doménech-Carbó MT, Gimeno-Adelantado JV, Mateo-Castro R, Bosch-Reig F. 2005. Study of *Burseraceae* resins used in binding media and varnishes from artworks by gas chromatography-mass spectrometry and pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A* 1093: 177-194.

(2008년 3월 31일 접수; 2008년 5월 15일 채택)