

## 열풍 건조온도에 따른 산국의 휘발성 성분 변화

배성문<sup>1,2</sup> · 이승철<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 식품생명학과, <sup>2</sup>경남농업기술원 작물연구과

### Effect of Hot-air Drying Temperature on Volatile Compounds in *Chrysanthemum boreale* M. Flowers

Sung-Mun Bae<sup>1,2</sup> and Seung-Cheol Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University

<sup>2</sup>Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services

**Abstract** This study examined the effect of drying temperature on the qualitative properties of *Chrysanthemum boreale* M. flowers. The flower samples were dried in a hot air dryer at 40°C, 50°C, and 60°C, respectively, to attain a 23±1% moisture content. The time required to reach the target moisture content was 8.5-69 hr, and there was a very high negative correlation between log (spending time) and temperature. The Hunter color *L*- and *b*-values of the flowers were decreased with increasing drying temperature, whereas the *a*-value was increased. The volatile compounds contained in the dried flowers were determined by a solid-phase microextraction method. Twelve primary volatile compounds were detected and then quantified based on the GC chromatograms of the samples. The total contents of volatile compounds were increased with increasing drying temperature, and germacrene D and camphor were the main compounds in all samples.

**Key words:** *Chrysanthemum boreale* M., drying temperature, volatile compounds

## 서 론

국화는 중국이 원산지이며, 우리나라에는 국화 꽃잎을 식품소재로 이용하여 국화주, 국화차, 국화전 등으로 널리 이용되어 왔다. 야생 국화는 감국(甘菊, *Chrysanthemum indicum* L.)과 산국(山菊, *Chrysanthemum boreale* Makino)으로 나뉜다. 감국은 산국에 비해 꽃이 약간 크고 잔가지 끝에 달린 꽃이 적고 식용으로 널리 이용된다. 산국은 가지를 많이 치고 맛이 매우 쓰고 매워 고의(苦蕒)라고도 불리며 독이 있다고 알려져 있어 기피되고 있지만, 한방에서는 산국의 꽃잎이 중추신경 진정작용, 혈압강화 작용 등의 효능으로 두통, 어지럼증의 치료에 이용되고 있다(1,2). 또한, 산국으로부터 자유라디칼 소거능을 갖는 apigenin과 linarin이 동정되었고(3), 항균력을 갖는 sesquiterpene lactone이 분리된 바 있다(4). 산국의 정유는 예로부터 곱란, 복통 및 창상에 이용하였는데, 근래의 연구에 의하면 항균효과(5), 항암(6), aldose reductase 저해효과(7) 등이 있음이 보고되었다. 산국을 수증기 증류하여 회수한 정유에서는 94개 성분이 동정되었으며, 주요 성분으로는 camphor, cis-chrysanthenol, α-thujone, 1,8-cineole, α-pinene 등이 있다(8,9).

한편, 대부분의 한약재는 약효의 보존과 저장의 편리를 위하여

건조처리 후 유통된다. 적정 수분함량을 유지하지 못한 한약재의 경우 해충, 미생물 등에 의해 변질되기 쉽고 적정하지 못한 건조 방법으로 건조시 상품의 품질저하의 원인이 되기도 한다. 건조방법에는 자연건조와 인공건조로 구분할 수 있고 인공건조에는 열풍식, 원적외선, 극초단파, 태양 에너지 집열기 건조 등의 다양한 건조법이 있지만, 현재 약초 채배농가를 비롯한 한약재 가공회사에서 주로 이용하는 건조법은 대량 건조처리가 가능하고 온도조절이 자유로운 열풍식 건조기를 이용한 방법이다. 약재의 부위와 이용용도 및 약재의 특성에 따라 유효성분 보호를 위하여 적정 건조온도 및 시간이 필요하다. 특히 방향성 약재의 경우, 휘발성 향기성분의 보호를 위하여 작물별 적정 건조방법의 규명이 필요한 실정이다(10). 본 연구에서는 방향성 약용작물인 산국을 대상으로 열풍식 건조기의 온도를 달리하여 일정 건조 상태까지 건조한 후에 건조된 산국의 색조 변화 및 향기성분 함량의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 시험에 사용된 산국은 경남 함양군에 소재한 경남농업기술원의 약초시험사업장 포장에서 채배한 뒤 2005년 10월에 산국의 꽃을 수확하여 시험에 사용하였다. 열풍 건조기(HSED-1.5, Hansung Industrial Co., Ltd., Iksan, Korea)(내부 용량은 6.5 m<sup>3</sup>)를 이용하여 약 500g의 산국에 대해 40, 50, 60°C에서 수분함량이 23±1%에 도달할 때까지 건조를 실시하였고, 소요된 시간을 측정하였다.

\*Corresponding author: Seung-Cheol Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan, Gyeongnam 631-701, Korea

Tel: 82-55-249-2684

Fax: 82-55-249-2995

E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr

Received May 19, 2008; revised June 23, 2008;

accepted July 7, 2008

### 색도측정

건조조건이 산국의 색도에 미치는 영향을 분석하기 위해서 건조된 산국을 회수하여 색차계(spectrometer CM-3500d, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, *L*), 적색도(red-ness, *a*), 황색도(yellowness, *b*)를 측정하였다. 이때의 표준색은 *L* 값이 98.11, *a*값이 -0.33, *b*값이 +2.13으로 기준을 잡고 실시하였다.

### 향기성분분석

건조방법별 주요 향기성분의 분석은 solid-phase microextraction (SPME)법(11)으로 향기성분을 포집하여 GC(Hewlett Packard 6890GC, Palo Alto, CA, USA)로 수행하였다. 건조 시료 50 mg을 칭량하여 4 mL 용량 바이알에 담고 60°C로 가열된 heating block에 넣은 후 100 µm polydimethylsiloxane(PDMS) fiber가 장착된 SPME 추출장치로 휘발되는 향기성분을 20분간 포집한 뒤 준비된 GC의 주입구에 주입하여 5분간 방출하여 분석하였다. 분석시 오븐의 온도변화는 70°C에서 시작하여 90°C까지 분당 5°C, 150°C까지 분당 2°C, 250°C까지 분당 3°C로 순차적으로 상승시켰다. 향기성분의 동정은 GC와 동일한 컬럼 및 조건으로 GC/MS(Shimadzu GC/MS-QP 2010, Kyoto, Japan)로 분석하여 소프트웨어(Wiley library 7, Scientific Instrument Services, Ringoes, NJ, USA)로 확인하였다.

### 통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS 프로그램에 의한 분산분석(ANOVA)으로 하였고, 유의성 검정은 던칸다중검증(duncan's multiple range test) 방법으로 실시하였다 ( $p < 0.01$ ).

## 결과 및 고찰

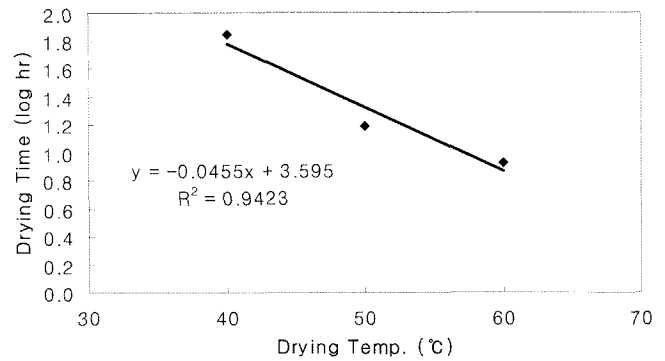
### 산국의 건조조건별 특성

산국을 40, 50, 60°C의 온도에서 수분함량이 23±1%에 도달할 때까지 열풍으로 건조한 후, 각 조건에서 건조에 소요된 시간을 측정하였다(Table 1). 목적 수분함량에 도달하는 건조시간은 각각 40°C에서 69시간, 50°C에서 15.5시간, 60°C에서 8.5시간이었다. 건조시간(log hr)과 온도와의 관계에서 상관계수가 0.9423으로서 매우 높음을 알 수 있었다(Fig. 1).

본 연구에서는 열풍건조기를 사용하여 정해진 온도에서 분당 170 m<sup>3</sup>의 바람으로 수분 증발 속도를 향상시켰다. 각 온도별로 사용된 시간당 등유소비량은 40°C인 경우 0.64리터, 50°C에서는 0.85 리터, 60°C에서는 1.12리터이었다. 따라서, 각 온도에서 산국의 건조에 소비된 등유량은 40°C에서는 44.16리터, 50°C에서는 13.175 리터, 60°C에서는 9.52리터이었다. 이상의 결과에서 에너지 소비 측면에서 60°C에서 건조하는 것이 가장 효율적임을 알 수 있었다.

**Table 1.** Drying times and moisture contents of *Chrysanthemum boreale* M. according to drying temperatures

Drying temperature (°C)	Drying time (hr)	Moisture contents (%)
40	69.0	23.8
50	15.5	23.0
60	8.5	22.2



**Fig. 1.** The relationship between drying temperature and drying time needed to achieve moisture content 23±1% during hot-air drying of *Chrysanthemum boreale* M.

**Table 2.** Hunter color *L*, *a*, and *b* values of *Chrysanthemum boreale* M. depending on drying temperatures

Drying temperature (°C)	Color		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
40	54.6±1.05 <sup>a</sup>	-5.0±0.18 <sup>b</sup>	45.4±0.95 <sup>a</sup>
50	48.4±1.84 <sup>b</sup>	-2.0±0.50 <sup>a</sup>	44.5±1.05 <sup>a</sup>
60	47.5±0.93 <sup>b</sup>	-1.0±0.38 <sup>a</sup>	44.5±1.63 <sup>a</sup>

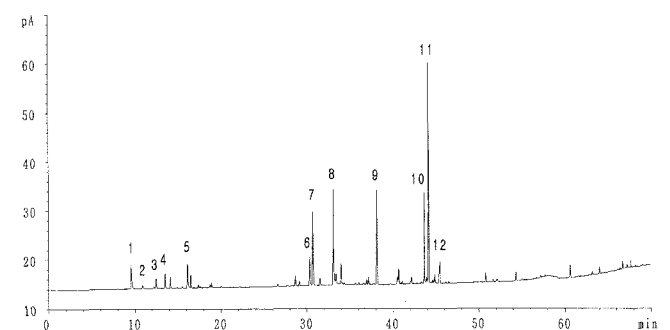
<sup>a,b</sup>Different letters within a row indicate significant difference ( $p < 0.01$ ), n=3

### 색도측정

건조방법 및 온도가 산국의 색도에 미치는 영향을 보기 위하여 조건별 건조시료의 hunter 색도 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같았다. 건조온도 상승에 따른 *L* 값과 *b* 값은 감소하였고, *a* 값은 증가하는 경향을 보였다. 온도상승에 따른 *L* 값 저하와 *a* 값의 상승은 갈변의 진행에 기인한 것으로 생각되며, 육안으로 건조온도의 상승에 따라 산국의 황색은 푸른색으로 변하는 것을 확인할 수 있었다.

### 향기성분

PDMS fiber를 사용하여 SPME법으로 추출한 산국의 휘발성 성분을 분석하였다(Fig. 2). 동정된 산국의 휘발성 성분 중, 단일 혹은 복합적으로 향미생물활성(12-16)이나, 항산화(17), 살충(18), 곤충



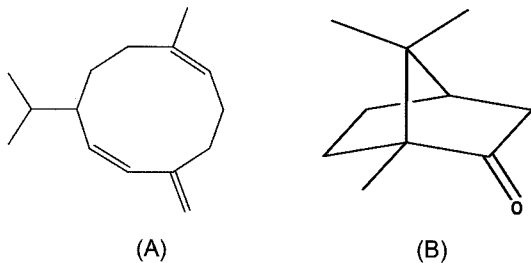
**Fig. 2.** GC chromatogram of *Chrysanthemum boreale* M. dried at 40°C with hot air. Peak: 1,  $\alpha$ -pinene; 2, camphene; 3, pinane; 4,  $\beta$ -myrecene; 5, 1,8-cineole; 6, terpineol; 7, 1,3,3-trimethylcyclohex-1-ene-4-carboxaldehyde; 8, camphor; 9,  $\beta$ -caryophyllene; 10, borneol; 11, germacrene D; 12, a-copaene.

**Table 3. Comparisons of the content of volatile compounds in *Chrysanthemum boreale* M. according to drying temperatures** (Unit: %)

Drying temp. (°C)	Volatile compounds												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
40	7.8±0.1 <sup>b</sup>	1.4±0.1 <sup>b</sup>	1.5±0.1 <sup>a</sup>	1.6±0.1 <sup>b</sup>	3.4±0.1 <sup>b</sup>	4.0±0.2 <sup>a</sup>	9.4±0.3 <sup>a</sup>	17.6±0.4 <sup>b</sup>	8.2±0.3 <sup>b</sup>	5.6±0.4 <sup>b</sup>	21.6±1.1 <sup>b</sup>	3.3±0.1 <sup>c</sup>	85.4±2.9 <sup>b</sup>
50	9.4±0.2 <sup>a</sup>	3.4±0.1 <sup>a</sup>	1.6±0.1 <sup>a</sup>	2.7±0.1 <sup>a</sup>	3.8±0.1 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>	2.8±0.1 <sup>b</sup>	19.0±0.3 <sup>b</sup>	8.8±0.1 <sup>b</sup>	8.4±0.3 <sup>a</sup>	32.1±0.3 <sup>a</sup>	5.9±0.1 <sup>b</sup>	98.4±0.3 <sup>a</sup>
60	5.3±0.5 <sup>c</sup>	3.9±0.3 <sup>a</sup>	1.3±0.1 <sup>b</sup>	2.5±0.2 <sup>a</sup>	4.4±0.2 <sup>a</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>	1.0±0.1 <sup>c</sup>	23.1±0.8 <sup>a</sup>	10.0±0.3 <sup>a</sup>	6.0±0.1 <sup>b</sup>	33.9±1.2 <sup>a</sup>	8.1±0.2 <sup>a</sup>	100.0±2.7 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup>Different letters within a row indicate significant difference ( $p < 0.01$ ),  $n=3$

<sup>1-12</sup>Volatile compound: 1,  $\alpha$ -pinene; 2, camphene; 3, pinane; 4,  $\beta$ -myrcene; 5, 1,8-cineole; 6, terpineol; 7, 1,3,3-trimethylcyclohex-1-ene-4-carboxaldehyde; 8, camphor; 9,  $\beta$ -caryophyllene; 10, borneol; 11, germacrene D; 12,  $\alpha$ -copaene.

**Fig. 3. The structure of (A) germacrene D and (B) camphor.**

유인(19) 등의 효능이 있는 것으로 알려진 terpene 계열을 포함한 12종의 주요 향기성분에 대하여 함량을 조사하였다(Table 3). 휘발성분 함량의 총합이 가장 많았던 60°C 건조 조건의 휘발성분 함량을 100%로 하였을 때 50°C 건조에서는 98.4%, 40°C 건조에서는 85.4%로 건조 온도가 낮을수록 낮은 휘발성분이 검출되었다.

모든 건조 조건의 산국에서 가장 많이 검출된 휘발성분은 germacrene D이었으며, 가장 높은 함량은 60°C 건조에서 33.9%이었고, 같은 조건에서 camphor는 23.1%가 검출되었다. Germacrene D는 3개의 isoprene 단위로 구성된 terpene 화합물인 sesquiterpene의 일종으로서(Fig. 3A), 주로 향균력과 방충효과를 갖는 식물에서 잘 발견되는 화합물이며(20), 또한 담배잎을 씹아먹는 나방의 더듬이에 있는 수용체 신경세포를 활성화하여 그 앞에 알을 낳게 하는 일종의 페로몬 역할도 한다고 보고되어 있다(21). Camphor는 강한 방향성 향기를 나타내는 terpenoid 화합물로서(Fig. 3B) 피부에 쉽게 흡수되어 시원한 느낌을 갖게 하며, 가려움을 없애거나 기침을 억제하는 효과가 있어 의학적으로 중요한 물질이다(22). 한편, Hong은 전북 부안에서 채취한 산국을 그늘에서 1주일간 건조시켜 수증기증류법으로 정유성분을 모아 분석하였을 때 germacrene D가 2.69%이었으며, 주된 성분은 camphor로서 15.40%라고 보고하였다(8). 이러한 결과는 본 연구결과와는 상당한 차이가 있는데 지리적 특성, 건조방법, 정유 추출법 등의 차이로 생각된다. 건조 온도가 증가할수록 camphene, 1,8-cineole,  $\beta$ -caryophyllene,  $\alpha$ -copaene은 증가하였고, terpineol과 1,3,3-trimethylcyclohex-1-ene-4-carboxaldehyde은 감소하는 경향을 나타내었다.

이상의 결과에서 산국을 열풍건조법으로 40, 50, 60°C에서 건조하였을 때 건조시간(log h)과 건조온도와는 밀접한 상관관계가 있었고, 소비 열량을 비교하였을 때 60°C에서 건조하는 것이 효율적임을 확인할 수 있었다. 또한, 60°C에서 건조된 산국에서 다른 조건에서 건조된 경우에 비해 총 향기성분이 많이 검출되었으며, 그 중 대표적인 유용 향기 성분인 germacrene D과 camphor가 가장 많이 검출되었다. 건조온도가 높은 경우(60°C)에서의 산국에서 낮은 온도(40, 50°C)에서의 것보다 많은 휘발성 성분이 검출된 것은 건조시간이 상대적으로 적게 소요되었기 때문이라 생

각되어지며, 보다 높은 온도에서의 건조 조건은 향후 검토되어야 할 것이다.

## 요 약

방향성 약초인 산국을 열풍건조기를 이용하여 각각 40, 50, 60°C에서 수분함량 23±1%에 도달할 때까지 건조하였다. 건조시간은 8.5-69시간이 소요되었으며, 소요된 건조시간의 log값은 건조 온도와 높은 역 상관관계를 나타내었다. 건조온도 상승에 따라 산국의 색도 L 값과 b 값은 감소하였고, a 값은 증가하는 경향을 보였다. 산국의 휘발성분 함량의 총합을 60°C 건조조건의 것을 100%로 하였을 때 50°C 건조에서는 98.4%, 40°C 건조에서는 85.4%로 건조 온도가 낮을수록 낮은 휘발성분이 검출되었다. 모든 건조조건의 산국에서 가장 많이 검출된 휘발성분은 germacrene D이었으며, 가장 높은 함량은 60°C 건조에서 33.9%이었고, 같은 조건에서 camphor는 23.1%가 검출되었다.

## 감사의 글

본 논문은 2008년도 경남대학교 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

## 문 헌

- Choi YJ. Korean Ethnobotany. Academy Book, Seoul, Korea. p. 53 (1992)
- Bensky D, Andrew G Chinese Herbal Medicine. Eastland Press, Seattle, WA, USA. pp. 120-137 (1993)
- Han WS. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Chrysanthemum boreale* Makino. Korean J. Med. Crop Sci. 11: 1-4 (2003)
- Jang DS, Park KH, Lee JR, Ha TJ, Park YB, Nam SH, Yang MS. Antimicrobial activities of sesquiterpene lactones isolated from *Hemisteptia lyrata*, *Chrysanthemum zawadskii*, and *Chrysanthemum boreale*. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 42: 176-179 (1999)
- Cha JD, Kim TY, Woo WH, Chung KY, You YO, Kim KJ, Kil BS. Effect of *Chrysanthemum boreale* essential oil to several microorganisms. Bull. Life Sci. Biotechnol. 7: 1-17 (2000)
- Nam SH, Choi SD, Choi JS, Jang DS, Choi SU Yang MS. Effects of sesquiterpene lactones isolated from *Chrysanthemum boreale* M. against sarcoma180 implanted in ICR mice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 144-147 (1997)
- Shin KH, Kang SS, Seo EA, Shin SW. Isolation of aldose reductase inhibitions from the flowers of *Chrysanthemum boreale*. Arch. Pharm. Res. 18: 65-68 (1995)
- Hong CU. Essential oil composition of *Chrysanthemum boreale* and *Chrysanthemum indicum*. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 45: 108-113 (2002)
- Kangsojin, Dictionary of Chinese Medicine, Shanghai Science, Shanghai, China. pp. 3845-3846 (1998)
- Kim KY, Song HJ. Processing of Oriental Medicine. Shin-il Press,

- Seoul, Korea. pp. 118-119 (2002)
11. Vas G, Vekey K. Solid-phase microextraction: A powerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis. *J. Mass Spectrom.* 39: 233-254 (2004)
  12. Vivek KB, Atiqur R, Kang SC. Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oil and crude extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. *Ind. Crop. Prod.* 26: 28-35 (2007)
  13. Mourey A, Canillac N. Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. *Food Control* 13: 289-292 (2002)
  14. Tzakou C, Koutsoumani K, Nychas GJE. Inhibition of *Salmonella enteritidis* and 10 *Staphylococcus aureus* in nutrient broth by mint essential oil. *Food Res. Int.* 33: 273-280 (2000)
  15. Braca A, Siciliano T, D'Arrigo M, German MP. Chemical composition and antimicrobial activity of *Momordica charantia* seed essential oil. *Fitoterapia* 79: 123-125 (2007)
  16. Andrews RE, Parks LW, Spence KD. Some effects of douglas fir terpenes on certain microorganisms. *Appl. Environ. Microb.* 40: 301-304 (1980)
  17. Legault J, Pichette A. Potentiating effect of beta-caryophyllene on anti-cancer activity of alpha-humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. *J. Pharm. Pharmacol.* 59: 1643-1647 (2007)
  18. Kim JO, Kim YS, Lee JH, Kim MN, Rhee SH, Moon SH, Park KY. Antimutagenic effect of the major volatile compounds identified from mugwort (*Artemisia asiatica nakai*) leaves. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 308-309 (1992)
  19. Enan E. Insecticidal activity of essential oils: Octopaminergic sites of action. *Comp. Biochem. Phys. C* 130: 325-337 (2001)
  20. Rivero-Cruz B, Rivero-Cruz I, Rodriguez JM, Cerda-Garcia-Rojas CM, Mata R. Qualitative and quantitative analysis of the active components of the essential oil from *Brickellia veronicaefolia* by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Nat. Prod.* 69: 1172-1176 (2006)
  21. R. stelian T, Borg-Karlson AK, Fldt J, Jacobsson U, Mustaparta H. The plant sesquiterpene germacrene D specifically activates a major type of antennal receptor neuron of the tobacco budworm moth *Heliothis virescens*. *Chem. Senses* 25: 141-148 (2000)
  22. The Merck Index. 14<sup>th</sup> ed. pp. 279. Merck & Co. Inc., Whitehouse Station, NJ, USA (2006)