creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000334313

2020년 8월

석사학위 논문

GC-MS를 이용한 국화과 식물의 휘발성 향기성분 비교

조선대학교 대학원

식 품 영 양 학 과

손 지 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

GC-MS를 이용한 국화과 식물의 휘발성 향기성분 비교

Comparison of Volatile Flavor Components in Compositae Plants by GC-MS

2020년 8월 28일

조선대학교 대학원

식 품 영 양 학 과

손 지 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

GC-MS를 이용한 국화과 식물의 휘발성 향기성분 비교

지도교수 김 경 수

이 논문을 이학 석사학위신청 논문으로 제출함

2020년 5월

조선대학교 대학원

식 품 영 양 학 과

손 지 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

손지현의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 김 복 희 (인)

위 원 조선대학교 교 수 이 재 준 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 경 수 (인)

2020년 6월

조선대학교 대학원

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT ····· V

제 1 장 서 론 ····· 1

제 2 장 재료 및 방법 ····· 7

제 1 절 실험재료 및 기기 ····· 7

1. 시료 ····· 7
2. 시약 및 재료 ····· 7
3. 휘발성향기 분석기기 ····· 8

제 2 절 휘발성 향기성분의 추출 및 분석조건 수립 ····· 9

1. Steam distillation extraction(SDE)에 의한 휘발성 향기성분의 추출 ····· 9
   가. 휘발성 향기성분 추출 ····· 9
   나. 추출된 휘발성 향기성분 농축 ····· 9
2. Solid phase microextraction(SPME)에 의한 휘발성 향기성분의 추출 ····· 11
3. 휘발성 향기성분의 분리 및 분석을 위한 기기분석 조건 ····· 13

제 3 절 국화과 식물의 휘발성 향기성분 분석 ····· 15

1. 휘발성 향기성분의 동정 ····· 15
   가. 머무름 지수(Retention index)의 수립 방법 ····· 15
   나. 휘발성 향기성분의 동정 ····· 17
2. 휘발성 향기성분의 정량 ····· 17

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 결과 및 고찰 ····· 18

제 1 절 쑥부쟁이의 휘발성 향기성분 ····· 18
1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 18
2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 21
3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교 ····· 24
제 2 절 개미취의 휘발성 향기성분 ····· 32
1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 32
2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 35
3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교 ····· 39
제 3 절 구절초의 휘발성 향기성분 ····· 47
1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 47
2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분 ····· 50
3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교 ····· 54
제 4 절 국화과 식물의 휘발성 향기성분 비교 ····· 62

제 4 장 요 약 ····· 68

참고문헌 ····· 71

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

Table 1. Classification and photo of subject platns ····· 2
Table 2. GC-MS conditions for identification of volatile flavor compounds ····· 14
Table 3. Retention time of n-alkane(C_8 ~ C_{20}) for GC-MS retention index ····· 16
Table 4. Volatile organic compounds identified in the *Aster yomena* (kitam). Honda by two extraction method (SDE and SPME) ····· 27
Table 5. Volatile organic compounds identified in the *Aster tataricus* Linne Fil. by two extraction method (SDE and SPME) ····· 42
Table 6. Volatile organic compounds identified in the *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA by two extraction method (SDE and SPME) ····· 57

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

Fig 1. Instrument of Multi-Dimensional GC-MS ····· 8
Fig 2. Diagram of apparatus for Likens-Nickerson simultaneous distillation extraction (SDE)(a) and vigreux type distillation column system(b) of volatile flavor extract ····· 10
Fig 3. Procedure of solid pahse microextraction ····· 12
Fig 4. GC-MS total ion chromatogram of n-alkane standard mixture (C_8 ~ C_{20}) ····· 16
Fig 5. GC-MS chromatogram of *Aster yomena* (kitam). Honda (a)SDE and (b)SPME ····· 26
Fig 6. Biosynthesis of the ionones ····· 36
Fig 7. GC-MS chromatogram of *Aster tataricus* Linne Fil. (a)SDE and (b)SPME ····· 41
Fig 8. GC-MS chromatogram of *Chrysanthemum zawadskii* var. latilobum (a)SDE and (b)SPME ····· 56
Fig 9. Comparison of functional group among the AY = (*Aster yomena* (kitam). Honda), AT = (*Aster tataricus* Linne Fil) and CZ = (*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA) by two extraction methods(SDE and SPME) ····· 66
Fig 10. Comparison of terpene group among the AY = (*Aster yomena* (kitam). Honda), AT = (*Aster tataricus* Linne Fil) and CZ = (*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA) by two extraction methods (SDE and SPME) ····· 67

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Comparison of Volatile Flavor Components in *Compositae* Plants by GC-MS

Son, Ji Hyeon
Advisor : Prof. Kim, Kyong Su, Ph.D.
Department of Food and Nutrition
Graduate School of Chosun University

Compositae plants are widely distributed over the world, and about 920 genus, 20,000 species are known, and the number of *compositae* plants native of or naturalized in Korea is about 300. Countries that eat *compositae* for food are Korea, China and Japan, and they are known to be effective against colds, stomaches, dizziness, high blood pressure and headaches, and anti-bacterial, anti-cancer, and virus suppression. Various studies are being conducted on *compositae* plants, including research on whitening cosmetics' functionalities using flowers, research on inhibitory effects of cancer cell proliferation, and antioxidant effects of flower extracts.

Currently, *Aster yomena* (kitam). Honda, *Aster tataricus* Linne Fil, and *Chrysanthemum zawadskii* Var. *latilobum* KITAMURA are called by the same name because of their similar appearance and are difficult to distinguish unless they are experts. Therefore, this study was intended to prepare an analytical analysis method to provide basic data onto the volatile aromatic ingredients of *Aster yomena* (kitam). Honda, *Aster tataricus* Linne Fil, and *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA, which are the raw ingredients of similar-looking foods.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Among *Compositae* plants, moxibustion with the same order and an ant with a different order is called 'dulgukhwa' because of its similar appearance. As the value of natural and organic foods increases, the demand and production of various food groups increases, and *Compositae* plants are also in the spotlight in terms of functionality. Therefore, in this study, we plan to conduct research to analyze the volatile aromatic ingredients of *Aster yomena*, *Aster tataricus*, and *Chrysanthemum zawadskii*, which are similar in appearance, and to provide them as data of volatile aromatic ingredients.

The volatile aromatic component of *Compositae* plants was analyzed by GC-MS using SDE and SPME extraction method. Separated volatile aromatic compounds were established and sympathized with the retention index and quantified using *n*-butylbenzenene added as an internal standard substance.

In SDE extraction, a total of 117, 115 and 120 volatile compounds were detected in Aster yomena, Aster tataricus and Chrysanthemum zawadskii, individually, whereas their total amount of volatile compounds were 2,199.49 mg/kg, 1,101.42 mg/kg and 6,682.62 mg/kg, respectively. In SPME extraction, a total of 63, 60 and 83 volatile compounds were detected in Aster yomena, Aster tataricus and Chrysanthemum zawadskii, individually, whereas their total amount of volatile compounds were 713.04 mg/kg, 357.60 mg/kg, 1,101.42 mg/kg and 4,476.31 mg/kg, respectively.

As a result, there was not much difference between *Aster yomena* and *Aster tataricus*, but *Chrysanthemum zawadskii* was found to have a difference in content and composition with *Campanulales*. This study confirmed that the composition and contents of the volatile flavor compounds vary between different extraction method. There were also differences in the patterns of each functional group and terpene type, and it is believed to be available as basic data for volatile aromatic ingredients of *Compositae* plants.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 장 서 론

국화과(*Compositae*) 식물은 전 세계에 널리 분포하며 약 920속, 20,000여종이 알려져 있고, 우리나라에서 자생 또는 귀화한 국화과 식물은 약 300여 종이 있다. 국화과 식물의 두드러지는 특징은 많은 꽃들이 한곳에 모여 두상화서를 이루며 설상화와 관상화를 가지고, 대부분의 종에는 깃털 모양의 관모가 있다. 국화를 식용으로 하는 나라는 우리나라, 중국 및 일본이며 전통식품의 건강 기능성 소재로서 감기, 위장, 현기증, 고혈압 및 두통 등에 효과적이고(Park, Kown & Kim, 1998), 항균활성, 항암활성 및 바이러스 억제효과 등에 효과가 알려져 있다(Nam & Lee, 2008).

국화과에 해당하는 약용식물로는 쑥부쟁이, 구절초, 홍화, 민들레, 창출, 산국, 감국, 취나물, 쑥갓 및 개미취 등이 대표적이며, 식용, 약용, 관상용 및 양조용으로 널리 이용된다. 이러한 국화과 식물에는 flavonoid 및 sesquiterpene lactone계 화합물이 다량 함유되어 있다(Salaporic, Geier & Reznicek, 2013). Sesquiterpene lactone은 수천종의 구조가 알려진 화합물로, 항균, 항암, 항염증 및 항산화를 포함한 다양한 생리 기능(Shim et al., 2012)이 알려져 있으며, 국화과 식물의 꽃을 이용한 미백 화장품 기능성 연구(Lee et al., 2017), 암세포 증식의 억제 효과 연구(An et al., 2012), 꽃 추출물의 항산화 효과(Woo, Shin & Lee, 2010) 등 다양한 연구가 진행되고 있다.

하지만 국화과 식물 중 목과속이 동일한 쑥부쟁이, 개미취와 목이 다른 구절초의 경우 Table 1의 그림과 같이 외형이 유사하여 흔히 '들국화'라는 이름으로 불리우며, 각각의 구분이 어렵다. 자연산 및 유기농 식품에 대한 가치가 높아지면서 다양한 식품군들의 수요량 및 생산량이 증가하고 있으며, 국화과 식물 또한 기능성 측면에서 각광받는 추세이다(Kim et al., 2011).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1. Classification and photo of subject plants

		Aster yomena (kitam). Honda	*Aster tataricus* Linne Fil	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA
Picture	Flower			
	Leaf			
Order		*Asterales*	*Asterales*	*Campanulales*
Family		*Asteraceae*	*Asteraceae*	*Asteraceae*
Genus		*Aster*	*Aster*	*Dendranthema*
Species		yomena	tataricus	zawadskii

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

쑥부쟁이(*Aster yomena* (kitam). Honda)는 국화과에 속하는 다년생 초본의 여러해살이풀로 뿌리의 줄기가 옆으로 뻗으면서 높이는 약 50 cm로 자라며, 잎은 어긋난 피침형으로 가장자리에 굵은 톱니가 있다. 꽃은 7~10월에, 열매는 10~11월에 맺으며 한국, 중국, 일본 및 시베리아 등지의 습한 산지에 널리 분포한다(Lee et al., 2018). 민간에서 전초는 '마란(馬蘭)', 지상부는 '백상국(白狀菊)'으로 불리며, <본초강목>, <본초습유>, <복건민간약초>, <중약대사전>, <운남중포약> 에서 청열, 소풍, 해독, 거담진해, 보익, 이뇨 및 해소 등에 사용한다고 기록되어 있다. 쑥부쟁이 잎에는 정유가 함유되어 있으며 비타민 C가 풍부하고 어린잎을 살짝 데쳐 나물로 섭취하거나 기름에 볶아먹기도 한다(Seo, 2019).

최근 연구 결과, 높은 생리활성으로 항산화(Woo et al., 2008), 항균 활성(Chon et al., 2009), 암 예방(Jung et al., 2005; Heo et al., 2007) 등 여러 생리활성 기능에 대해 발표된 바 있다. 또한, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical), OH, 및 O_2 라디칼 소거 실험에서 쑥부쟁이 분획물인 EtOAc(Ethyl acetate) 경우 농도 의존적으로 라디칼 소거능이 증가하였으며, 이를 통해 쑥부쟁이가 산화 스트레스를 감소시켜 줄 수 있는 천연 항산화제로서의 가능성을 보았다(Kim et al., 2018). Kim(2014) 등의 연구에서 쑥부쟁이는 asteryomenin, 4-O-β-D-glucopyranoside-3-hydroxy methyl benzoate, esculetin, isoquercitrin, caffeic acid 및 apigenin 등의 활성물질(Kim et al., 2014)이 확인되었으며, 쑥부쟁이의 에탄올 추출물에서 췌장과 폐 조직의 조직학적 손상을 유의성 있게 억제 하는 것을 확인하였다(Seo, 2019). 또한 지리산 자락 전라남도 구례에서 생산된 농산물 중 쑥부쟁이에서 천연 게르마늄의 함유량이 월등히 높았으며, 지질학적 특성상 구례 주변에 분포되어 있는 토양이 게르마늄 성분이 높은 것으로 보고된 바 있다(전라남도 보건환경연구원, 2016).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

개미취(*Aster tataricus* Linne fil)는 국화과 참취속에 속하는 여러해살이풀로 깊은 산의 습한 곳에서 자라며 높이는 1~1.5 m 가량으로 줄기의 잎은 좁고 어긋나며 가장자리에 톱니가 있다. 예부터 어린잎을 채취하여 나물로 사용하였고, 뿌리와 근경을 천식이나 토혈 등의 치료에 약용하거나 식용하였으며, 이뇨제, 항암제, 항균제 및 항바이러스제의 효능을 가지고 있다(Yu et al., 2015). 또한, 항균작용으로는 대장균, 변형간균, 이질균, 콜레라균 및 녹농균에 일정하게 억제효과가 있다고 알려져 있다(Choi et al., 2009). 국가표준식물목록에 기록되어 있는 개미취라는 이름을 포함한 자생식물은 개미취(*Aster tataricus* L.f.), 좀개미취(*Aster maackii* Regel), 벌개미취(*Aster koraiensis* Nakai) 및 갯개미취(*Aster tripolium* L.) 총 4종으로 모두 국화과 참취속(Aster)에 속한다(국가표준식물목록, 2020).

개미취에서 확인된 항균성분 중 astin은 염소(Cl)를 함유한 pentapeptide류로 A, B, C 및 J 형이 확인되었으며, pentapeptide류는 항염 및 항암 효과가 있는 것으로 밝혀져 있다. 뿌리에서 분리된 8개의 생리활성 화합물로 shionene, epifriedelinol, quercetin, kaempferol, scopoletin, emodin, aurantiamide acetate 및 1,7-Dihydroxy-6-methyl-anthraquinone가 확인(Ng et al., 2003)된 바 있으며, terpenoid, saponins, coumarins, flavones, steroids 및 cyclopeptides에 관한 연구도 진행된 바 있다(Zhou et al., 2010). 또한, 개미취의 뿌리성분은 중국에서 진해거담제나 감기약 등의 약재로 많이 사용되는데 뿌리추출물로 triterpenoid ketone인 shionone, triterpenoid glycosides류인 aster saponins A-G 및 monoterpenoid glycosides류인 shionosides A-C 등이 보고되었다(Akihisa et al., 1998).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구절초(*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA)는 다년생 쌍떡잎식물로 전 세계에 약 1000속, 20,000여종이 분포하며, 꽃이 단아하고 아름다워 경관용으로 널리 알려져 있다. 우리나라에는 58속 213종이 자생하며, 초본 또는 관목 및 교목이 분포되어 있다. 구절초는 땅속의 뿌리가 옆으로 뻗으며, 줄기는 50 cm로 곧게 자라고 뿌리잎과 줄기 아랫부분의 잎은 달걀형이며, 잎의 가장자리가 톱니모양으로 약간 갈라진다. 개화기는 8~10월, 결실기는 10~11월이다. 전국 각처의 고원지와 산지에서 자생하고 러시아, 중국, 일본 및 몽골 등지에서 자라며 민간에서 줄기와 잎을 채취하고 고아서 환을 만들거나 달여서 건위제로 사용하고 있다(Lee,1982). 생약명은 선모초(仙母草), 구절초(九折草)이며, 종류로는 가는잎구절초, 포천구절초, 산구절초, 낙동구절초 및 한라구절초 등으로 구절초의 전초와 꽃은 예부터 기관지염, 폐렴 등의 기관지 질환성 염증, 부인병, 방광질환, 고혈압 및 위장병 등에 사용되어 왔다(An et al., 2012).

구절초의 일반성분은 건물을 기준으로 수분 함량 8.2%, 회분 6.7%, 탄수화물이 79.2%, 조단백질 5.3% 및 조지방이 1.8% 함유되어 있다(Lee, 2006). Jang 등(1998) 의 연구에서 구절초 꽃에서 sesquiterpene lactone인 cumambrin A, cumambrin B, angeloylcumambrin B, tigloylcumambrin B 및 hendelin을 분리 동정한 결과, sesquiterpene lactone의 생리활성으로 암세포에 대한 독성이 보고된 바 있다(Jang et al., 1998). 구절초의 정유는 항균력이 강한 성분들로 thymol을 포함한 다수의 성분들이 항균제로 개발되었으며, 정유 분획물의 혼합물 상태도 각종 감염증의 치료에 사용되고 있다. 최근 연구에서 구절초의 전체 분획물이 정유의 주요 화합물을 혼합한 것 보다 높은 항균 작용을 가진다고 보고되었으며, 소량의 성분으로도 활성에 중요한 역할로 항균 작용을 강하게 하거나 상승시키는 효과가 있다. 또한 합성 항균제나 항생제와는 달리 구절초의 정유는 항균 작용 외에도 항바이러스, 항진균 작용을 동시에 확인할 수 있다(Lee & Lee, 2007).

이러한 국화과 식물의 생리활성에 관한 연구는 많이 진행되고 있으나, 휘발성 향기성분에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

식품의 냄새 또는 향기 특성을 파악하기 위해 고성능의 기체크로마토그래피(gas chromatography)나 질량분석기(mass spectrometry)등의 기기분석으로 향기 구성 휘발성 화합물들의 분리, 동정 및 구조결정 등의 정밀한 분석이 가능하게 되었다. 그러나 향기의 고유한 화학적 감각(chemical senses)으로 인해 주관적인 방법에 의존하지 않을 수 없다. 식품으로부터 휘발성 향기성분을 분리하는 방법으로 연속수증기증류법(steam distillation extraction, SDE), 압착법(expression), 용매추출법(solvent extractin), headspace법, 고체상미량추출법(solid-phase microextraction, SPME) 등이 있으며 (Flavors and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing, and Sustainability, 2007), 향기 성분의 휘발성 화합물을 순수하게 분석하거나 향기성분을 직접 이용하기 위한 목적에 따라 사용할 수 있다. 휘발성 향기성분의 추출은 원하는 화합물을 원료로부터 있는 그대로 추출, 분리하는 것이 가장 중요하며 원료에 따라 적절한 추출방법을 선택하여야 한다(Song et al., 2000).

용매추출법이나 증류법의 단점으로는 용매의 잔류성과 증류 등의 가열에 의한 변성, 농축과정 중의 향의 손실 등을 고려하여야 한다. 비교적 열에 안정한 시료는 SDE를 이용하여 다양한 휘발성 유기화합물을 포집하는데 사용하며, SPME법은 적은 양의 시료를 이용하여 짧은 시간에 간단하게 전처리 할 수 있어 최근에 많이 사용 되고 있다(Hong et al., 2018). 본 연구에서는 휘발성 향기성분의 전통적 추출방법인 SDE법과, 유기용매를 사용하지 않고 적은 양의 시료로 간단히 전처리 할 수 있는 SPME법을 이용하여 휘발성 향기성분을 추출 후 GC-MS로 분석하였다.

식물은 부위에 따라 생리활성에 차이가 있으며 국화과 식물의 경우 건강기능성 생리활성에 관한 연구로 꽃에 한정되어왔다. 꽃보다 수확량이 많은 잎을 기능성 소재로 사용할 수 있다면 경제적인 식물소재로 활용할 수 있으며, 재배농가의 소득을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 국화과 식물들 중 외형이 유사한 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 경우 비슷한 생김새로 인해 일반 소비자들은 외형적으로 구별하는데 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 국화과 식물 중 외형이 유사한 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초 잎의 휘발성 향기성분을 분석하여 비교하였으며 휘발성 향기성분의 기초자료로 제공하기 위해 연구를 수행하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 장 재료 및 방법

제 1절 실험재료 및 기기

1. 시료

본 실험에 사용한 국화과 식물인 쑥부쟁이는 전라남도 구례군, 개미취는 경상북도 문경시 산양면, 구절초는 '백민구절초 연구소'에서 얻었으며, 농촌진흥청으로부터 종자확인을 받은 식물의 잎을 직접 구입하여 사용하였다. 모든 시료들은 표면의 흙과 이물질을 제거하기 위해 흐르는 증류수에 3회 수세 후 물기를 완전히 제거한 뒤 추출시료로 사용하였다.

2. 시약 및 재료

휘발성 유기성분 분석을 위해 시료의 추출에 사용된 유기용매인 diethylether, *n*-pentane 등은 Fisher Scientific(Waltham, Massachusetts, U.S.A)에서 HPLC grade로 구입 후 wire spiral packed double 증류장치(Normshliff Geratebau, Wertheim, Germany)로 재증류한 것을 사용하였다. 또한 증류수는 18.2 MΩ 수준으로 순수재증류장치(Millipore corporation, Bedford, Massachusetts, USA)에서 얻은 Milli Q wat ㅅㄴ새er를 사용하였다. 유기용매의 탈수를 위해 사용된 Na_2SO_4는 650℃ 의 회화로에서 하룻저녁 태워준 뒤 desicator에서 방냉한 후 사용하였다. RI수립을 위한 *n*-alkane(C_8-C_{20})과 내부표준물질로 사용되는 *n*-buthyl benzene은 Sigma-aldrich사(USA)에서 구입하여 사용하였다. SPME absorption fiber assembly는 Supelco Co., Ltd, (Bellefontem PA, USA)에서 구입하여 사용하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 휘발성향기 분석기기

휘발성 향기성분의 정성 및 정량 분석을 위해 고체상미량추출(solid phase microextraction, SPME) module을 포함한 GC 전용 다목적 시료자동주입기(multipurpose autosampler, PAL system, AOC-6000, simadazu, Kyoto, Japan)가 부착된 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MS-QP2010Plus, Shimadzu, kyoto, Japan)를 사용하였다(Fig. 1).

Fig. 1. Instrument of Multi-Dimensional GC-MS
(GC-MS-QP2010Plus, Shimadzu, kyoto, Japan)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2절 휘발성 향기성분의 추출 및 분석조건 수립

1. Steam distillation extraction(SDE)에 의한 휘발성 향기성분의 추출

가. 휘발성 향기성분 추출

휘발성 향기성분 분석을 위해 생시료 300 g을 증류수 1 L와 혼합하여 분쇄기(MR 350CA, Braun, Spain)로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5-7.0 범위로 조정 후 추출용 시료로 사용하였다. 향기성분 추출은 Schultz 등(1977)의 방법에 따라 개량된 연속수증기증류추출장치(SDE)(Nikerson & Likens, 1966)를 이용하였다. 추출용 시료에 정량분석을 위해 100 mg/L *n*-butylbenzene 5 mL를 추출용 시료에 첨가하였다. 유기용매는 double distilling apparatus로 재증류한 *n*-pentane과 diethylether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출하였다(Fig. 2). 휘발성 향기 추출 후 회수한 유기용매 분획구에 무수 Na_2SO_4를 가한 후 암실에서 하룻밤 동안 방치하여 수분을 제거하였다.

나. 추출된 휘발성 향기성분 농축

수분이 제거된 유기용매 분획구는 vigreux column을 사용하여 약 2 mL까지 농축한 후 N_2 gas purge를 이용해 약 0.5 mL까지 농축하여 GC-MS 분석시료로 사용하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a) (b)

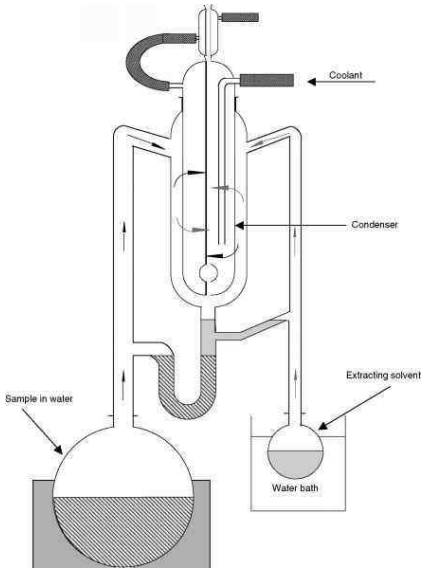


Fig. 2. Diagram of apparatus for Likens-Nickerson simultaneous distillation extraction(SDE)(a) and vigreux type distillation column system(b) of volatile flavor extract

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. Solid phase microextraction(SPME)에 의한 휘발성 향기성분의 추출

본 연구에서는 국화과 식물의 휘발성 향기성분 분석에 가장 적합한 fiber를 선정하기 위해 Supelco사(Supelco Co., Ltd., Bellefonte, PA, USA)에서 carboxen(CAR), divinylbenzene(DVB), polydimethylsiloxane(PDMS)를 이용하여 흡착능력을 비교하였다. 휘발성 향기성분 분석을 위한 SPME 추출법에 가장 적합한 fiber로 확인된 비극성 fiber인 PDMS를 이용하여 분석에 사용하였다. SPME법을 이용한 휘발성 향기성분 추출은 균질화시킨 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초 생시료 2.5 g을 각각의 headspace vial에 담아준 후 내부표준물질로 10000 mg./L *n*-butyl benzene 20 uL를 첨가하였다. Headspace vial을 80 ± 2℃로 유지해준 후 SPME fiber가 vial의 septum을 뚫고 안으로 완전히 들어간 상태에서 plunger를 눌러 fiber를 밖으로 나오도록 조작해준 후 시료의 윗부분에 위치하게 하고 80℃의 조건에서 5분간 안정화한 다음 30분 동안 노출시키는 direct injection법을 이용하여 휘발성분을 흡착시켰다. 휘발성 향기성분이 포집된 SPME fiber를 injector에 주입하여 5분간 탈착시켜준 후 splitless mode에서 GC-MS를 이용하여 분석하였다(Fig. 3).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

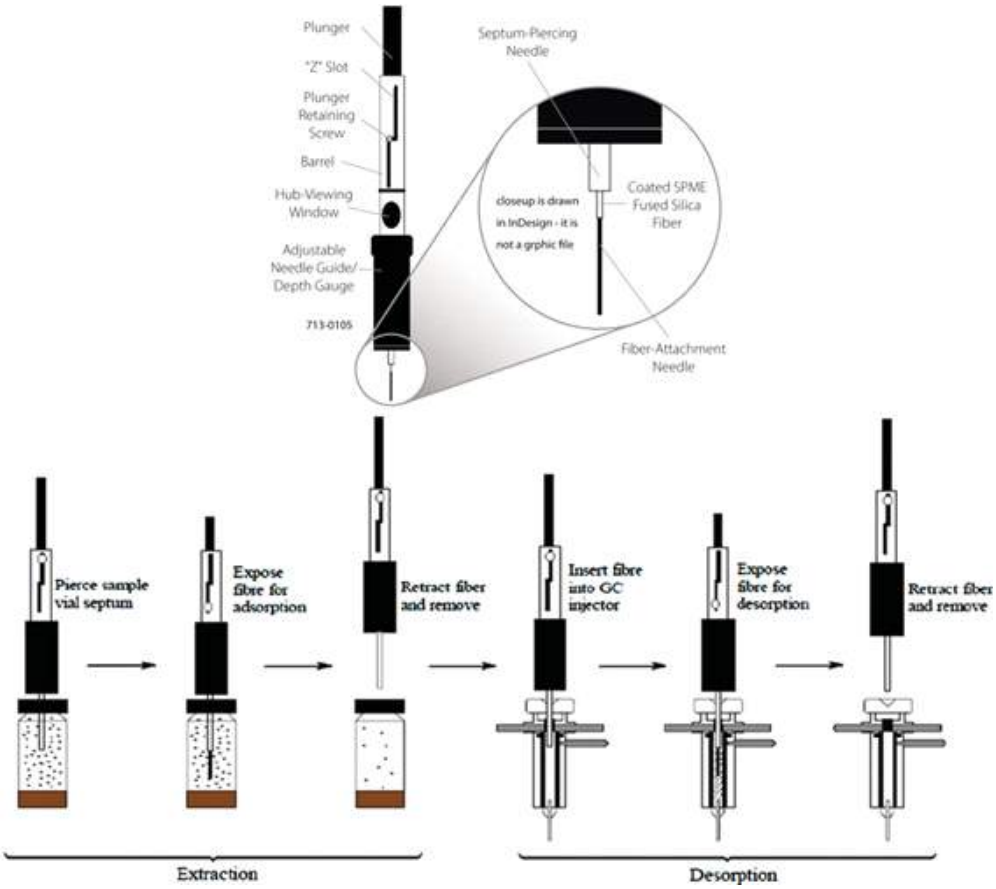


Fig. 3. Procedure of solid phase microextraction(Zhang & Raftery, 2014)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 휘발성 향기성분의 분리 및 분석을 위한 기기분석 조건

휘발성 향기성분을 분석하기 위해 사용된 GC-MS(gas chromatography-mass spectrometer)는 QP-2010(Shimadzu, Kyoto, Japan)모델을 이용하였으며, carrier gas는 He으로 0.8 mL/min을 유지하였고 injector의 온도는 250℃로 설정하였다. 컬럼은 ZB-5MS(0.25 mm I.D × 60 m L., 0.25 um film thickness, Pnenomenex, USA)를 사용하였으며, 온도조건(temperature program)은 40℃에서 5분간 유지한 다음 2℃/min의 속도로 220℃까지 승온시킨 후 5분간 유지시켰고, 20℃/min의 속도로 280℃까지 승온시킨 후 10분간 유지하였다. GC 컬럼의 온도조건에 의해 분리된 휘발성 향기성분은 electron impact ionization(EI)방법으로 이온화하였고, ionization voltage를 70 eV, ion source 온도는 220℃로 설정하였다. 질량 분석은 mass spectrum scan 모드로 분자량의 범위는 41-500 m/z로 설정하고 scan speed는 1000 μ/sec으로 설정하였으며(Khan et al., 2015)(Table 2), SDE법에 의해 추출된 시료는 1 uL를 split ratio 20:1로 주입하였고, SPME법에 의해 포집된 시료는 splitless mode로 주입하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. GC-MS conditions for identification of volatile flavor compounds

GC-MS	QP-2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan)		
Column	ZB-5MS (0.25 mm I. D. × 60 m L., 0.25 um film thickness, Phenomenex, USA)		
Carrier gas	He		
Gas flow rate	0.8 mL/min		
Injector	250℃		
Ionization	Electron impact ionization(EI) Total ionization chromatogram(TIC)		
Ion source temp.	220℃		
Interface temp.	250℃		
Ionization voltage	70 eV		
Mass range	41 ~ 500 m/z		
Injection vol.	1.0 uL / split ratio 20:1, at SDE sample injection		
Mode	splitless		
Temp. program	Rate (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
	0	40	5
	2	220	5
	20	280	10

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3절 국화과 식물의 휘발성 향기성분 분석

1. 휘발성 향기성분의 동정

GC-MS에 의해 분리된 휘발성 향기성분은 머무름 시간(retention time, RT)과 머무름 지수(retention index, RI) 상관관계와 total ion chromatogram(TIC)의 각 peak의 mass spectrum을 이용하여 동정하였다.

가. 머무름 지수(Retention index, RI)의 수립 방법

머무름 지수란 스위스 화학자 Ervin Kovats가 가스크로마토그래피를 이용한 휘발성 화합물 분석에서 제안한 것으로 직쇄 알칸을 기준으로 하여 등간격으로 머무름 지수를 표시한 것이다. 머무름 지수는 chromatogram으로부터 용질을 확인하기 위해 사용된 parameter로 한 용질의 머무름 지수는 chromatogram 위에서 용질의 머무름 시간의 앞, 뒤에 나타나는 두 개의 직쇄 alkane의 머무름 시간으로부터 구할 수 있다(Kovats, 1958).

이에 따라 휘발성 향기성분의 머무름 지표를 구하기 위해 국화과 식물의 향기성분 분석조건과 동일 조건하에 40 mg/L농도의 C_8 ~ C_{20} 체인 *n*-alkane 표준용액(Sigma-Aldrich Co., Ltd., St, Louis, MO, USA) 1 uL를 분석하였다(Table 3, Fig. 4).

$$Kovats\ RI_T = RI_{Cn} + 100 \times \frac{RT_T - RT_{Cn}}{RT_{Cn+1} - RT_{Cn}}$$

$$RT_{Cn} = 100 \times n(carbon\ no.)$$

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Retention time of *n*-alkanes(C_8 ~ C_{20}) for GC-MS retention index

NO	RI[1)]	*n*-alkane	Chemical name	RT(min)[2)]
1	800	C_8H_{18}	*n*-Octane	15.34
2	900	C_9H_{20}	*n*-Nonane	22.21
3	1000	$C_{10}H_{22}$	*n*-Decane	29.92
4	1100	$C_{11}H_{24}$	*n*-Undecane	67.65
5	1200	$C_{12}H_{26}$	*n*-Dodecane	45.12
6	1300	$C_{13}H_{28}$	*n*-Tridecane	52.21
7	1400	$C_{14}H_{30}$	*n*-Tetradecane	58.90
8	1500	$C_{15}H_{32}$	*n*-Pentadecane	65.21
9	1600	$C_{16}H_{34}$	*n*-Hexadecane	71.18
10	1700	$C_{17}H_{36}$	*n*-Heptadecane	76.82
11	1800	$C_{18}H_{38}$	*n*-Octadecane	82.17
12	1900	$C_{19}H_{40}$	*n*-Nonadecane	87.25
13	2000	$C_{20}H_{42}$	*n*-Eicosane	92.08

1) RI : Retention index
2) RT : Retention time

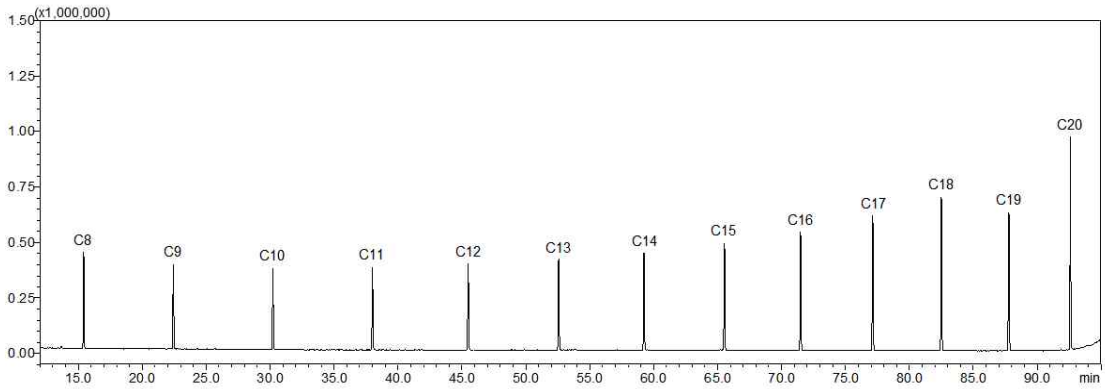


Fig. 4. GC-MS total ion chromatogram of *n*-alkane standard mixture(C_8 ~ C_{20})

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 휘발성 향기성분의 동정

GC-MS에 의해 분리된 휘발성 향기성분은 Total ionization chromatogram(TIC) 각 peak의 mass spectrum library software(NIST 14, WILEY 7, FFNSC 2.0)와 mass spectral data book(Stephen, Abrahamson & Mclafferty, 1974)과의 일치 및 문헌상의 RI(The Sadtler standard gas chromatography retention index library, 1986)와 비교를 통해 동정하였다.

2. 휘발성 향기성분의 정량

동정된 휘발성 향기성분의 정량분석은 내부표준물질로 첨가한 *n*-butylbenzene과 동정된 각 화합물의 peak area의 비율을 이용하여 함유량을 계산하였다.

$$Componentcontent\ (mg/kg\ \ of\ \ samples) = \frac{C \times 1000}{A \times B}$$

A : 각 sample에서 *n*-butylbenzene의 peak area

B : 시료의 양(g)

C : 각 sample에서 각 화합물의 peak area

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 쑥부쟁이의 휘발성 향기성분

1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분

SDE추출법을 통해 확인된 쑥부쟁이의 휘발성 향기성분은 총 117종으로 함량은 2,199.49 mg/kg으로 확인되었다. 쑥부쟁이에서 확인된 휘발성 화합물의 관능기별 결과는 hydrocarbon류 48종, alcohol류 28종, aldehyde류 20종, ketone류 8종, oxide류 8종, ester류 4종 및 miscellane류 2종이 확인되었다. 관능기 종류에 따른 peak area는 hydrocarbon류가 40.68%로 가장 높았으며, alcohol류가 23.73%, aldehyde류가 16.95%, ketone류가 6.78%, oxide류가 6.78%, ester류가 3.39% 및 miscellane류 1.69% 순으로 확인되었다.

쑥부쟁이에서 가장 높은 함량으로 확인된 휘발성 향기성분은 germacrene B로 상대적 peak area는 14.25%이며, 함량은 313.45 mg/kg으로 분석되었다. Germacrene B는 woody하고 spicy한 특성으로 라임 껍질 오일의 성분 중 하나로 확인된 바 있다(Clark, Chamblee & Lacobucci, 1987). 쑥부쟁이에 germacrene B 이외에 다량 확인된 성분은 germacrene D 13.35%(293.79 mg/kg), α-caryophyllene 10.70%(235.34 mg/kg), perilla ketone 9.55%(210.08 mg/kg), (E)-β-caryophyllene 6.36%(140.03 mg/kg), neophytadiene 5.25%(115.52 mg/kg), (E)-2-hexenal 4.01%(88.17 mg/kg), β-elemene 3.12%(68.66 mg/kg), bicyclosesquiphellandren 2.85%(62.70 mg/kg), α-zingiberene 2.01%(44.30 mg/kg) 및 (E)-β-farnesene 2.00%(44.10 mg/kg) 등으로 확인되었다.

쑥부쟁이에서 확인된 terpenoid류는 79종으로 전체의 66.95%를 차지하였으며, 함량은 1,847.58 mg/kg이었다. Monoterpene hydrocarbon류가 7.59%(4.50 mg/kg), oxygenated monoterpene류가 26.58%(266.40 mg/kg), sesquiterpene hydrocarbon류가 49.37%(1,441.23 mg/kg) 및 oxygenated sesquiterpene류가 16.46%(135.45 mg/kg)를 차

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

지하였다. 쑥부쟁이에서 확인된 monoterpene(C_{10}) hydrocarbon류는 β-pinene, α-pinene, β-myrcene, limonene, γ-terpinene 및 α-terpinene이 동정되었으며 각각의 함량은 1.73 mg/kg, 0.94 mg/kg, 0.89 mg/kg, 0.59 mg/kg, 0.22 mg/kg 및 0.13 mg/kg이었다. β-pinene은 α-pinene과 형태적 구조 이성질체로 pine oil에 다량으로 존재하는 반면 매우 적은 양으로 존재한다고 알려져 있다(Al-Saidan et al., 2004).

Limonene은 무색투명한 천연 화합물로 방향성을 가지는 비극성 분자이며 대표적인 monoterpene류 중 하나로 d-limonene 및 l-limonene 두 가지의 이성질체가 존재한다. D-형의 경우 상쾌한 향이 특징으로 인체에 대한 무독성 때문에 향수, 비누, 방향제 등 화장품과 식품산업에 널리 사용되고 있다(Park, Ko & Kim, 2015). 또한 limonene은 유방, 피부, 간 및 폐의 암세포에서 발암 시작 단계와 촉진 단계 모두에서 항암 효과를 입증한 바 있다(Crowell et al., 1994). Oxygenated monoterpene류로 확인된 화합물로는 perilla ketone, linalool, lavandulol, α-thujone, α-terpineol, eugenol, borneol, (E)-carvone, (E)-nerol, perilla aldehyde, terpinen-4-ol, β-cyclocitral, (Z)-2,3-pinanediol 및 (Z)-geraniol 등이다. 각각의 peak area는 9.55%(210.08 mg/kg), 0.81%(17.80 mg/kg), 0.29%(6.39 mg/kg), 0.21%(4.58 mg/kg), 0.19%(4.21 mg/kg), 0.18%(4.06 mg/kg), 0.18%(3.96 mg/kg), 0.15%(3.22 mg/kg), 0.14%(3.11 mg/kg), 0.09%(1.98 mg/kg), 0.07%(1.62 mg/kg), 0.07 %(1.44 mg/kg), 0.05%(1.19 mg/kg) 및 0.04%(0.85 mg/kg)로 확인되었다. 쑥부쟁이에서 확인된 oxygenated sesquiterpene류는 humulene epoxide Ⅱ, caryophyllene oxide, isolongifolol, spathulenol, valerenol, germacrene D-4-ol, (E)-nerolidol, α-cadinol, α-muurolene 및 gossonorol 등으로 확인되었다. 각각의 peak area는 1.41%(31.06 mg/kg), 0.96%(21.21 mg/kg), 0.90%(19.76 mg/kg), 0.61%(13.43 mg/kg), 0.55%(12.15 mg/kg), 0.54%(11.88 mg/kg), 0.46%(10.05 mg/kg), 0.21%(4.66 mg/kg), 0.20%(4.29 mg/kg) 및 0.16%(3.57 mg/kg)로 확인되었다. Humulene epoxide는 야생 생강에서 처음 확인되었으며, humulene의 산화형태이다. Ⅰ,Ⅱ 및 Ⅲ형이 존재하며, m-chloroperbenzoic acid와 함께 산화되어 알려진 5개의 diepoxides (A-E) 링의 위치를 결정한다. Ⅰ형의 경우 A, B, C로 지정된 3개의 diepoxides를 주며, A와 B는 monoepoxides Ⅰ,Ⅱ 의 위치에 epoxide 링이 있는 것으로 알려져 있다(Peacock & Deinzer, 1989).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가장 많이 확인된 terpene류인 sesquiterpene hydrocarbon류는 총 39종이며, 함량은 총 1,441.23 mg/kg으로 확인되었다. Germacrene B가 14.25%(313.45 mg/kg)로 가장 높은 함량이 확인되었으며, germacrene D, α-caryophyllene, (E)-β-caryophyllene, β-elemene, bicyclosesquiphellandrene, α-zingiberene, (E)-β-farnesene, γ-elemene, (E)-γ-bisabolene, β-cubebene 순으로 확인되었다. 각각의 peak area는 13.35%(293.79 mg/kg), 10.70%(235.34 mg/kg), 6.36%(140.03 mg/kg), 3.12%(68.66 mg/kg), 2.85%(62.70 mg/kg), 2.01%(44.30 mg/kg), 2.00%(44.10 mg/kg), 1.82%(40.01 mg/kg), 1.43%(31.48 mg/kg) 및 1.05%(23.02 mg/kg)이었다. Bicyclosesquiphellandrene은 *Melanthera scandens Roberty* 정유의 휘발성 향기성분에서 19.40%로 가장 높은 함량을 확인한 바 있다(Florence et al., 2011). α-zingiberene은 생강 오일의 주요 휘발성 향기성분으로 생강 민들레로부터 이름이 유래되었으며, Singh의(2008) 생강 휘발성 향기성분 연구에서 9.30%의 함량으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분

쑥부쟁이에서 분리 동정된 휘발성 향기성분은 총 53종이며, 함량은 641.60 mg/kg으로 확인되었다. 휘발성 화합물의 관능기별 분류는 hydrocarbon류가 33종으로 다수를 이루었으며, 그 다음으로 alcohol류 8종, aldehyde류 5종, ketone류 4종, oxide류 2종 및 miscellaneous 1종이 확인되었다. 함량(mg/kg)은 성분 개수와 동일하게 hydrocarbon류가 488.57 mg/kg으로 가장 많은 함량을 차지하였고 다음으로 oxide, aldehyde, alcohol, ketone, miscellane 화합물 순으로 58.35 mg/kg, 47.18 mg/kg, 42.65 mg/kg, 3.91 mg/kg, 0.94 mg/kg으로 확인되었다.

쑥부쟁이에서 높은 함량으로 확인된 휘발성 향기성분은 (E)-β-caryophyllene으로 상대적 peak area는 16.88%이며, 함량은 108.28 mg/kg으로 분석되었다. (E)-β-caryophyllene($C_{15}H_{24}$)은 sesquiterpene hydrocarbon류로 식물에 많이 존재하며, 클로브 오일, 계피 잎, 코파이바 발삼 등의 주요 휘발성 향기성분이다. Musty, green, spicy, woody, terpeny, fruity 및 sweet한 특성을 가지며 항염증, 항산화 및 종양세포 억제효과 등이 알려져 있다(Reddy, 2015). 본 연구에서는 α형, cis, trans형의 β-caryophyllene과 caryophyllene oxide가 확인되었으며, Choi(2018)의 쑥부쟁이 정유의 휘발성 향기성분에서도 caryophyllene alcohol과 더불어 확인되었다.

(E)-β-caryophyllene 이외에 다량으로 확인된 성분은 bicyclosesquiphellandrene 9.22%(59.15 mg/kg), dihydroacetinolide 6.70%(43.01 mg/kg), α-caryophyllene 6.09%(39.07 mg/kg), δ-cadinene 5.81%(37.27 mg/kg), (E)-β-ionone 5.47%(35.07 mg/kg) 및 neophytadiene 5.41%(34.74 mg/kg) 등으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

쑥부쟁이에서 확인된 terpene류는 41종으로 전체의 77.36%(519.53 mg/kg)를 차지하였으며, sesquiterpene hydrocarbon류가 26종 63.41%(443.47 mg/kg), oxygenated monoterpene류가 9종 21.95%(8.67 mg/kg), oxygenated monoterpene류가 5종 12.20%(60.79 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류가 1종 2.44%(6.60 mg/kg)의 순으로 확인되었다. 쑥부쟁이에서 확인된 monoterpene hydrocarbon류는 1종으로 decane이 확인되었으며, 함량은 6.60 mg/kg(1.03%)으로 비교적 낮은 함량이 확인되었다. Oxygenated monoterpene류는 9종이며, 함량은 8.66 mg/kg으로 확인되었으며, 동정된 화합물로는 eugenol(1.96 mgkg), 3,5-octadien-2-one(1.77 mg/kg), β-cyclocitral(1.52 mg/kg), (E)-carvone(1.15 mg/kg), α-thujone(0.61 mg/kg), lavandulol(0.60 mg/kg), (Z)-chrysanthenol(0.48 mg/kg), (Z)-2,3-pinanediol(0.32 mg/kg) 및 borneol(0.25 mg/kg)이 확인되었다. β-cyclocitral은 sweet, mild, green, grassy, floral 및 hay한 특성으로 광합성을 통해 산소를 만드는 *Cyanobacteria*의 성분으로 확인된 바 있다(Jüttner, 1976). α-thujone은 mentholic, cedarleaf의 특성을 가지며 로즈마리의 휘발성 향기성분에서도 확인된 바 있다. (Z)-chrysanthenol은 α-thujone과 함께 쑥부쟁이와 같은 국화과인 산국 정유의 휘발성 향기성분에서도 확인된 바 있으며, 문헌에 보고된 국화과 식물의 정유성분과 비교했을 때 함유비율이 높은 것으로 확인되었다(Hong, 2002). Lavandulol은 라벤더의 주된 향기성분으로 floral, herbal 및 lemon의 특성을 지니고 살균작용으로 가려움을 가라앉혀 주며, 분노를 억제하고 완화시켜준다고 알려져 향수제로 많이 쓰이고 있다(Kim et al., 2014). Borneol은 *Chrysanthemum*속 및 *Artemisia*속 정유의 대표적인 휘발성 향기성분으로 항생제 내성균주 억제효과의 연구에서 국화과 식물의 주요 휘발성 향기성분으로 보고되었으며, 천연 장뇌유로부터 제조되어 *d*-가 일반적이었으나 최근 합성 장뇌의 환원으로 제조되고 있어 *dl*-체가 주를 이루고 있다. 또한, 약한 장뇌의 향기를 가지고 청량함이 특징으로 입욕제, 파스, 소독살균제 및 화장품 등의 원료로 쓰이고 있다(印藤, 2005).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Sesquiterpene hydrocarbon류는 26종으로 443.47 mg/kg의 가장 높은 함량으로 확인되었으며, 동정된 화합물로는 δ-cadinene, γ-elemene, γ-cadinene, γ-muurolene, γ-amorphene, β-copaene, α-cubebene, α-farnesene, β-elemene 및 germacrene B 등이 동정되었다. δ-cadinene은 'Cade juniper'의 이름에서 유래되었으며, α-, β-, γ-, δ-형의 이성질체로 생강, 삼나무 및 솔잎 등 다양한 식물의 정유에서 발견된다. Copaene은 α- 및 β-형 두가지의 이성질체로 존재하며, *Copaifera langsdorfii*에서 처음 분리 동정되었고 α-copaene은 고등 식물에서 가장 흔히 발견된다. 또한 사람의 체외 림프구 배양균에서 항산화 능력을 증가시키고 유전독성이 없는 것으로 확인되었다(Türkez, Çelik & Toğar, 2014). Elemene은 다양한 식물에서 발견되는 천연 화합물로 α-, β-, γ- 및 δ-형이 존재하고 식물의 꽃 향기와 일부 곤충의 페로몬에서 확인된 바 있으며, 항염, 항암제 및 백혈병 치료제로도 사용된다(Zhu et al., 2011). Cubebene은 α-, β-형이 존재하고 *Piper cubeba*의 열매에서 처음 분리되었으며, mild, waxy 및 woody한 특성을 가진다. 또한, 감꽃 정유의 대표적인 휘발성 향기성분으로 알려져 있으며, 비누, 향수 등에 사용되고 이뇨, 거담, 건위, 및 요도 살균약 등 의약품으로 사용되기도 한다. Oxygenated sesquiterpene류는 총 5종으로 60.79 mg/kg의 함량으로 확인되었으며, 동정된 화합물은 (E)-nerolidol, spathulenol, caryophyllene oxide, salvial-4(14)-en-1-one 및 isolongifolol이 확인되었다. 각각의 함량은 0.59 mg/kg, 24.18 mg/kg, 15.33 mg/kg, 6.42 mg/kg 및 14.27 mg/kg이다. Nerolidol은 자연의 많은 식물과 꽃의 에센셜 오일에서 많이 확인되며, cis 및 trans형의 두 가지 이성질체가 존재한다. 생강, 쟈스민, 라벤더, 티트리 및 레몬그라스의 대표적인 휘발성 향기성분으로 알려져 있으며 비누, 향수 등 화장품의 향료로 많이 사용되고 항산화, 항암 및 항균 작용의 생리적 기능이 연구된 바 있다(Chan et al., 2016). Spathulenol은 bicyclogermacreme이 공기 중에서 산화되어 생성되며 처음 유칼립투스의 에테르 추출물에서 보고된 이래 다양한 식물에 함유된 것으로 확인되고 있고 biter herbal flavor 및 earthy-aromatic odor의 특성으로 항염, 항균의 효과를 가진다(Nascimento et al., 2018).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교

쑥부쟁이의 휘발성 향기성분을 SDE 및 SPME법에 따라 추출하여 GC-MS로 분석한 결과 total ion chromatogram(TIC)는 Fig. 5에 나타내었고, 향기성분의 조성과 함량은 Table 4에 나타내었다. SDE법에서 확인된 휘발성 향기성분은 총 117종으로 함량은 2,199.49 mg/kg이었으며, SPME법에서는 53종으로 함량은 641.60 mg/kg으로 동정되었다. 동정된 화합물의 조성과 함량에 대한 유의적인 차이가 있었다. 관능기별로 비교해보았을 때 SDE추출법에서의 peak area는 hydrocarbon (40.68%) > alcohol (23.73%) > aldehyde (16.95%) > ketone (6.78%) > ester (3.39%) > miscellane (1.69%)의 패턴을 보였으며, SPME추출법에서는 hydrocarbon (62.26%) > alcohol (15.09%) > aldehyde (9.43%) > ketone (7.55%) > oxide (3.77%) > miscellane (1.89%) 순으로 확인되었다. 쑥부쟁이의 휘발성 주요 향기성분은 terpenoid류로 SDE법에서의 peak area는 66.95%, SPME법에서는 77.36%로 나타났다. SDE법에서 가장 높게 확인된 terpenoid류는 sesquiterpene hydrocarbon류가 49.37%(1,441.23 mg/kg)로 가장 높게 확인되었으며, 다음으로 oxygenated monoterpene류 26.58%(266.40 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 16.46%(135.45 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 7.59%(4.50 mg/kg) 순으로 확인되었다. SPME법에서 또한 sesquiterpene hydrocarbon류가 63.42%(443.49 mg/kg)로 가장 높게 동정되었으며, oxygenated monoterpene류 21.95%(8.67 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 12.20%(60.79 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 2.44%(6.60 mg/kg) 순으로 나타났다. SDE 및 SPME법에서 공통으로 확인된 주요 휘발성 향기성분은 germacrene B, germacrene D, α-caryophyllene, β-caryophyllene, neophytadiene, β-elemene, bicyclosesquiphellandrene, γ-elemene, caryophyllene oxide, δ-cadinene, isolongifolol, (E)-β-ionene, α-farnesene, spathulenol, (E)-nerolidol, γ-muurolene, α-amorphene, γ-amorphene 및 dihydroacetinolide 등이 확인되었다. SDE추출법에서만 확인된 화합물로는 bicyclosesquiphellandrene(2.85%), α-zingiberene(2.01%), (E)-β-farnesene(2.00%), (E)-γ-bisabolene(1.43%), humulene

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

epoxide Ⅱ(1.41%), isolongifolol(0.90%), valerenol(0.55%), germacrene D-4-ol(0.54%), valencene(0.50%), dihydroacetinolide(0.37%), lavandulol(0.29%), δ-amorphene(0.22%), daucene(0.21%), α-thujone(0.21%), elemicin(0.14%), (E)-nerol(0.14%) 및 (E)-2-pentenal(0.10%)의 peak area순으로 확인되었다. SPME추출을 통해 쑥부쟁이에서만 확인된 화합물은 bicyclosesquiphellandrene(9.22%), dihydroacetinolide(6.70%), caryophyllene oxide(2.39%), isolongifolol(2.22%), 3,5-octadien-2-one(0.28%), 1-dodecene(0.27%), germacrene B(0.16%), elemicin(0.15%), β-elemene(0.14%), α-thujone(0.10%), lavandulol(0.09%), isogermacrene D(0.09%), (E)-nerolidol(0.09%), (Z)-2,3-pinanediol(0.05%) 및 5-methylundecane(0.04%) 등으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

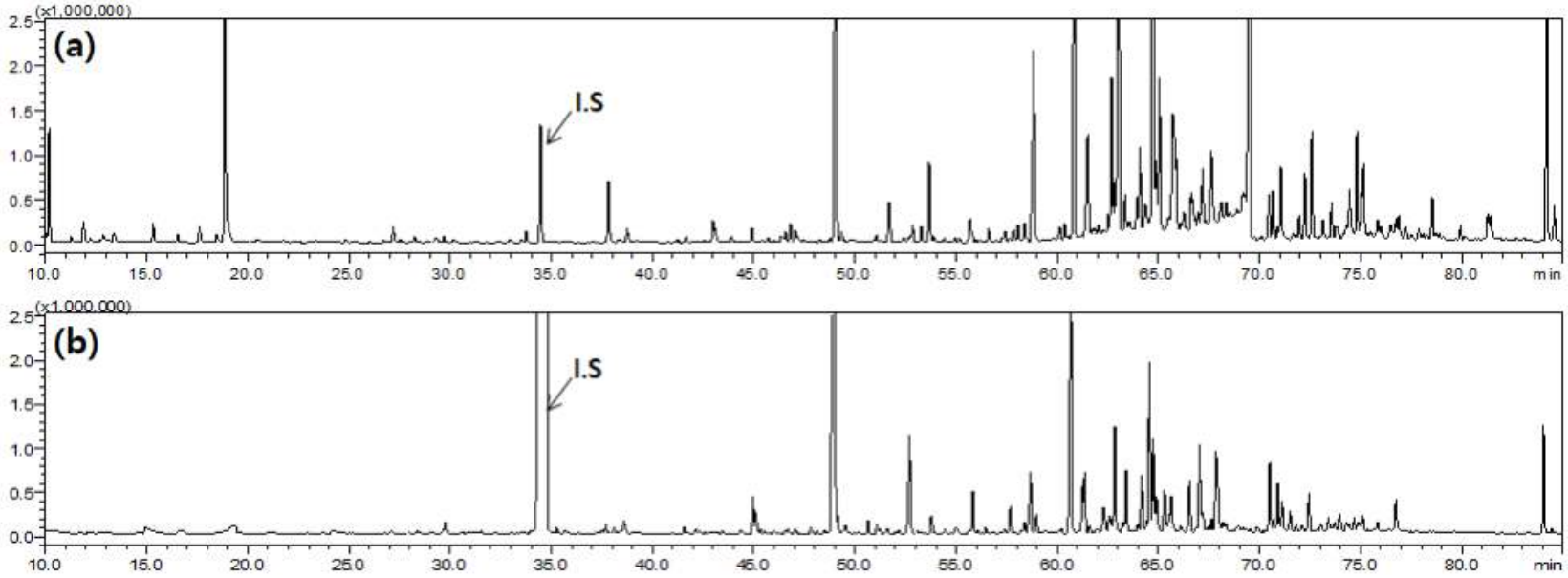


Fig. 5. GC-MS chromatogram of *Aster yomena* (kitam). Honda (a) SDE and (b) SPME

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Volatile organic compounds identified in the *Aster yomena* (kitam). Honda by two extraction methods (SDE and SPME)

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster yomena* (kitam). Honda			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
1	10.18	729	2-Ethylfuran	96	C_6H_8O	28.60 ± 0.45	1.30 ± 0.02	-	-
2	11.87	753	2-Methylbutan-1-ol	88	$C_5H_{12}O$	6.38 ± 0.10	0.29 ± 0.00	-	-
3	12.20	758	(*E*)-2-Methyl-2-butenal	84	C_5H_8O	1.17 ± 0.02	0.05 ± 0.00	-	-
4	12.85	767	(*E*)-2-Pentenal	84	C_5H_8O	2.14 ± 0.03	0.10 ± 0.00	-	-
5	15.30	802	Hexanal	100	$C_6H_{12}O$	5.38 ± 0.08	0.24 ± 0.00	-	-
6	17.48	834	2,3-Heptanedione	128	$C_7H_{12}O_2$	0.08 ± 0.00	0.00 ± 0.00	-	-
7	17.63	836	Furfural	96	$C_5H_4O_2$	5.20 ± 0.08	0.24 ± 0.00	-	-
8	18.85	853	(*E*)-2-Hexenal	98	$C_6H_{10}O$	88.17 ± 1.39	4.01 ± 0.06	-	-
9	23.03	912	Methional	104	C_4H_8OS	0.40 ± 0.01	0.02 ± 0.00	-	-
10	23.33	916	Sorbic aldehyde	96	C_6H_8O	1.00 ± 0.02	0.05 ± 0.00	-	-
11	27.17	965	Benzaldehyde	106	C_7H_6O	4.85 ± 0.08	0.22 ± 0.00	1.65 ± 0.03	0.26 ± 0.00
12	27.53	970	5-Methylfurfural	110	$C_6H_6O_2$	0.94 ± 0.01	0.04 ± 0.00	-	-
13	28.24	979	*β*-Pinene	136	$C_{10}H_{16}$	1.73 ± 0.03	0.08 ± 0.00	-	-
14	28.44	982	3-Octenol	128	$C_8H_{16}O$	0.19 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
15	28.88	988	2-Methyl-3-octanone	142	$C_9H_{18}O$	0.15 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
16	29.16	991	Sulcatone	126	$C_8H_{14}O$	0.07 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.38 ± 0.01	0.06 ± 0.00
17	29.38	994	2-Pentylfuran	138	$C_9H_{14}O$	0.65 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
18	29.97	995	*β*-Myrcene	136	$C_{10}H_{16}$	0.89 ± 0.01	0.04 ± 0.00	-	-
19	29.99	1000	Decane	142	$C_{10}H_{22}$	0.13 ± 0.00	0.01 ± 0.00	6.60 ± 0.10	1.03 ± 0.02
20	30.18	1005	(*E*)-2-(2-Pentenyl)-furan	136	$C_9H_{12}O$	1.18 ± 0.02	0.05 ± 0.00	-	-
21	31.07	1010	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	110	$C_7H_{10}O$	0.29 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
22	31.33	1019	*α*-Terpinene	136	$C_{10}H_{16}$	0.13 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
23	32.32	1032	Limonene	136	$C_{10}H_{16}$	0.59 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster yomena* (kitam). Honda			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
24	33.73	1050	Phenylacetaldehyde	120	C_8H_8O	2.99 ± 0.05	0.14 ± 0.00	-	-
IS[5)]	34.46	1059	*n*-Butylbenzene	134	$C_{10}H_{14}$	-	-	-	-
25	34.66	1062	γ-Terpinene	136	$C_{10}H_{16}$	0.22 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
26	35.15	1068	(*E*)-2-Octen-1-ol	128	$C_8H_{16}O$	0.46 ± 0.01	0.02 ± 0.00	-	-
27	37.02	1090	3,5-Octadien-2-one	152	$C_{10}H_{16}O$	0.22 ± 0.00	0.01 ± 0.00	1.77 ± 0.03	0.28 ± 0.00
28	37.83	1102	Linalool	154	$C_{10}H_{18}O$	17.80 ± 0.28	0.81 ± 0.01	-	-
29	38.21	1107	Nonanal	142	$C_9H_{18}O$	1.30 ± 0.02	0.06 ± 0.00	2.52 ± 0.04	0.39 ± 0.01
30	38.74	1115	α-Thujone	152	$C_{10}H_{16}O$	4.58 ± 0.07	0.21 ± 0.00	0.61 ± 0.01	0.10 ± 0.00
31	39.21	1121	2-Phenylethanol	122	$C_8H_{10}O$	0.48 ± 0.01	0.02 ± 0.00	-	-
32	39.60	1126	(*Z*)-2-Menthenol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.32 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-	-
33	41.10	1146	(*Z*)-Verbenol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.21 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
34	41.25	1148	2-Phenylacetonitrile	117	C_8H_7N	0.66 ± 0.01	0.03 ± 0.03	-	-
35	41.47	1151	Camphor	152	$C_{10}H_{16}O$	0.21 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
36	41.68	1156	5-Methylundecane	170	$C_{12}H_{26}$	1.46 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.26 ± 0.00	0.04 ± 0.00
37	42.08	1159	(*E,Z*)-2,6-Nonadienal	138	$C_9H_{14}O$	0.23 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
38	42.33	1163	(*Z*)-Chrysanthenol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.43 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.48 ± 0.01	0.07 ± 0.00
39	42.53	1165	(*E*)-2-Nonenal	140	$C_9H_{16}O$	0.56 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
40	42.99	1172	Lavandulol	154	$C_{10}H_{18}O$	6.39 ± 0.10	0.29 ± 0.00	0.60 ± 0.01	0.09 ± 0.00
41	43.08	1173	Borneol	154	$C_{10}H_{18}O$	3.96 ± 0.06	0.18 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.04 ± 0.00
42	43.89	1184	4-Terpineol	154	$C_{10}H_{18}O$	1.62 ± 0.03	0.07 ± 0.00	-	-
43	44.58	1193	1-Dodecene	168	$C_{12}H_{24}$	0.43 ± 0.01	0.02 ± 0.00	01.74 ± 0.03	0.27 ± 0.00
44	44.92	1197	α-Terpineol	154	$C_{10}H_{18}O$	4.21 ± 0.07	0.19 ± 0.00	-	-
45	46.01	1211	2,4-Dimethylundecane	184	$C_{13}H_{28}$	0.71 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.04 ± 0.00
46	46.36	1214	2,6-Dimethylundecane	184	$C_{13}H_{28}$	2.76 ± 0.04	0.13 ± 0.00	1.37 ± 0.02	0.21 ± 0.00
47	46.79	1224	Coumaran	120	C_8H_8O	5.28 ± 0.08	0.24 ± 0.00	-	-
48	47.19	1229	β-Cyclocitral	152	$C_{10}H_{16}O$	1.44 ± 0.02	0.07 ± 0.00	1.52 ± 0.02	0.24 ± 0.00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster yomena* (kitam). Honda			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
49	47.48	1233	(*Z*)-Geraniol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.85 ± 0.01	0.04 ± 0.00	-	-
50	47.58	1234	(*Z*)-Carvone	150	$C_{10}H_{14}O$	3.22 ± 0.05	0.15 ± 0.00	1.15 ± 0.02	0.18 ± 0.00
51	49.05	1255	Perilla ketone	166	$C_{10}H_{14}O_2$	210.08 ± 3.32	9.55 ± 0.15	-	-
52	49.33	1259	(*E*)-Nerol	154	$C_{10}H_{18}O$	3.11 ± 0.05	0.14 ± 0.00	-	-
53	49.85	1267	(*Z*)-Chrysanthenyl acetate	194	$C_{12}H_{18}O_2$	0.41 ± 0.01	0.02 ± 0.00	-	-
54	49.97	1268	(*E*)-Myrtanol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.37 ± 0.01	0.02 ± 0.00	-	-
55	51.07	1284	Perilla aldehyde	150	$C_{10}H_{14}O$	1.98 ± 0.03	0.09 ± 0.00	-	-
56	51.68	1293	Isobornyl acetate	196	$C_{12}H_{20}O_2$	15.54 ± 0.25	0.71 ± 0.01	-	-
57	52.13	1297	*α*-Methylnaphtanlene	142	$C_{11}H_{10}$	0.25 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.02 ± 0.00
58	53.28	1316	(*E*)-Carveyl acetate	194	$C_{12}H_{18}O_2$	4.69 ± 0.07	0.21 ± 0.00	-	-
59	53.68	1322	4-Vinylguaiacol	150	$C_9H_{10}O_2$	23.40 ± 0.37	1.06 ± 0.02	-	-
60	53.90	1326	(*Z*)-2,3-Pinanediol	170	$C_{10}H_{18}O_2$	1.19 ± 0.02	0.05 ± 0.00	0.32 ± 0.01	0.05 ± 0.00
61	54.43	1334	Silphiperfol-5-ene	204	$C_{15}H_{24}$	1.04 ± 0.02	0.05 ± 0.00	-	-
62	54.93	1341	Presilphiperfol-7-ene	204	$C_{15}H_{24}$	1.38 ± 0.02	0.06 ± 0.00	-	-
63	55.17	1345	*δ*-Eiemene	204	$C_{15}H_{24}$	1.28 ± 0.02	0.06 ± 0.00	-	-
64	55.99	1357	*α*-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	0.64 ± 0.01	0.03 ± 0.00	14.14 ± 0.22	2.20 ± 0.03
65	56.21	1360	*α*-Longipinene	204	$C_{15}H_{24}$	0.72 ± 0.01	0.03 ± 0.00	1.12 ± 0.02	0.17 ± 0.00
66	56.62	1366	Eugenol	164	$C_{10}H_{12}O_2$	4.06 ± 0.01	0.18 ± 0.00	1.96 ± 0.03	0.31 ± 0.00
67	57.53	1380	*α*-Yalangene	204	$C_{15}H_{24}$	3.26 ± 0.05	0.15 ± 0.00	9.55 ± 0.15	1.49 ± 0.02
68	57.85	1385	*α*-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	2.80 ± 0.04	0.13 ± 0.00	3.98 ± 0.06	0.62 ± 0.01
69	58.07	1388	Daucene	204	$C_{15}H_{24}$	4.61 ± 0.07	0.21 ± 0.00	-	-
70	58.75	1398	*β*-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	23.02 ± 0.36	1.05 ± 0.02	-	-
71	58.83	1400	*β*-Elemene	204	$C_{15}H_{24}$	68.66 ± 1.08	3.12 ± 0.05	0.89 ± 0.01	0.14 ± 0.00
72	59.83	1416	(*Z*)-*β*-Caryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	0.55 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.18 ± 0.00	0.03 ± 0.00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster yomena* (kitam). Honda			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
73	60.36	1424	β-Ylangene	204	$C_{15}H_{24}$	3.98 ± 0.06	0.18 ± 0.00	2.12 ± 0.03	0.33 ± 0.01
74	60.82	1431	β-Caryophellene	204	$C_{15}H_{24}$	140.03 ± 2.21	6.36 ± 0.10	108.28 ± 1.71	16.88 ± 0.27
75	61.20	1433	β-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	0.55 ± 0.01	0.02 ± 0.00	15.38 ± 0.24	2.40 ± 0.04
76	61.51	1442	γ-Elemene	204	$C_{15}H_{24}$	40.01 ± 0.63	1.82 ± 0.03	20.34 ± 0.32	3.17 ± 0.05
77	61.76	1446	Isogermacrene D	204	$C_{15}H_{24}$	1.47 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.60 ± 0.01	0.09 ± 0.00
78	62.32	1455	3,5-Cadinadiene	204	$C_{15}H_{24}$	1.01 ± 0.02	0.05 ± 0.00	12.34 ± 0.19	1.92 ± 0.03
79	62.69	1461	(*E*)-β-Farnesene	204	$C_{15}H_{24}$	44.10 ± 0.70	2.00 ± 0.03	-	-
80	62.85	1464	β-Sesquisabinene	204	$C_{15}H_{24}$	13.39 ± 0.21	0.61 ± 0.01	-	-
81	63.03	1466	α-Caryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	235.34 ± 3.72	10.70 ± 0.17	39.07 ± 0.62	6.09 ± 0.10
82	63.58	1475	(*Z*)-Muurola-4(15),5-diene	204	$C_{15}H_{24}$	2.77 ± 0.04	0.13 ± 0.00	22.01 ± 0.35	3.43 ± 0.05
83	64.34	1487	Valencene	204	$C_{15}H_{24}$	10.89 ± 0.17	0.50 ± 0.01	-	-
84	64.36	1488	γ-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	9.96 ± 0.16	0.45 ± 0.01	18.89 ± 0.30	2.94 ± 0.05
85	64.75	1490	Germacrene D	204	$C_{15}H_{24}$	293.79 ± 4.64	13.35 ± 0.21	0.24 ± 0.00	0.04 ± 0.00
86	64.78	1494	γ-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	8.64 ± 0.14	0.39 ± 0.01	17.80 ± 0.28	2.77 ± 0.04
87	64.89	1496	(*E*)-β-Ionone	192	$C_{13}H_{20}O$	17.65 ± 0.28	0.80 ± 0.01	35.07 ± 0.55	5.47 ± 0.09
88	65.06	1499	α-Zingiberene	204	$C_{15}H_{24}$	44.30 ± 0.70	2.01 ± 0.03	-	-
89	65.50	1506	γ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	4.59 ± 0.07	0.21 ± 0.00	19.59 ± 0.31	3.05 ± 0.05
90	65.71	1511	Bicyclosesquiphellandrene	204	$C_{15}H_{24}$	62.70 ± 0.99	2.85 ± 0.05	59.15 ± 0.93	9.22 ± 0.15
91	65.88	1512	α-Farnesene	204	$C_{15}H_{24}$	17.34 ± 0.27	0.79 ± 0.01	12.91 ± 0.20	2.01 ± 0.03
92	66.09	1513	α-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	4.29 ± 0.07	0.20 ± 0.00	21.47 ± 0.34	3.35 ± 0.05
93	66.11	1516	β-Bisabolene	204	$C_{15}H_{24}$	1.16 ± 0.02	0.05 ± 0.00	-	-
94	66.26	1518	δ-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	4.76 ± 0.08	0.22 ± 0.00	-	-
95	66.27	1519	(*Z*)-γ-Bisabolene	204	$C_{15}H_{24}$	10.70 ± 0.17	0.49 ± 0.01	-	-
96	66.70	1526	α-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	9.86 ± 0.16	0.45 ± 0.01	2.48 ± 0.04	0.39 ± 0.01
97	67.18	1534	δ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	19.87 ± 0.31	0.90 ± 0.01	37.27 ± 0.59	5.81 ± 0.09

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster yomena* (kitam). Honda			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
98	67.33	1537	(*E*)-*α*-Bisabolene	204	$C_{15}H_{24}$	1.46 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.00	0.01 ± 0.00
99	67.61	1541	(*E*)-*γ*-Bisabolene	204	$C_{15}H_{24}$	31.48 ± 0.50	1.43 ± 0.02	-	-
100	68.09	1550	Dihydroacetinolide	180	$C_{11}H_{16}O_2$	8.09 ± 0.13	0.37 ± 0.01	43.01 ± 0.68	6.70 ± 0.11
101	68.34	1554	*β*-Calacorene	200	$C_{15}H_{20}$	5.54 ± 0.09	0.25 ± 0.00	2.57 ± 0.04	0.40 ± 0.01
102	68.74	1560	Sesquirosefuran	204	$C_{15}H_{24}$	0.14 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
103	68.88	1563	Elemicin	208	$C_{12}H_{16}O_3$	3.14 ± 0.05	0.14 ± 0.00	0.94 ± 0.01	0.15 ± 0.00
104	69.28	1569	(*E*)-Nerolidol	222	$C_{15}H_{26}O$	10.05 ± 0.16	0.46 ± 0.01	0.59 ± 0.01	0.09 ± 0.00
105	69.45	1572	Germacrene B	204	$C_{15}H_{24}$	313.45 ± 4.95	14.25 ± 0.23	1.04 ± 0.02	0.16 ± 0.00
106	70.01	1582	Spathulenol	220	$C_{15}H_{24}O$	13.43 ± 0.21	0.61 ± 0.01	24.18 ± 0.38	3.77 ± 0.06
107	70.47	1589	Germacrene D-4-ol	222	$C_{15}H_{26}O$	11.88 ± 0.19	0.54 ± 0.01	-	-
108	71.06	1599	Caryophylleneoxide	220	$C_{15}H_{24}O$	21.21 ± 0.34	0.96 ± 0.02	15.33 ± 0.24	2.39 ± 0.04
109	71.68	1610	Salvial-4(14)-en-1-one	220	$C_{15}H_{24}O$	1.87 ± 0.03	0.09 ± 0.00	6.42 ± 0.10	1.00 ± 0.02
110	72.24	1620	Isolongifolol	222	$C_{15}H_{26}O$	19.76 ± 0.31	0.90 ± 0.01	14.27 ± 0.23	2.22 ± 0.04
111	72.59	1627	Humulene epoxide II	220	$C_{15}H_{24}O$	31.06 ± 0.49	1.41 ± 0.02	-	-
112	73.00	1634	Alloaromadendrene oxide	220	$C_{15}H_{24}O$	0.78 ± 0.01	0.04 ± 0.00	-	-
113	73.87	1649	Gossonorol	218	$C_{15}H_{22}O$	3.57 ± 0.06	0.16 ± 0.00	-	-
114	74.31	1657	*α*-Cadinol	222	$C_{15}H_{26}O$	4.66 ± 0.07	0.21 ± 0.00	-	-
115	78.54	1734	Valerenol	220	$C_{15}H_{24}O$	12.15 ± 0.19	0.55 ± 0.01	-	-
116	82.31	1802	14-OH-*δ*-Cadinene	220	$C_{15}H_{24}O$	0.73 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
117	84.20	1821	Neophytadiene	278	$C_{20}H_{38}$	115.52 ± 1.83	5.29 ± 0.08	34.74 ± 0.55	5.41 ± 0.09
Total						2199.49 ± 34.75	100.00	641.60 ± 10.14	100.00

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 개미취의 휘발성 향기성분

1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분

개미취의 휘발성 향기성분을 SDE 방법으로 추출하여 GC-MS로 확인한 결과 총 115종으로 함량은 1,101.42 mg/kg이었다. 휘발성 화합물의 관능기별 결과는 hydrocarbon류가 41종, alcohol과 aldehyde류가 27종, ketone류가 12종, oxide류가 5종, ester 및 miscellane류가 2종으로 확인되었다. 관능기별로 각각의 peak area는 hydrocarbon류가 35.34%로 가장 높았으며, alcohol과 aldehyde류가 23.28%, ketone류가 10.34%, oxide류가 4.31%, ester 및 miscellane류가 1.72% 순으로 나타났다.

개미취에서 가장 높은 함량으로 확인된 휘발성 향기성분은 γ-amorphene으로 상대적 peak area는 37.18%이며, 함량은 409.71 mg/kg으로 분석되었다. γ-amorphene은 *Mentha spicata*의 정유성분에서 0.21%로 확인된 바 있으며 치약, 방향제 및 방충제 성분의 향에 기여하는 것으로 알려져 있다(Moosavy, Esmaeili & Mostafavi, 2013).

개미취의 휘발성 향기성분에서 γ-amorphene 이외에 다량 확인된 성분은 neophytadiene, (E)-2-hexenal, bicyclogermacrene, β-caryophyllene, perilla ketone, 2-ethylfuran, (Z)-3-hexene-1-ol, phytone, γ-cadinene, khusinol 및 savial-4(14)-en-1-one으로 확인되었다. 각각의 peak area는 28.41%(313.03 mg/kg), 4.03%(44.43 mg/kg), 3.05%(33.65 mg/kg), 2.85%(25.14 mg/kg), 2.28%(25.14 mg/kg), 2.15%(23.70 mg/kg), 1.68%(18.48 mg/kg), 1.44%(15.37 mg/kg), 1.35%(14.84 mg/kg), 0.94%(10.40 mg/kg) 및 0.92%(10.17 mg/kg)로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

개미취의 휘발성 화합물 중 terpene류는 총 62종으로 전체 peak area의 53.91%로 666.40 mg/kg이 확인되었다. Sesquiterpene hydrocarbon류가 589.68 mg/kg으로 가장 높은 함량이었으며, oxygenated sesquiterpene류가 40.35 mg/kg, oxygenated monoterpene류가 33.71 mg/kg, monoterpene hydrocarbon류가 2.66 mg/kg의 함량으로 나타났다. 개미취에서 확인된 monoterpene hydrocarbon류는 β-myrcene, α-pinene, (E)-2-pentenylfuran 및 decane이었으며 각각의 peak area는 0.14%(1.49 mg/kg), 0.04%(0.47 mg/kg), 0.04%(0.44 mg/kg) 및 0.02%(0.25 mg/kg)이었다. 2-pentenylfuran은 trans형과 cis형의 두 이성질체로 존재하며, 대두유의 휘발성 향기성분으로 확인된 바 있다(Chang et al., 1983). Oxygenated monoterpene으로 perilla ketone이 2.28%(25.14 mg/kg)로 가장 높은 peak area를 나타냈으며, β-cyclocitral, dehydroelsholtzia ketone, eugenol, 2,2-dimethyl-3,4-octadienal, α-terpineol 및 safranal이 뒤를 이었다. 각각의 함량은 1.95 mg/kg, 1.87 mg/kg, 1.18 mg/kg, 0.97 mg/kg 및 0.89 mg/kg으로 확인되었다. Eugenol은 무색에서 엷은 노란색에 이르는 아로마 유액으로 정향의 주된 향기성분으로 알려져 있으며, 항염증, 항산화, 항균, 항알레르기 및 항암효과에 관해 보고된 바 있다(Leem et al., 2011). Safranal은 샤프란에서 분리된 유기 화합물로 *Crocus sativus*의 주된 향신료이며, 샤프란의 향기를 주로 담당하는 성분이다. 동물 실험에서 효과적인 항 경련제로 사용되고 있으며 GABA(γ-aminobutyric acid)$_A$ 수용체에서 높은 항산화 자유 라디칼 소거능과 함께 암세포에 독성을 가진다(Hosseinzadeh & Sadeghnia, 2005).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

개미취에서 확인된 oxygenated sesquiterpene류로 khusinol이 0.94%(10.40 mg/kg)으로 가장 높게 확인되었으며, salvial-4(14)-en-1-one, cubebol, cadin-4-en-10-ol, α-costol, epicubenol, viridiflorol 및 14-OH-δ-cadinene 등이 확인되었다. 각각의 peak area는 0.92%(10.17 mg/kg), 0.68%(7.49 mg/kg), 0.32%(3.48 mg/kg), 0.20%(2.19 mg/kg), 0.16%(1.76 mg/kg), 0.10%(1.13 mg/kg) 및 0.10%(1.05 mg/kg)순으로 확인되었다. Khusinol은 인도 식물인 *Vetiveria zizaniodes*, L. 뿌리의 휘발성 향기성분으로 동정된 바 있으며, sweet, woody, musty등의 특성으로 향료, 시럽, 화장품 및 비누 등에 사용된다(Rao et al., 1963). Costol은 *Costus*속 뿌리 오일의 성분으로 확인된 alcohol로 *Zingiber*과 비슷한 성향을 가진다(Bawdekar, Kelkar & Bhattacharyya., 1967). Epicubenol은 sesquiterpene alcohol로 Cadinane속에 속하는 화합물이며, 항진정성의 효과를 나타내고 cubeb oil뿐 아니라 다른 식물의 추출물에서도 동정된 바 있다(Cane & Tandon, 1995). Sesquiterpene hydrocarbon류는 γ-amorphene, bicyclogermacrene, β-caryophellene, γ-cadinene, β-sesquisabinene, δ-cadinene 및 β-cubebene 등이 확인되었다. 각각의 peak area는 37.18%(409.71 mg/kg), 3.05%(33.65 mg/kg), 2.85%(31.39 mg/kg), 1.35%(14.84 mg/kg), 0.75%(8.27 mg/kg), 0.67%(7.40 mg/kg) 및 0.56%(6.14 mg/kg)로 확인되었다. Bicyclogermacrene은 몇 가지 에센셜 오일에서 발견되는 대표적인 sesquiterpene류로 ledene, viridiflorol, palestrol 및 spathulenol과 함께 발견된다. 또한 meroterpenoid류 중 psiguadial A, C 및 D 합성에 있어 terpene 성분으로 함께 나타난다(Tran & cramer, 2014). β-sesquisabinene은 국화과 식물 중 하나인 *Centratherum punctatum* 잎의 정유 성분에서도 5.30%로 확인된 바 있다(Ogunwande, Olawore & Usman, 2005).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분

SPME법에 의해 확인된 개미취의 휘발성 향기성분은 총 57종이며, 함량은 332.83 mg/kg으로 확인되었다. 개미취에서 확인된 휘발성 향기성분은 hydrocarbon류가 31종(54.39%)으로 가장 높은 peak area로 확인되었으며, 그 다음으로는 aldehyde류가 12종(21.05%), alcohol류가 7종(12.28%), ketone류가 5종(8.77%), oxide류가 1종(1.75%) 및 miscellane류가 1종(1.75%)이 확인되었다. 각각의 함량은 176.8 mg/kg, 39.96 mg/kg, 81.45 mg/kg, 28.26 mg/kg, 0.82 mg/kg 및 5.53 mg/kg이다.

SPME법을 통해 확인된 개미취의 주요 휘발성 향기성분은 spathulenol, (E)-β-ionone, β-caryophyllene, α-caryophyllene, germacrene D, neophytadiene, salvial-4(14)-en-1-one, (Z)-muurola-4(15),5-diene 및 geranyl acetone등으로 확인되었으며, Spathulenol은 20.21%(67.28 mg/kg)의 peak area로 개미취에서 가장 높게 확인되었으며, 각각 25.44 mg/kg, 22.27 mg/kg, 21.70 mg/kg, 21.11 mg/kg, 18.78 mg/kg, 10.80 mg/kg, 9.85 mg/kg 및 9.66 mg/kg 순으로 확인되었다. 또한, Choi(Choi, 2012)의 개미취 정유의 휘발성 향기성분의 분석에서도 상대적으로 spathulenol의 함량이 가장 높음을 확인하였다. Ionone은 rose ketone 화합물과 밀접한 관련이 있으며, damascone과 damascenone도 포함한다. α-ionone과 β-ionone은 제비꽃 향기의 특징이며 향료와 향미의 원료로 사용되고 특히 β-ionone은 상대적으로 농도가 낮음에도 불구하고 장미꽃의 정유를 포함한 다양한 에센셜 오일에서 확인되는 아로마 화합물이다(Leffingwell, 2005). Carotene, α-carotene, β-carotene, ɣ-carotene, xanthophyll, β-cryxanthin 등은 모두 β-ionone으로 대사될 수 있으며, 초식동물의 대사에 의해 retinol과 retinal로 변환될 수 있어 비타민 A 활성이 가능하나, β-ionone으로 대사될 수 없는 carotenoid는 retinol로 변환될 수 없어 비타민 A의 활성이 없다(Eslava, Alvarez & Cerda-olmedo, 1974)(Fig. 6). Germacrene D는 sesquiterpene으로 A-E가 보고되고 있는데, A와 D가 가장 많이 존재하고 향균작용을 지니는 것으로 알려져 있다. Setzer(2008)의 연구에서 germacrene D가 식물에서 수많은 sesquiterpenoid 화합물의 기반을 제공하는 생합성 전구체임을 확인하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

또한 germacrene D가 산소 촉매하에서 cadinane, amorphane 및 muurolane으로 전환되는 것을 확인하였다.

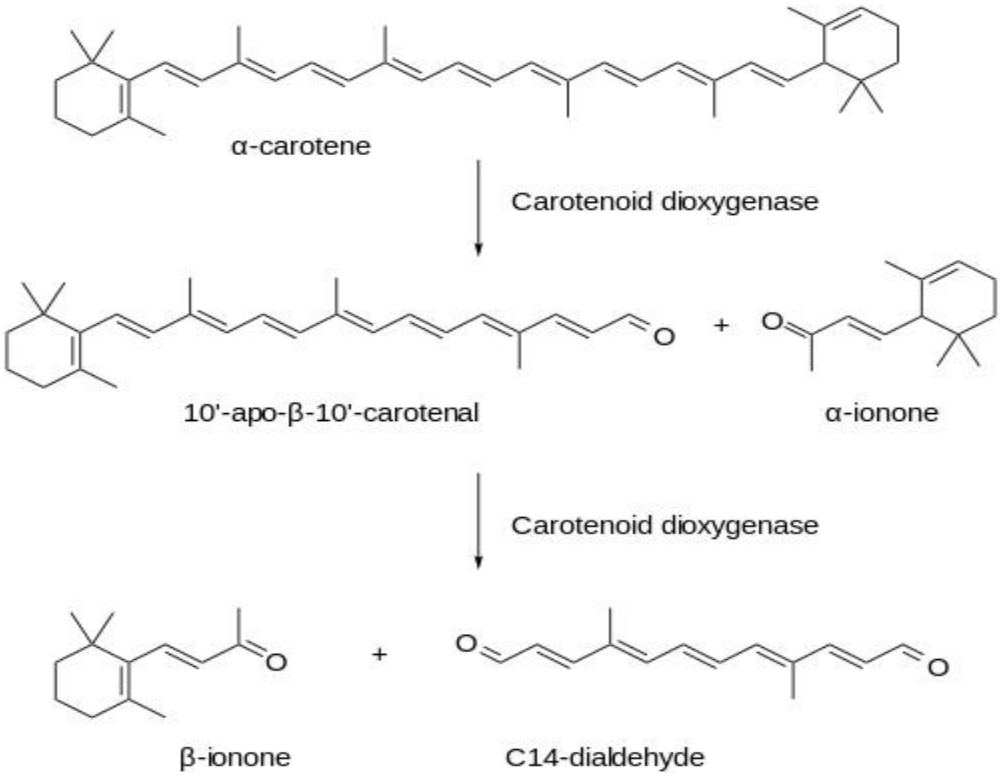


Fig. 6. Biosynthesis of the ionones

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

개미취에서 확인된 terpenoid류는 34종으로 전체의 59.65%를 차지하였으며, 함량은 239.35 mg/kg으로 monoterpehe hydrocarbon류가 5.88%(5.14 mg/kg), oxygenated monoterpene류가 14.71%(6.85 mg/kg), sesquiterpene hydrocarbon류가 67.65%(139.92 mg/kg)로 가장 많이 확인되었으며 oxygenated sesquiterpene류가 11.76%(87.44 mg/kg)로 확인되었다. 개미취에서 확인된 monoterpene hydrocarbon류는 β-myrcene 및 decane이 동정되었으며, 각각의 peak area는 0.12%(0.40 mg/kg), 1.42%(4.74 mg/kg)로 확인되었다. β-myrcene은 상쾌한 향으로 구조는 limonene 및 γ-terpinene과 달리 벤젠고리가 없어 항산화 효과는 떨어지며, 공기 중에서 불안정해 향료 산업에서 직접 사용하지 않고 geraniol, citral, citronellol, citronellal, nerol, methol 및 linalool 등을 제조하기 위한 핵심적인 화합물이다. 또한, 10 mg/kg 이하의 적은 농도에서도 sweet-balsamic-herbaceous와 citrusy의 특징을 가진다. Oxygenated monoterpene류는 citronellal, (Z)-chrysanthenol, (E)-pyran linalool oxide, β-cyclocitral 및 dehydroelsholtzia ketone이 동정되었으며, 각각의 peak area는 0.11%(0.36 mg/kg), 0.05%(0.18 mg/kg), 0.25%(0.82 mg/kg), 0.35%(1.16 mg/kg) 및 1.30%(4.34 mg/kg)으로 확인되었다. Citronellal은 유자의 정유에 독특한 레몬 향을 부여하는 terpenoid 화합물로 lemon, green, rose, citrus peel, fatty 및 fruity의 특성을 가지며, 희석하여 낮은 농도로 사용하였을 때 해열, 항염 및 진정작용의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Hong, Lee & Kim, 2017). (E)-pyran linalool oxide는 floral한 특성이며, β-cyclocitral은 파래의 특징적 향의 발현에 기여하는 것으로 알려져 있고 sweet, mild, green, grassy, floral 및 hay한 특성을 가진다(Lee, 2001). Sesquiterpene hydrocarbon류는 개미취에서 67.65%(139.92 mg/kg)의 peak area로 가장 높았으며 β-caryophyllene, α-caryophyllene, germacrene D, γ-cadinene, γ-muurolene, α-muurolene, γ-amorphene, α-cubebene, β-copaene 및 α-copaene등이 동정되었다. 각각의 함량은 22.27 mg/kg, 21.70 mg/kg, 21.11 mg/kg, 8.69 mg/kg, 8.57 mg/kg, 8.11 mg/kg, 7.89 mg/kg, 6.89 mg/kg, 6.41 mg/kg 및 4.00 mg/kg순으로 확인되었다. Oxygenated sesquiterpene류는 (Z)-nerolidol, viridiflorol, spathulenol 및 salvial-4(14)-en-1-one이 동정되었으며, pear area는 각각 1.82%(6.07 mg/kg), 0.99%(3.30 mg/kg), 20.21%(67.28 mg/kg) 및 3.24%(10.80 mg/kg)로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Viridiflorol은 sesquiterpenoid로 sweet 및 green한 특성을 가지며, 결핵균에 항균 활성을 보인 연구가 진행된 바 있다(Ireland et al, 2002).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교

개미취의 SDE 및 SPME법으로 추출 후 GC-MS로 분석한 결과 total ion chromatogram(TIC)는 Fig. 7에 나타내었고, 조성과 함량은 Table 5에 나타내었다. SDE추출법에 따라 확인된 휘발성 향기성분은 총 115종으로 함량은 1,101.42 mg/kg이었으며, SPME법에서는 57종으로 함량은 332.83 mg/kg으로 동정된 화합물의 조성과 함량에 대한 차이가 있었다. 관능기별로 비교해보았을 때 개미취의 SDE추출법에서 peak area는 hydrocarbon (35.34%) > alcohol, aldehyde (23.28%) > ketone (10.34%) > oxide (4.31%) > ester, miscellane (1.72%) 순으로 확인되었으며, SPME추출법에서는 hydrocarbon (54.39%) > aldehyde (21.05%) > alcohol (12.28%) > ketone (8.77%) > oxide, miscellane (1.75%) 순으로 패턴을 확인하였다. 개미취의 휘발성 향기성분 중 terpenoid류의 peak area는 SDE 및 SPME법에서 각각 53.91, 59.65%를 차지하였다. SDE법으로 추출 후 동정된 terpenoide류 중 sesquiterpene hydrocarbon류가 51.61%(589.68 mg/kg)로 가장 높게 동정되었으며, oxygenated monoterpene류 22.58%(33.71 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 19.35%(40.35 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 6.45%(2.66 mg/kg) 순으로 확인되었다. SPME법에서도 sesquiterpene hydrocarbon류가 67.65%(139.92 mg/kg)로 가장 높았으며, oxygenated monoterpene류 14.71%(6.85 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 11.76%(87.44 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 5.88%(5.14 mg/kg) 순으로 확인되었다.

SDE 및 SPME법에서 공통으로 확인된 주요 휘발성 향기성분으로는 γ-amorphene, neophytadiene, (E)-2-hexenal, β-caryophellene, phytone, γ-cadinene, salvial-4(14)-en-1-one, δ-cadinene, geranyl acetone, γ-muurolene, (E,E)-2,4-heptadienal, β-copaene, (E)-β-ionene, 2,6-dimethylcyclohexanol, octanal, nonanal, β-cyclocitral, 2-phenylethanol 및 dehydroelsholtzia ketone 등이 확인되었다. 개미취의 SDE법에서만 확인된 화합물은 bicyclogermacrene(3.05%), (Z)-3-hexene-1-ol(1.68%), phytone(1.44%), khusinol(0.94%), cubebol(0.68%), geranyl

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

acetone(0.51%), pentanal(0.45%), octanal(0.25%), α-costol(0.20%), dehydroelsholtzia ketone(0.17%), (E,E)-3,5-octadien-2-one(0.12%), 2,6,11-trimethyldodecane(0.10%), 2,2-dimethyl-3,4-octadienal(6.09%), β-cyclohomocitral(0.07%) 등으로 확인되었다. SPME 법에서만 동정된 화합물은 geranyl acetone(2.90%), (Z)-nerolidol(1.82%), methylethylmaleimide(1.66%), dehydroelsholtzia ketone(1.30%), m-Di-tert-butylbenzene(1.26%), (E,E)-3,5-octadien-2-one(0.86%), 2,6,11-trimethyldodecane(0.81%), 2,6-dimethylcyclohexanol(0.75%), phytone(0.30%), (E)-pyran linalool oxide(0.25%), 2,5-dimethylphenol(0.16%) 및 cedrene(0.22%) 등으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

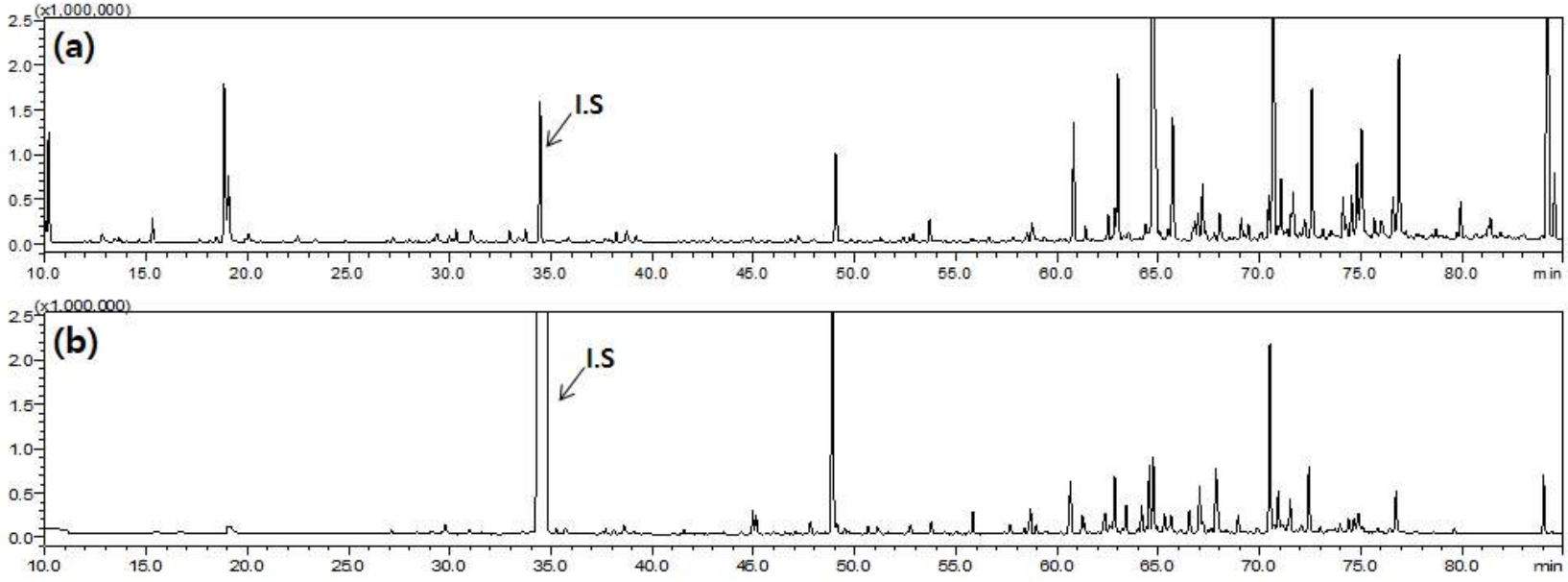


Fig. 7. GC-MS chromatogram of *Aster tataricus* Linne Fil. (a) SDE and (b) SPME

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Volatile organic compounds identified in the *Aster tataricus* Linne Fil. by two extraction methods (SDE and SPME)

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster tataricus* Linne Fil.			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
1	10.03	727	Pentanal	86	$C_5H_{10}O$	4.93 ± 0.08	0.45 ± 0.01	-	-
2	10.18	729	2-Ethylfuran	96	C_6H_8O	23.70 ± 0.37	2.15 ± 0.03	-	-
3	11.79	752	3-Methyl-1-butanol	88	$C_5H_{12}O$	0.08 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
4	13.45	776	1-Pentanol	88	$C_5H_{12}O$	0.67 ± 0.01	0.06 ± 0.00	-	-
5	13.65	779	2-Pentenol	86	$C_5H_{10}O$	1.23 ± 0.02	0.11 ± 0.00	-	-
6	15.30	802	Hexanal	100	$C_6H_{12}O$	5.66 ± 0.09	0.51 ± 0.01	-	-
7	17.63	836	Furfural	96	$C_5H_4O_2$	0.90 ± 0.01	0.08 ± 0.00	-	-
8	18.85	853	(*E*)-2-Hexenal	98	$C_6H_{10}O$	44.43 ± 0.70	4.03 ± 0.06	5.28 ± 0.08	1.59 ± 0.03
9	19.06	856	(*Z*)-3-Hexene-1-ol	100	$C_6H_{12}O$	18.48 ± 0.29	1.68 ± 0.03	-	-
10	19.91	868	(*E*)-2-Hexenol	100	$C_6H_{12}O$	0.70 ± 0.01	0.06 ± 0.00	-	-
11	20.04	870	Hexanol	102	$C_6H_{14}O$	2.56 ± 0.04	0.23 ± 0.00	-	-
12	22.34	903	(*Z*)-4-Heptenal	112	$C_7H_{12}O$	0.33 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
13	22.47	905	Heptanal	114	$C_7H_{14}O$	2.00 ± 0.03	0.18 ± 0.00	-	-
14	23.03	912	Methional	104	C_4H_8OS	0.15 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
15	23.33	916	Sorbic aldehyde	96	C_6H_8O	0.88 ± 0.01	0.08 ± 0.00	-	-
16	26.83	961	(*E*)-2-Heptenal	112	$C_7H_{12}O$	0.25 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.01 ± 0.00
17	27.17	965	Benzaldehyde	106	C_7H_6O	1.54 ± 0.02	0.14 ± 0.00	1.49 ± 0.02	0.45 ± 0.01
18	27.81	973	Heptanol	116	$C_7H_{16}O$	0.10 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
19	27.99	976	4-Methylcyclohexanone	112	$C_7H_{12}O$	0.59 ± 0.01	0.05 ± 0.00	-	-
20	28.86	987	2,3-Octanedione	142	$C_8H_{14}O_2$	0.37 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
21	29.16	991	Sulcatone	126	$C_8H_{14}O$	0.37 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.59 ± 0.01	0.18 ± 0.00
22	29.38	994	2-Pentylfuran	138	$C_9H_{14}O$	2.59 ± 0.04	0.24 ± 0.00	-	-
23	29.97	995	*β*-Myrcene	136	$C_{10}H_{16}$	1.49 ± 0.02	0.14 ± 0.00	0.40 ± 0.01	0.12 ± 0.00
24	29.99	1000	Decane	142	$C_{10}H_{22}$	0.25 ± 0.00	0.02 ± 0.00	4.74 ± 0.07	1.42 ± 0.02

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster tataricus* Linne Fil.			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
25	30.17	1004	(*E*)-2-pentenylfuran	136	$C_{10}H_{16}$	0.44	0.04	-	-
26	30.31	1006	Octanal	128	$C_8H_{16}O$	2.71	0.25	0.40	0.12
27	31.07	1010	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	110	$C_7H_{10}O$	3.94	0.36	2.28	0.69
28	32.30	1031	2,6-Dimethylnonane	156	$C_{11}H_{24}$	0.19	0.02	0.52	0.16
29	32.92	1039	Benzyl alcohol	108	C_7H_8O	2.96 ± 0.05	0.27 ± 0.00	-	-
30	33.73	1050	Phenylacetaldehyde	120	C_8H_8O	2.86 ± 0.05	0.26 ± 0.00	-	-
IS[5)]	34.46	1059	*n*-Butylbenzene	134	$C_{10}H_{14}$	-	-	-	-
31	34.76	1063	(*E*)-2-Octenal	126	$C_8H_{14}O$	0.34 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
32	34.93	1065	Citronellal	154	$C_{10}H_{18}O$	0.08 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.36 ± 0.01	0.11 ± 0.00
33	35.57	1073	Acetophenone	120	C_8H_8O	0.04 ± 0.00	0.00	-	-
34	35.84	1076	(*E,E*)-3,5-Octadien-2-one	124	$C_8H_{12}O$	1.30 ± 0.02	0.12 ± 0.00	2.88 ± 0.05	0.86 ± 0.01
35	37.67	1100	2,2-Dimethyl-3,4-octadienal	152	$C_{10}H_{16}O$	0.97 ± 0.02	0.09 ± 0.00	-	-
36	37.83	1102	Linalool	154	$C_{10}H_{18}O$	0.32 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
37	38.21	1107	Nonanal	142	$C_9H_{18}O$	2.55 ± 0.04	0.23 ± 0.00	2.06 ± 0.03	0.62 ± 0.01
38	38.59	1113	6-Methyl-3,5-heptadien-2-one	124	$C_8H_{12}O$	0.08 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
39	38.65	1114	2,6-Dimethylcyclohexanol	128	$C_8H_{16}O$	3.35 ± 0.05	0.30 ± 0.00	2.50 ± 0.04	0.75 ± 0.01
40	39.21	1121	2-Phenylethanol	122	$C_8H_{10}O$	1.90 ± 0.03	0.17 ± 0.00	1.37 ± 0.02	0.41 ± 0.01
41	41.93	1157	2,5-Dimethylphenol	122	$C_8H_{10}O$	0.16 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.77 ± 0.01	0.23 ± 0.00
42	42.08	1159	(*E,Z*)-2,6-Nonadienal	138	$C_9H_{14}O$	0.32 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.07 ± 0.00
43	42.33	1163	(*Z*)-Chrysanthenol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.29 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.18 ± 0.00	0.05 ± 0.00
44	42.53	1165	(*E*)-2-Nonenal	140	$C_9H_{16}O$	0.50 ± 0.01	0.05 ± 0.00	0.20 ± 0.00	0.06 ± 0.00
45	42.96	1171	4-Ethylbenzaldehyde	134	$C_9H_{10}O$	0.77 ± 0.01	0.07 ± 0.00	-	-
46	43.89	1182	2,4-Dimethylbenzaldehyde	134	$C_9H_{10}O$	0.25 ± 0.00	0.02 ± 0.00	-	-
47	44.34	1185	(*E*)-Pyran linalool oxide	170	$C_{10}H_{18}O_2$	0.10 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.82 ± 0.00	0.25 ± 0.00
48	44.49	1192	*p*-Cymen-8-ol	150	$C_{10}H_{14}O$	0.07 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
49	44.92	1197	*α*-Terpineol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.89 ± 0.01	0.08 ± 0.00	-	-

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster tataricus* Linne Fil.			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
50	45.03	1199	Dodecane	170	$C_{12}H_{26}$	0.27 ± 0.00	0.02 ± 0.00	7.05 ± 0.11	2.12 ± 0.03
51	45.61	1207	Safranal	150	$C_{10}H_{14}O$	0.55 ± 0.01	0.05 ± 0.00	-	-
52	46.36	1214	2,6-Dimethylundecane	184	$C_{13}H_{28}$	0.37 ± 0.01	0.03 ± 0.00	1.00 ± 0.02	0.30 ± 0.00
53	46.79	1224	Coumaran	120	C_8H_8O	0.89 ± 0.01	0.08 ± 0.00	-	-
54	47.19	1229	*β*-Cyclocitral	152	$C_{10}H_{16}O$	1.95 ± 0.03	0.18 ± 0.00	1.16 ± 0.02	0.35 ± 0.01
55	47.89	1239	(*Z*)-3-Hexenyl isovalerate	184	$C_{11}H_{20}O_2$	0.38 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
56	47.98	1240	Methylethylmaleimide	139	$C_7H_9NO_2$	0.61 ± 0.01	0.06 ± 0.00	5.53 ± 0.09	1.66 ± 0.03
57	49.05	1255	Perilla ketone	166	$C_{10}H_{14}O_2$	25.14 ± 0.40	2.28 ± 0.04	-	-
58	49.78	1266	*β*-Cyclohomocitral	166	$C_{11}H_{18}O$	0.81 ± 0.01	0.07 ± 0.00	-	-
59	50.63	1278	*m*-Di-tert-butylbenzene	190	$C_{14}H_{22}$	0.19 ± 0.00	0.02 ± 0.00	4.19 ± 0.07	1.26 ± 0.02
60	50.97	1283	*α*-Ethylidene	146	$C_{10}H_{10}O$	0.13 ± 0.00	0.01 ± 0.00	-	-
61	51.07	1284	Perilla aldehyde	150	$C_{10}H_{14}O$	0.17 ± 0.00	0.02 ± 0.00	-	-
62	51.29	1287	2,6,11-Trimethyldodecane	212	$C_{15}H_{32}$	1.12 ± 0.02	0.10 ± 0.00	2.68 ± 0.04	0.81 ± 0.01
63	51.68	1293	Isobornyl acetate	196	$C_{12}H_{20}O_2$	0.28 ± 0.00	0.03 ± 0.00	-	-
64	52.18	1300	Tridecane	184	$C_{13}H_{28}$	0.35 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.21 ± 0.00	0.06 ± 0.00
65	52.38	1303	Indole	117	C_8H_7N	1.50 ± 0.02	0.14 ± 0.00	-	-
66	52.88	1310	Dehydroelsholtzia ketone	164	$C_{10}H_{12}O_2$	1.87 ± 0.03	0.17 ± 0.00	4.34 ± 0.07	1.30 ± 0.02
67	53.68	1322	4-Vinylguaiacol	150	$C_9H_{10}O_2$	5.69 ± 0.09	0.52 ± 0.01	-	-
68	55.99	1357	*α*-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	0.15 ± 0.00	0.01 ± 0.00	6.89 ± 0.11	2.07 ± 0.03
69	56.21	1360	*α*-Longipinene	204	$C_{15}H_{24}$	0.22 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.35 ± 0.01	0.10 ± 0.00
70	56.62	1366	Eugenol	164	$C_{10}H_{12}O_2$	1.18 ± 0.02	0.11 ± 0.00	-	-
71	57.30	1377	Cedrene	204	$C_{15}H_{24}$	0.51 ± 0.01	0.05 ± 0.00	0.72 ± 0.01	0.22 ± 0.00
72	57.53	1380	*α*-Yalangene	204	$C_{15}H_{24}$	0.51 ± 0.01	0.05 ± 0.00	1.91 ± 0.03	0.58 ± 0.01
73	57.85	1385	*α*-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	1.41 ± 0.02	0.13 ± 0.00	4.00 ± 0.06	1.20 ± 0.02
74	58.51	1395	*β*-Bourbonene	204	$C_{15}H_{24}$	2.60 ± 0.04	0.24 ± 0.00	-	-

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster tataricus* Linne Fil.			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
75	58.75	1398	β-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	6.14 ± 0.10	0.56 ± 0.01	-	-
76	60.13	1420	α-Gurjunene	204	$C_{15}H_{24}$	0.82 ± 0.01	0.07 ± 0.00	-	-
77	60.36	1424	β-Ylangene	204	$C_{15}H_{24}$	0.63 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.32 ± 0.00	0.10 ± 0.00
78	60.82	1431	β-Caryophellene	204	$C_{15}H_{24}$	31.39 ± 0.50	2.85 ± 0.05	22.27 ± 0.35	6.69 ± 0.11
79	61.20	1433	β-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	3.46 ± 0.05	0.31 ± 0.00	6.41 ± 0.10	1.92 ± 0.03
80	61.23	1438	(Z)-α-Bergamotene	204	$C_{15}H_{24}$	0.15 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.31 ± 0.00	0.09 ± 0.00
81	61.51	1442	γ-Elemene	204	$C_{15}H_{24}$	0.61 ± 0.01	0.06 ± 0.00	3.11 ± 0.00	0.94 ± 0.01
82	62.08	1451	9-Epicaryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	2.62 ± 0.04	0.24 ± 0.00	-	-
83	62.38	1456	Alloaromadendrene	204	$C_{15}H_{24}$	0.33 ± 0.01	0.03 ± 0.00	-	-
84	62.52	1458	Geranyl acetone	194	$C_{13}H_{22}O$	5.60 ± 0.09	0.51 ± 0.01	9.66 ± 0.15	2.90 ± 0.05
85	62.85	1464	β-Sesquisabinene	204	$C_{15}H_{24}$	8.27 ± 0.13	0.75 ± 0.01	-	-
86	63.03	1466	α-Caryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	0.67 ± 0.01	0.06 ± 0.00	21.70 ± 0.34	6.52 ± 0.10
87	63.58	1475	(Z)-Muurola-4(15),5-diene	204	$C_{15}H_{24}$	0.97 ± 0.02	0.09 ± 0.00	9.85 ± 0.16	2.96 ± 0.05
88	64.36	1488	γ-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	4.29 ± 0.04	0.39 ± 0.01	8.57 ± 0.14	2.57 ± 0.04
89	64.75	1490	Germacrene D	204	$C_{15}H_{24}$	1.05 ±0.02	0.09 ± 0.00	21.11 ± 0.33	6.34 ± 0.10
90	64.78	1494	γ-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	409.71 ± 6.47	37.18 ± 0.59	7.89 ± 0.12	2.37 ± 0.04
91	64.89	1496	(E)-β-Ionone	192	$C_{13}H_{20}O$	3.43 ± 0.05	0.31 ± 0.00	25.44 ± 0.40	7.64 ± 0.12
92	65.50	1506	γ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	14.84 ± 0.23	1.35 ± 0.02	8.69 ± 0.14	2.61 ± 0.04
93	65.70	1509	Bicyclogermacrene	204	$C_{15}H_{24}$	33.65 ± 0.53	3.05 ± 0.05	-	-
94	66.09	1513	α-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	0.07 ± 0.00	0.01 ± 0.00	8.11 ± 0.13	2.44 ± 0.04
95	66.27	1519	(Z)-γ-Bisabolene	204	$C_{15}H_{24}$	0.45 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.37 ± 0.01	0.11 ± 0.00
96	66.70	1526	α-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	0.37 ± 0.01	0.03 ± 0.00	1.16 ± 0.02	0.35 ± 0.01
97	66.79	1528	Cubebol	222	$C_{15}H_{26}O$	7.49 ± 0.12	0.68 ± 0.01	-	-
98	67.18	1534	δ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	7.40 ± 0.12	0.67 ± 0.01	2.06 ± 0.03	0.62 ± 0.01
99	68.34	1554	β-Calacorene	200	$C_{15}H_{20}$	0.65 ± 0.01	0.06 ± 0.00	1.20 ± 0.02	0.36 ± 0.01
100	68.51	1557	α-Calacorene	200	$C_{15}H_{20}$	0.53 ± 0.01	0.05 ± 0.00	-	-

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Aster tataricus* Linne Fil.			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
101	68.63	1559	(*Z*)-Nerolidol	222	$C_{15}H_{26}O$	0.06 ± 0.00	0.01 ± 0.00	6.07 ± 0.10	1.82 ± 0.03
102	69.45	1572	Germacrene B	204	$C_{15}H_{24}$	3.23 ± 0.05	0.29 ± 0.00	-	-
103	69.75	1577	Viridiflorol	222	$C_{15}H_{26}O$	1.13 ± 0.02	0.10 ± 0.00	3.30 ± 0.05	0.99 ± 0.02
104	70.01	1582	Spathulenol	220	$C_{15}H_{24}O$	1.50 ± 0.02	0.14 ± 0.00	67.28 ± 1.06	20.21 ± 0.32
105	71.06	1599	Caryophylleneoxide	220	$C_{15}H_{24}O$	0.94 ± 0.01	0.08 ± 0.00	-	-
106	71.68	1610	Salvial-4(14)-en-1-one	220	$C_{15}H_{24}O$	10.17 ± 0.16	0.92 ± 0.01	10.80 ± 0.17	3.24 ± 0.05
107	73.54	1643	Epicubenol	222	$C_{15}H_{26}O$	1.76 ± 0.03	0.16 ± 0.00	-	-
108	74.31	1657	*α*-Cadinol	222	$C_{15}H_{26}O$	3.48 ± 0.06	0.32 ± 0.00	-	-
109	76.60	1698	Khusinol	220	$C_{15}H_{24}O$	10.40 ± 0.16	0.94 ± 0.01	-	-
110	79.51	1752	*β*-Acoradienol	220	$C_{15}H_{24}O$	0.18 ± 0.00	0.02 ± 0.00	-	-
111	81.29	1785	*α*-Costol	220	$C_{15}H_{24}O$	2.19 ± 0.03	0.20 ± 0.00	-	-
112	82.31	1802	14-OH-*δ*-Cadinene	220	$C_{15}H_{24}O$	1.05 ± 0.02	0.10 ± 0.00	-	-
113	84.20	1821	Neophytadiene	278	$C_{20}H_{38}$	313.03 ± 4.95	28.41 ± 0.45	18.78 ± 0.30	5.64 ± 0.09
114	84.57	1825	Phytone	268	$C_{18}H_{36}O$	15.37 ± 0.24	1.44 ± 0.02	1.01 ± 0.02	0.30 ± 0.00
Total						1101.42 ± 17.40	100.00	332.83 ± 5.26	100.00

[1)] RT = Retention time, [2)] RI = Retention index, [3)] MW = Molecular weight, [4)] MF = Molecular formula, [5)] IS = Internal standard
Data were reported by mean ± standard deviation (n=3); 0.00 = The value is less than 0.01

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 구절초의 휘발성 향기성분

1. SDE법에 의한 휘발성 향기성분

구절초에서 확인된 휘발성 화합물은 총 120종으로 함량은 6,682.62 mg/kg의 향기성분을 획득하였다. 확인된 휘발성 화합물의 관능기별로는 alcohol류가 41종으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 hydrocarbon류 38종, aldehyde류 13종, ketone류 11종, oxide류 10종, ester류 6종 및 miscellane류 1종이 확인되었다. 관능기별 peak area는 alcohol류가 34.17%로 가장 높아 주요 휘발성 향기성분들로 확인되었으며, hydrocarbon류 31.67%, aldehyde류 10.83%, ketone류 9.17%, oxide류 8.33%, ester류 5.00% 및 miscellane류 0.83% 순으로 나타났다.

구절초의 휘발성 향기성분 중 가장 높은 함량으로 확인된 화합물은 γ-muurolene으로 38.85%의 peak area를 보였으며, 함량은 2,595.99 mg/kg으로 동정되었다. 다음으로 많이 함유된 성분은 γ-amorphene 8.70%(581.16 mg/kg), γ-eudesmol 6.30%(421.15 mg/kg), (Z)-inalool 3,7-oxide 4.94%(329.90 mg/kg), β-gurjunene 4.40%(294.36 mg/kg), salvial-4(14)-en-1-one 3.22%(215.21 mg/kg), caryophyllene oxide 3.05%(203.75 mg/kg), δ-cadinene 2.90%(194.03 mg/kg), (E)-α-caryophyllene 2.52%(168.19 mg/kg) 및 ylangenol 2.43%(162.06 mg/kg) 순으로 확인되었다. γ-muurolene은 Cadinene의 이성질체 중 하나로 *Ardisia brevicaulis*의 휘발성 향기성분에서 14.23%(Pu, Yuan & Tang, 2009), *Michelia floribunda* 잎에서도 12.04%로 확인된 바 있다(Jiang et al., 2001).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구절초의 휘발성 화합물 중 terpene류는 87종으로 전체 peak area의 72.50%로 6,574.08 mg/kg이 확인되었으며, oxygenated monoterpene의 peak area가 45.98%(648.19 mg/kg)로 가장 높았으며, sesquiterpene hydrocarbon류 32.18%(4,443.76 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 13.79%(1,475.10 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 8.05%(7.03 mg/kg) 순으로 나타났다. 구절초에서 확인된 monoterpene hydrocarbon류는 p-cymene, α-pinene, γ-terpinene, α-terpinene, decane, camphene 및 α-phellandrene으로 각각의 peak area는 0.03%(2.05 mg/kg), 0.03%(1.67 mg/kg), 0.02%(1.34 mg/kg), 0.01%(0.83 mg/kg), 0.01%(0.59 mg/kg), 0.01%(0.47 mg/kg) 및 0.00%(0.08 mg/kg)로 확인되었다. P-cymene은 thyme인 *Thymus vulgaris* L.의 대표적인 휘발성 향기성분으로 23.00%의 함량으로 확인된 바 있으며(Poulose & Croteau, 1978), 바질 오일에서 carvacrol, thymol, estragol 및 linalool과 함께 항균활성에 대해 보고된 바 있다(Bagamboula, Uyttendaele & Debevere, 2004). Terpinene은 대표적인 monoterpene 중 하나로 그룹 이성질체인 α-, β-, γ-, δ-형이 존재하며, cardamom(*Etlettaria cardamomum*)과 marjoram(*Origanum majorana*)의 대표적인 향기성분이다(Eggersdofer, 2005). Oxygenated monoterpene류로 (Z)-linalool 3,7-oxide, (Z)-anhydrolinalool oxide, (E)-linalool 3,7-oxide, borneol, (Z)-linalool oxide, camphor, 4-terpineol, thymol, pinocarveol, (Z)-chrysanthenyl acetate, perilla ketone 및 (Z)-verbenol이 확인되었다. 각각의 함량은 329.90 mg/kg, 93.25 mg/kg, 53.79 mg/kg, 22.72 mg/kg, 18.63 mg/kg, 17.40 mg/kg, 16.74 mg/kg, 10.36 mg/kg, 9.85 mg/kg, 9.65 mg/kg, 7.81 mg/kg 및 6.67 mg/kg 순으로 나타났다. Camphor는 방향성이 있는 흰색 또는 무색으로 녹색잎의 휘발성 화합물로 많이 확인되며, 말린 로즈마리 잎 및 박하류에서도 최대 20%를 함유하고 있다. 또한 1,8-cineole, borneol 및 thujone과 함께 항염물질로 확인된 바 있다(Ehrnhofer-Ressler et al., 2013).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구절초의 oxygenated sesquiterpene류로 γ-eudesmol이 6.30%(421.15 mg/kg)로 가장 높은 peak area를 확인하였으며, salvial-4(14)-en-1-one이 3.22%(215.21 mg/kg), caryophyllene oxide 3.05%(203.75 mg/kg), ylangenol 2.43%(162.06 mg/kg), α-cadinol 1.67%(111.64 mg/kg), spathulenol 1.48%(98.91 mg/kg), intermedeol 1.19%(79.34 mg/kg), cubenol 0.97%(65.04 mg/kg) 및 muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol 0.75%(49.97 mg/kg)이 뒤를 이었다. Eudesmol은 sweet 및 woody한 특성을 가진 sesquiterpene alcohol류로 *Atractylodes lancea*에서 분리 동정된 바 있으며, 항신생혈관 활성에 도움을 주는 성분으로 규명된 바 있다(Tsuneki et al., 2005). Ylangenol은 대표적인 sesquiterpenoid류들중 하나로 *Brachylaena hutchinsii*(Vieira, Himejuma & Kubo, 1991)및 *Laggera pterodonta*(Gu et al., 2014)의 정유성분으로 확인된 바 있다. Sesquiterpene hydrocarbon류 중 γ-muurolene이 peak area 38.85%(2,595.99 mg/kg)로 가장 높게 확인되었으며, γ-amorphene, β-gurjunene, δ-cadinene, (E)-α-caryophyllene, γ-cadinene, α-copaene 및 cadina-3,5-diene 등으로 확인되었다. 각각의 peak area는 8.70%(581.16 mg/kg), 4.40%(294.36 mg/kg), 2.90%(194.03 mg/kg), 2.52%(168.19 mg/kg), 1.52%(101.48 mg/kg), 1.05%(70.09 mg/kg) 및 0.96%(63.96 mg/kg)순으로 나타났다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. SPME법에 의한 휘발성 향기성분

구절초에서 분리 동정된 휘발성 향기성분은 총 73종으로 함량은 4,333.04 mg/kg으로 확인되었다. 관능기별로는 hydrocarbon류가 29종으로 peak area는 39.73%로 가장 높게 확인되었으며, alcohol류가 20종으로 27.40%, aldehyde류가 9종으로 12.33%, ketone류가 7종으로 9.59%, ester류가 4종으로 5.48% 및 oxide류가 4종으로 5.48% 순으로 확인되었다. 각각의 함량은 peak area와 동일하게 hydrocarbon류가 2,419.61 mg/kg으로 가장 높았으며 alcohol류 1,140.62 mg/kg, ketone류 374.42mg/kg, oxide류 320.43 mg/kg, ester류 67.76 mg/kg 및 aldehyde류 10.20 mg/kg으로 확인되었다.

SPME 추출법으로 확인된 구절초의 주요 휘발성 향기성분은 hydrocarbon류인 γ-amorphene이 peak area 13.63%로 가장 높았으며 함량은 590.72 mg/kg로 확인되었다. Hydrocarbon류는 β-gurjunene(5.98%), δ-cadinene(3.96%), γ-muurolene(3.76%), γ-cadinene(3.46%), α-muurolene(3.18%)등 순으로 나타났다. Alcohol류는 spathulenol(9.27%), ylangenol(5.22%), γ-eudesnol(4.00%), (Z)-chrysanthenol(2.63%) 및 viridiflorol(2.24%) 등 순이며, ketone류는 savial-4(14)-en-1-one(5.50%), 2,2,6-trimethyl-3-keto-6-vinyltetrahydropyran(1.69%), (Z)-carvone(0.69%), perilla ketone(0.29%), camphor(0.19) 및 lavender lactone(0.16%)등이 확인되었다. Oxide류는 (Z)-linalool 3,7-oxide(6.07%), (E)-linalool 3,7-oxide(0.92%), (Z)-linalool oxide(0.34%) 및 (E)-linalool furanoxide(0.07%)순이며, ester류는 (Z)-chrysanthenyl acetate(0.81%), (E)-linalool oxide acetate(0.38%), (E)-chrysanthenyl acetate(0.37%) 및 (E)-carveyl acetate(0.01%)등으로 확인되었다. Aldehyde류는 nonanal이 0.07%(3.18 mg/kg)으로 2-hexenal, benzaldehyde, β-cyclocitral, safranal 및 cumaldehyde등은 낮은 농도로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구절초의 휘발성 향기성분에서 가장 높은 함량을 보인 γ-amorphene은 약용식물로 쓰이는 *Piper amalago*(Piperaceae)의 주된 휘발성 향기성분으로 p-cymene 및 (E)-methyl geranate와 함께 확인된 바 있으며, 본 연구인 구절초의 휘발성 향기성분으로 p-cymene과 함께 확인되었다(da Silva Mota et al., 2013). 다음으로, 높은 함량을 보인 화합물은 spathulenol, (Z)-linalool 3,7-oxide, β-gurjunene, salvial-4(14)en-1-one, ylangenol등이며, 각각 9.27%(401.56 mg/kg), 6.07%(263.21 mg/kg), 5.98%(259.22 mg/kg), 5.50%(238.34 mg/kg), 및 5.22%(226.06 mg/kg)순으로 확인되었다. 구절초의 휘발성 향기성분에서 linalool의 여러 형태인 (Z)-linalool oxide, (E)-linalool furanoxide, (E)-linalool 3,7-oxide, (Z)-linalool 3,7-oxide 및 (E)-linalool oxide acetate의 화합물이 동정되었으며, 각각의 함량은 14.65 mg/kg, 2.84 mg/kg, 39.72 mg/kg, 263.21 mg/kg 및 16.55 mg/kg으로 확인되었다. Linalool 및 linalool oxide는 muscat, sweet, green, floral, lemon, parsley, lavender 및 fruity한 특성을 가지며, linalool은 오래전에 발견된 terpenoid의 하나로 베르가못과 라벤더와 같은 식물에 천연으로 존재한다. 또한, linalool 및 linalool oxide는 교감신경 억제 효과 및 중추신경계에 빠른 이완작용 효과가 있어 교감신경계 및 부교감신경계를 조절하고 혈압을 감소시키며 근육의 긴장완화와 스트레스 완화에 도움을 준다(Hoferl, Krist & Buchbauer, 2006). β-gurjunene은 수삼(In et al., 2008), 생강(Kim et al., 1994)의 휘발성 향기성분에서도 확인된 바 있으며, green, earthy 및 animalic한 특성을 가진다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구절초에서 확인된 terpenoid류는 59종 80.82%의 peak area로 sesquiterpene hydrocarbon류가 23종 2,395.90 mg/kg(38.98%)으로 가장 높았으며, oxygenated sesquiterpene류 7종 1,208.13 mg/kg(11.86%), oxygenated monoterpene류 24종 613.86 mg/kg(40.68%) 및 monoterpene hydrocarbon류 5종 15.21 mg/kg(8.47%)으로 확인되었다. 구절초에서 확인된 monoterpene hydrocarbon류는 decane, α-pinene, p-cymene, camphene 및 α-phellandrene이었으며, 각각의 함량은 5.55 mg/kg, 4.23 mg/kg, 3.94 mg/kg, 1.03 mg/kg 및 0.46 mg/kg이었다. α-pinene은 소나무, 로즈마리의 에센셜 오일에서 주요 휘발성 향기성분으로 확인되며, 식물이 광합성을 통해 고정된 탄소의 0.4% 정도의 종을 방출하여 monoterpene류로 재방출되는 것으로 알려져 있다. 또한, terpeny, fruity, sweet, green, woody, pine, citrus 및 lime의 특성으로 linalool과 함께 항염증 및 진통제로 사용된다(Loreto et al., 1996). P-cymene은 약한 휘발유취와 함께 오렌지나 레몬의 향기가 대표적이며 박테리아에 대한 항균력은 없지만 carvacrol의 항균효과를 증가시켜준다는 연구 결과가 보고되고 있다(Lee, 2015). Oxygenated monoterpene류는 (Z)-linalool 3,7-oxide, (Z)-chrysanthenol, 2,2,6-trimethyl-3-keto-6-vinyltetrahydropyran, (E)-linalool 3,7-oxide, (Z)-carvone, (Z)-linalool oxide, perilla ketone, (E)-ascaridol glycol 및 borneol등이었으며, 각각의 함량은 263.21 mg/kg, 113.93 mg/kg, 73.32 mg/kg, 39.72 mg/kg, 29.76 mg/kg, 14.65 mg/kg, 12.57 mg/kg, 11.04 mg/kg 및 10.49 mg/kg순으로 확인되었다. Carvone은 광학이성질체의 terpenoid계 정유 성분으로 두 종류의 분자 구조를 가지고 있으며, S-(+)-carvone은 캐러웨이(caraway)향이 나며, R-(-)carvone은 스피아민트 향이 난다. Carvone은 basil leaves, herbal, sweaty, spicy 및 fennel한 특성이며, *Menta spicata* L. 정유의 주 활성 성분으로 식품 및 향료 산업에서 사용되고 강력한 항경련효과와 항균활성이 있는 것으로 보고되고 있다(Song, 2016). Perilla ketone은 천연 terpenoid로 케톤 그룹과 6개의 탄소사슬이 달린 고리형으로 구성되어 있으며, 산소에 민감하게 반응하는 무색의 성분이다. 들깻잎의 주요 휘발성 향기성분이며 들깻잎의 잎과 씨앗에 존재하는데 일부 동물에게는 독성이 있는 것으로 알려져 있다(Brenner, 1993). Ascaridol은 monotepenoid로 분류되는 천연 유기화합물로 과산화지질이 함유되어 있으며, 톡 쏘는 냄새와 맛이 나는 무색의 액체로 다른 저분자

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

유기 과산화물과 마찬가지로 불안정하여 가열하거나 유기산으로 처리하면 폭발하기 쉽다. 또한, 칠레의 나무 중 하나인 boldo의 특정한 맛을 결정하며, 멕시코산 차의 주요 성분으로 일부는 곤충과 벌레를 퇴치하는 항정신성 약으로 사용되기도 한다(Small, 2006). 이러한 monoterpene류는 다른 휘발성 유기성분에 비해 불안정하여 분해되기 쉬워 식품의 저장성을 낮추거나 품질을 저하시키기도 한다(Jung, Shin & Heo, 2014). 구절초의 sesquiterpene hydrocarbon류는 γ-amorphene, β-gurjunene, δ-cadinene, γ-muurolene, γ-cadinene, α-muurolene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, β-copaene, (E)-α-caryophyllene, β-cubebene, cadina-3,5-diene, α-cubebene 및 α-copaene등으로 각각의 함량은 590.72 mg/kg, 259.22 mg/kg, 171.68 mg/kg, 162.82 mg/kg, 149.86 mg/kg, 137.93 mg/kg, 130.59 mg/kg, 130.48 mg/kg, 112.68 mg/kg, 107.86 mg/kg, 83.35 mg/kg, 73.44 mg/kg 및 62.55 mg/kg순으로 확인되었다. Copaene은 α-형 및 β-형으로 존재하고 *Copaifera langsdorfii*의 나무에서 이름이 유래되었으며, 오렌지, 구아바, 파파야 및 망고와 같은 매우 다양한 식물들에 분포되어 있다(Nishida et al., 2000). Oxygenated sesquiterpene류는 spathulenol, salvial-4(14)-en-1-one, ylangenol, γ-eudesmol, viridiflorol, muurola-4,10(14)-dien-1-beta-ol 및 intermedeol 등으로 각각의 함량은 401.56 mg/kg, 238.34 mg/kg, 226.06 mg/kg, 173.12 mg/kg, 97.22 mg/kg, 41.57 mg/kg 및 30.26 mg/kg순으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. SDE 및 SPME법에 의한 휘발성 향기성분 비교

구절초로부터 SDE 및 SPME 추출 후 GC-MS로 분석한 결과 total ion chromatogram(TIC)는 Fig. 8에 나타내었고, 동정된 화합물의 조성과 함량은 Table 6에 나타내었다. SDE 및 SPME법에 따라 추출 후 확인된 구절초의 휘발성 향기성분은 SDE법에서 총 120종으로 함량은 6,682.62 mg/kg, SPME법에서 총 73종으로 함량은 4,333.04 mg/kg으로 확인되었다. 관능기별로 비교해 보았을 때, SDE추출법에서 peak area는 alcohol (34.17%) > hydrocarbon (31.67%) > aldehyde (10.83%) > ketone (9.17%) > oxide (8.33) > ester (5.00%) > miscellane (0.83%)순이었으며, SPME추출법에서는 hydrocarbon (39.73%) > alcohol (27.40%) > aldehyde (12.33%) > ketone (9.59%) > ester, oxide (5.48%)의 순으로 확인되었다. 구절초의 휘발성 향기성분은 주로 terpenoid류로 SDE법에서 72.50%, SPME법에서 80.82%로 높게 확인되었다. SDE추출을 통해 확인된 terpenoide류 중 oxygenated monoterpene류가 45.98%(648.19 mg/kg)로 가장 높은 peak area를 나타냈으며, sesquiterpene hydrocarbon류 32.18%(4,443.76 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 13.79%(1,475.10 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류 8.05%(7.03 mg/kg)순으로 확인되었다. SPME법 또한 oxygenated monoterpene류가 40.68%(613.86 mg/kg)로 가장 높게 동정되었으며, sesquiterpene hydrocarbon류 38.98%(2,395.90 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류 1.86%(1,208.13 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류 8.47%(15.21 mg/kg) 순으로 확인되었다. SDE 및 SPME법에서 공통으로 확인된 구절초의 주요 휘발성 향기성분은 γ-muurolene, γ-amorphene, gossonorol, (Z)-linalool 3,7-oxide, β-gurjunene, salvial-4(14)-en-1-one, δ-cadinene, α-caryophyllene, ylangenol, γ-cadinene, spathulenol, intermedeol, α-copaene, 3,5-cadinadiene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, β-copaene, (E)-linalool 3,7-oxide, muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol, β-cubebene, α-muurolene, viridiflorol, α-longipinene 및 borneol 등이 확인되었다. SDE추출법에서만 확인된 화합물은 (Z)-linalool 3,7-oxide(4.94%), β-gurjunene(4.40%), ylangenol(2.43%), (Z)-anhydrolinalool oxide B(93.25%), intermedeol(1.19%), (E)-linalool 3,7-ox-

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ide(53.79%), muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol(0.75%), gleenol(0.39%), (Z)-linalool oxide(0.28%), (E)-cadina-1,4-diene(0.26%), thymol(0.16%), pinocarveol(0.15%), (E)-chrysanthenyl acetate(0.14%), (Z)-muurola-3,5-diene(0.14%), lavender lactone(0.13%), isopulegyl acetate(0.12%) 등으로 확인되었다. SPME추출법에서만 동정된 화합물은 (Z)-linalool 3,7-oxide(6.07%), β-gurjunene(5.98%), ylangenol(5.22%), gossonorol(4.00%), β-cubebene(2.49%), 2,2,6-trimethyl-3-keto-6-vinyl-tetrahydropyran(1.69%), muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol(0.96%), (E)-linalool 3,7-oxide(0.92%), (E)-cadina-1,4-diene(0.88%), (Z)-muurola-3,5-diene(0.83%), (Z)-chrysanthenyl acetate(0.81%), intermedeol(0.70%), (E)-linalool oxide acetate(0.38%), (E)-chrysanthenyl acetate(0.37%) 등으로 동정되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

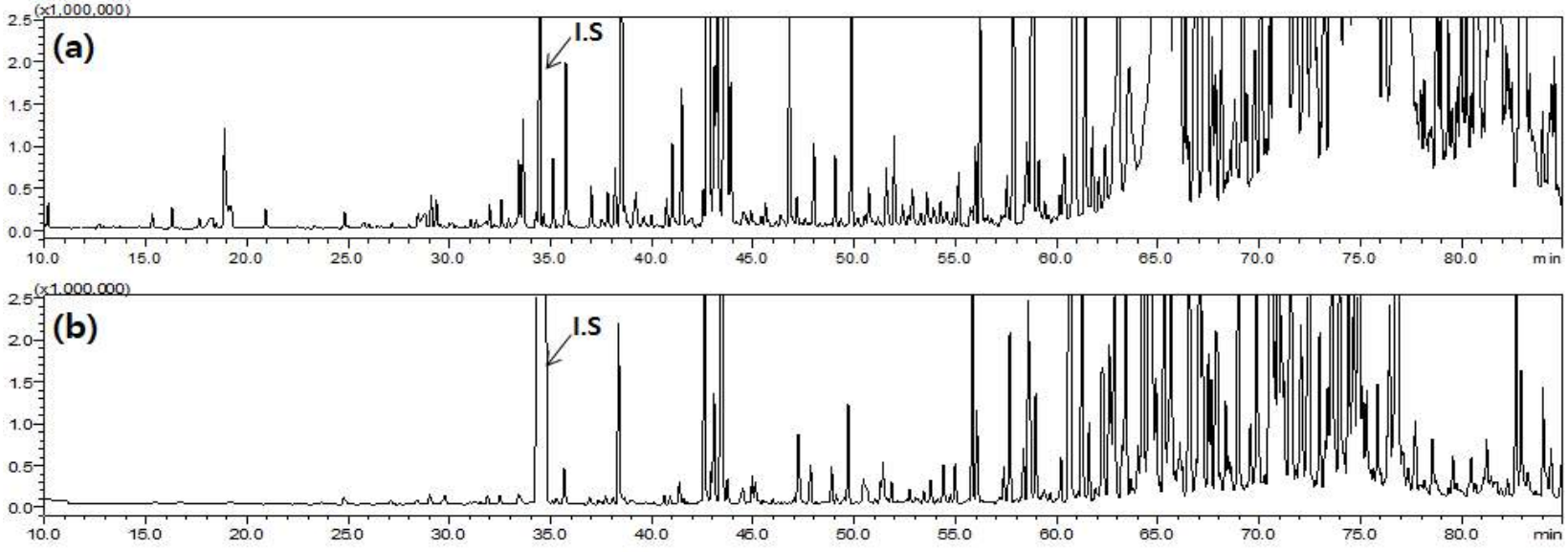


Fig. 8. GC-MS chromatogram of *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA (a) SDE and (b) SPME

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Volatile organic compounds identified in the *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA by two extraction methods (SDE and SPME)

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
1	10.18	729	2-Ethylfuran	96	C_6H_8O	2.26 ± 0.04	0.03 ± 0.00	-	-
2	11.87	753	2-Methylbutan-1-ol	88	$C_5H_{12}O$	0.12 ± 0.00	0.00	-	-
3	13.65	779	2-Pentenol	86	$C_5H_{10}O$	0.15 ± 0.00	0.00	-	-
4	15.30	802	Hexanal	100	$C_6H_{12}O$	1.76 ± 0.03	0.03 ± 0.00	-	-
5	17.63	836	Furfural	96	$C_5H_4O_2$	1.39 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
6	18.85	853	(*E*)-2-Hexenal	98	$C_6H_{10}O$	0.42 ± 0.01	0.01 ± 0.00	1.91 ± 0.03	0.04 ± 0.00
7	20.04	870	Hexanol	102	$C_6H_{14}O$	0.16 ± 0.00	0.00	-	-
8	20.91	883	2-Butylfuran	124	$C_8H_{12}O$	2.31 ± 0.04	0.03 ± 0.00	-	-
9	22.47	905	Heptanal	114	$C_7H_{14}O$	0.16 ± 0.00	0.00	-	-
10	23.33	916	Sorbic aldehyde	96	C_6H_8O	0.46 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-	-
11	24.83	935	*α*-Pinene	136	$C_{10}H_{16}$	1.67 ± 0.03	0.03 ± 0.00	4.23 ± 0.07	0.10 ± 0.00
12	26.01	950	Camphene	136	$C_{10}H_{16}$	0.47 ± 0.01	0.01 ± 0.00	1.03 ± 0.02	0.02 ± 0.00
13	26.63	958	2-Methyl-6-heptanone	128	$C_8H_{16}O$	0.23 ± 0.00	0.00	-	-
14	26.83	961	(*E*)-2-Heptenal	112	$C_7H_{12}O$	0.08 ± 0.00	0.00	0.02 ± 0.00	0.00
15	27.17	965	Benzaldehyde	106	C_7H_6O	0.67 ± 0.01	0.01 ± 0.00	1.52 ± 0.02	0.04 ± 0.00
16	28.23	980	(*E*)-2-Heptenol	114	$C_7H_{14}O$	0.02 ± 0.00	0.00	2.04 ± 0.03	0.05 ± 0.00
17	28.44	982	3-Octenol	128	$C_8H_{16}O$	2.01 ± 0.03	0.03 ± 0.000	-	-
18	29.16	991	Sulcatone	126	$C_8H_{14}O$	3.62 ± 0.06	0.05 ± 0.00	4.98 ± 0.08	0.12 ± 0.00
19	29.35	993	Dehydrocineole	152	$C_{10}H_{16}O$	2.96 ± 0.05	0.04 ± 0.00	-	-
20	29.56	996	Mesitylene	120	C_9H_{12}	0.17 ± 0.00	0.00	-	-
21	29.99	1000	Decane	142	$C_{10}H_{22}$	0.59 ± 0.01	0.01 ± 0.00	5.55 ± 0.09	0.13 ± 0.00
22	30.74	1011	*α*-Phellandrene	136	$C_{10}H_{16}$	0.08 ± 0.00	0.00	0.46 ± 0.01	0.01 ± 0.00
23	31.07	1010	(*E,E*)-2,4-Heptadienal	110	$C_7H_{10}O$	1.18 ± 0.02	0.02 ± 0.00	0.35 ± 0.01	0.01 ± 0.00
24	31.33	1019	*α*-Terpinene	136	$C_{10}H_{16}$	0.83 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-	-

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
26	32.20	1030	(*E*)-2,8-Menthadienol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.26 ± 0.00	0.00	-	-
27	32.56	1035	1,8-Cineole	154	$C_{10}H_{18}O$	3.39 ± 0.05	0.05 ± 0.00	4.34 ± 0.07	0.10 ± 0.00
28	32.92	1039	Benzyl alcohol	108	C_7H_8O	1.20 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
29	33.43	1046	Lavender lactone	126	$C_7H_{10}O_2$	8.80 ± 0.14	0.13 ± 0.00	7.15 ± 0.11	0.17 ± 0.00
30	33.73	1050	Phenylacetaldehyde	120	C_8H_8O	13.09 ± 0.21	0.20 ± 0.00	-	-
IS[5)]	34.46	1059	*n*-Butylbenzene	134	C10H14	-	-	-	-
31	34.66	1062	γ-Terpinene	136	$C_{10}H_{16}$	1.34 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
32	35.40	1071	(*Z*)-Sabinene hydrate	154	$C_{10}H_{18}O$	0.45 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-	-
33	35.74	1075	(*Z*)-Linalool oxide	170	$C_{10}H_{18}O_2$	18.63 ± 0.29	0.28 ± 0.00	14.65 ± 0.23	0.34 ± 0.01
34	35.96	1078	(*E*)-Rose oxide	154	$C_{10}H_{18}O$	0.31 ± 0.00	0.00	-	-
35	36.73	1088	(*E*)-Linalool furanoxide	170	$C_{10}H_{18}O_2$	0.13 ± 0.00	0.00	2.84 ± 0.04	0.07 ± 0.00
36	37.50	1098	(*E*)-Sabinene hydrate	154	$C_{10}H_{18}O$	1.58 ± 0.02	0.02 ± 0.00	3.66 ± 0.06	0.09 ± 0.00
37	37.83	1102	Linalool	154	$C_{10}H_{18}O$	3.94 ± 0.06	0.06 ± 0.00	-	-
38	38.21	1107	Nonanal	142	$C_9H_{18}O$	7.19 ± 0.11	0.11 ± 0.00	3.18 ± 0.05	0.07 ± 0.00
39	38.48	1111	(*Z*)-Anhydrolinalool oxide B	152	$C_{10}H_{16}O$	93.25 ± 1.47	1.40 ± 0.02	-	-
40	38.65	1114	2,6-Dimethylcyclohexanol	128	$C_8H_{16}O$	3.23 ± 0.05	0.05 ± 0.00	-	-
41	38.83	1116	2,2,6-Trimethyl-3-keto-6-vinyltetrahydropyran	168	$C_{10}H_{16}O_2$	0.48 ± 0.01	0.01 ± 0.00	73.32 ± 1.16	1.69 ± 0.03
42	39.21	1121	2-Phenylethanol	122	$C_8H_{10}O$	0.28 ± 0.00	0.00	2.52 ± 0.04	0.06 ± 0.00
43	39.60	1126	(*Z*)-2-Menthenol	154	$C_{10}H_{18}O$	1.61 ± 0.03	0.02 ± 0.00	-	-
44	39.98	1131	Chrysanthenone	150	$C_{10}H_{14}O$	1.54 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
45	40.24	1132	α-Campholenal	152	$C_{10}H_{16}O$	6.67 ± 0.11	0.10 ± 0.00	0.21 ± 0.00	0.01 ± 0.00
46	40.43	1135	(*E*)-Chrysanthenol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.15 ± 0.00	0.00	3.46 ± 0.05	0.08 ± 0.00
47	40.73	1141	(*E*)-Verbenol	152	$C_{10}H_{16}O$	3.82 ± 0.06	0.06 ± 0.00	-	-
48	41.00	1145	Pinocarveol	152	$C_{10}H_{16}O$	9.85 ± 0.13	0.15 ± 0.00	3.14 ± 0.05	0.07 ± 0.00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
49	41.10	1146	(*Z*)-Verbenol	152	$C_{10}H_{16}O$	6.67 ± 0.11	0.10 ± 0.00	-	-
50	41.47	1151	Camphor	152	$C_{10}H_{16}O$	17.40 ± 0.27	0.26 ± 0.00	8.30 ± 0.13	0.19 ± 0.00
51	42.53	1165	(*E*)-2-Nonenal	140	$C_9H_{16}O$	6.67 ± 0.11	0.10 ± 0.00	113.93 ± 1.80	2.63 ± 0.04
52	43.08	1173	Borneol	154	$C_{10}H_{18}O$	22.72 ± 0.36	0.34 ± 0.01	10.49 ± 0.17	0.24 ± 0.00
53	43.23	1175	(*E*)-Linalool 3,7-oxide	170	$C_{10}H_{18}O_2$	53.79 ± 0.85	0.80 ± 0.01	39.72 ± 0.63	0.92 ± 0.01
54	43.70	1181	(*Z*)-Linalool 3,7-oxide	170	$C_{10}H_{18}O_2$	329.90 ± 5.21	4.94 ± 0.08	263.21 ± 4.16	6.07 ± 0.10
55	43.89	1184	4-Terpineol	154	$C_{10}H_{18}O$	16.74 ± 0.26	0.25 ± 0.00	7.93 ± 0.13	0.18 ± 0.00
56	44.49	1192	*p*-Cymen-8-ol	150	$C_{10}H_{14}O$	1.41 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
57	44.92	1197	*α*-Terpineol	154	$C_{10}H_{18}O$	1.61 ± 0.03	0.02 ± 0.00	0.39 ± 0.01	0.01 ± 0.00
58	45.03	1199	Dodecane	170	$C_{12}H_{26}$	4.92 ± 0.08	0.07 ± 0.00	8.51 ± 0.13	0.20 ± 0.00
59	45.39	1204	Myrtenol	152	$C_{10}H_{16}O$	1.23 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
60	45.61	1207	Safranal	150	$C_{10}H_{14}O$	4.57 ± 0.07	0.07 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.02 ± 0.00
61	46.13	1213	(*E*)-Piperitol	154	$C_{10}H_{18}O$	0.64 ± 0.01	0.01 ± 0.00	-	-
62	46.79	1224	Coumaran	120	C_8H_8O	25.76 ± 0.41	0.39 ± 0.01	-	-
63	46.94	1226	(*E*)-Carveol	152	$C_{10}H_{16}O$	0.16 ± 0.00	0.00	0.57 ± 0.01	0.01 ± 0.00
64	47.19	1229	*β*-Cyclocitral	152	$C_{10}H_{16}O$	3.24 ± 0.05	0.05 ± 0.00	1.48 ± 0.02	0.03 ± 0.00
65	47.38	1232	Ascaridole	168	$C_{10}H_{16}O_2$	0.18 ± 0.00	0.00	-	-
66	47.58	1234	(*Z*)-Carvone	150	$C_{10}H_{14}O$	0.91 ± 0.01	0.01 ± 0.00	29.76 ± 0.47	0.69 ± 0.01
67	48.00	1241	(*E*)-Chrysanthenyl acetate	194	$C_{12}H_{18}O_2$	9.65 ± 0.15	0.14 ± 0.00	15.88 ± 0.25	0.37 ± 0.01
68	48.57	1249	Cumaldehyde	148	$C_{10}H_{12}O$	0.35 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.60 ± 0.01	0.01 ± 0.00
69	49.05	1255	Perilla ketone	166	$C_{10}H_{14}O_2$	7.81 ± 0.12	0.12 ± 0.00	12.57 ± 0.20	0.29 ± 0.00
70	49.85	1267	(*Z*)-Chrysanthenyl acetate	194	$C_{12}H_{18}O_2$	9.65 ± 0.15	0.14 ± 0.00	35.05 ± 0.55	0.81 ± 0.01
71	50.18	1271	(*E*)-Ascaridol glycol	170	$C_{10}H_{18}O_2$	1.39 ± 0.02	0.02 ± 0.00	11.04 ± 0.17	0.26 ± 0.00
72	50.51	1276	(*E*)-Linalool oxide ace tate	212	$C_{12}H_{20}O_3$	1.54 ± 0.02	0.02 ± 0.00	16.55 ± 0.26	0.38 ± 0.01
73	51.58	1291	Isopulegyl acetate	196	$C_{12}H_{20}O_2$	8.24 ± 0.13	0.12 ± 0.00	-	-
74	51.98	1296	Thymol	150	$C_{10}H_{14}O$	10.36 ± 0.16	0.16 ± 0.00	7.05 ± 0.11	0.16 ± 0.00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
75	52.38	1303	Indole	117	C_8H_7N	2.91 ± 0.05	0.04 ± 0.00	-	-
76	52.67	1307	Carvacrol	150	$C_{10}H_{14}O$	1.25 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
77	53.28	1316	(*E*)-Carveyl acetate	194	$C_{12}H_{18}O_2$	0.25 ± 0.00	0.00	0.28 ± 0.00	0.01 ± 0.00
78	53.89	1325	*α*-Terpinyl acetate	196	$C_{12}H_{20}O_2$	2.49 ± 0.04	0.04 ± 0.00	-	-
79	55.15	1344	Bicycloelemene	204	$C_{15}H_{24}$	7.02 ± 0.11	0.11 ± 0.00	-	-
80	55.99	1357	*α*-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	8.38 ± 0.13	0.13 ± 0.00	73.44 ± 1.16	1.70 ± 0.03
81	56.21	1360	*α*-Longipinene	204	$C_{15}H_{24}$	28.00 ± 0.44	0.42 ± 0.01	33.73 ± 0.53	0.78 ± 0.01
82	56.62	1366	Eugenol	164	$C_{10}H_{12}O_2$	0.54 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.27 ± 0.00	0.01 ± 0.00
83	57.53	1380	*α*-Yalangene	204	$C_{15}H_{24}$	6.58 ± 0.10	0.10 ± 0.00	11.58 ± 0.18	0.27 ± 0.00
84	57.85	1385	*α*-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	70.09 ± 1.11	1.05 ± 0.02	62.55 ± 0.99	1.44 ± 0.02
85	58.51	1395	*β*-Bourbonene	204	$C_{15}H_{24}$	12.73 ± 0.20	0.19 ± 0.00	-	-
86	58.75	1398	*β*-Cubebene	204	$C_{15}H_{24}$	44.72 ± 0.71	0.67 ± 0.01	107.86 ± 1.70	2.49 ± 0.04
87	58.83	1400	*β*-Elemene	204	$C_{15}H_{24}$	34.95 ± 0.55	0.52 ± 0.01	-	-
88	59.11	1404	(*Z*)-Muurola-3,5-diene	204	$C_{15}H_{24}$	9.65 ± 0.15	0.14 ± 0.00	35.96 ± 0.57	0.83 ± 0.01
89	59.41	1409	(*Z*)-Jasmone	164	$C_{11}H_{16}O$	1.81 ± 0.03	0.03 ± 0.00	-	-
90	59.58	1411	(*Z*)-Thujopsene	204	$C_{15}H_{24}$	0.12 ± 0.00	0.00	3.18 ± 0.05	0.07 ± 0.00
91	60.13	1420	*α*-Gurjunene	204	$C_{15}H_{24}$	1.43 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
92	60.36	1424	*β*-Ylangene	204	$C_{15}H_{24}$	11.83 ± 0.19	0.18 ± 0.00	17.32 ± 0.27	0.40 ± 0.01
93	60.91	1429	*β*-Gurjunene	204	$C_{15}H_{24}$	294.36 ± 4.65	4.40 ± 0.07	259.22 ± 4.10	5.98 ± 0.09
94	61.20	1433	*β*-Copaene	204	$C_{15}H_{24}$	57.41 ± 0.91	0.86 ± 0.01	130.48 ± 2.06	3.01 ± 0.05
95	61.21	1437	Aromadendrene	204	$C_{15}H_{24}$	1.41 ± 0.02	0.02 ± 0.00	-	-
96	62.08	1451	9-Epicaryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	4.79 ± 0.08	0.07 ± 0.00	6.12 ± 0.10	0.14 ± 0.00
97	62.32	1455	3,5-Cadinadiene	204	$C_{15}H_{24}$	63.96 ± 1.01	0.96 ± 0.02	83.35 ± 1.32	1.92 ± 0.03

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Continued

NO	RT[1)]	RI[2)]	Compound	MW[3)]	MF[4)]	*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA			
						SDE		SPME	
						Amount (mg/kg)	Area (%)	Amount (mg/kg)	Area (%)
98	62.38	1456	Alloaromadendrene	204	$C_{15}H_{24}$	12.32 ± 0.19	0.18 ± 0.00	4.95 ± 0.08	0.11 ± 0.00
99	63.03	1466	α-Caryophyllene	204	$C_{15}H_{24}$	168.19 ± 2.66	2.52 ± 0.04	112.68 ± 1.78	2.60 ± 0.04
100	63.58	1475	(*Z*)-Muurola-4(15),5-diene	204	$C_{15}H_{24}$	63.96 ± 1.01	0.96 ± 0.02	130.59 ± 2.06	3.01 ± 0.05
101	64.36	1488	γ-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	2595.99 ± 41.02	38.85 ± 0.61	162.82 ± 2.57	3.76 ± 0.06
102	64.78	1494	γ-Amorphene	204	$C_{15}H_{24}$	581.16 ± 9.18	8.70 ± 0.14	590.72 ± 9.33	13.63 ± 0.22
103	65.50	1506	γ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	101.48 ± 1.60	1.52 ± 0.02	149.86 ± 2.37	3.46 ± 0.05
104	65.88	1512	α-Farnesene	204	$C_{15}H_{24}$	7.02 ± 0.11	0.11 ± 0.00	40.63 ± 0.64	0.94 ± 0.01
105	66.09	1513	α-Muurolene	204	$C_{15}H_{24}$	39.26 ± 0.62	0.59 ± 0.01	137.93 ± 2.18	3.18 ± 0.05
106	67.18	1534	δ-Cadinene	204	$C_{15}H_{24}$	194.03 ± 3.07	2.90 ± 0.05	171.68 ± 2.71	3.96 ± 0.06
107	67.86	1546	(*E*)-Cadina-1,4-diene	204	$C_{15}H_{24}$	17.10 ± 0.27	0.26 ± 0.00	37.90 ± 0.60	0.88 ± 0.01
108	68.34	1554	β-Calacorene	200	$C_{15}H_{20}$	5.85 ± 0.09	0.09 ± 0.00	31.35 ± 0.50	0.72 ± 0.01
109	69.28	1569	(*E*)-Nerolidol	222	$C_{15}H_{26}O$	12.60 ± 0.20	0.19 ± 0.00	-	-
110	69.75	1577	Viridiflorol	222	$C_{15}H_{26}O$	29.34 ± 0.46	0.44 ± 0.01	97.22 ± 1.54	2.24 ± 0.04
111	70.01	1582	Spathulenol	220	$C_{15}H_{24}O$	98.91 ± 1.56	1.48 ± 0.02	401.56 ± 6.34	9.27 ± 0.15
112	70.52	1590	Gleenol	222	$C_{15}H_{26}O$	26.10 ± 0.41	0.39 ± 0.01	-	-
113	71.06	1599	Caryophylleneoxide	220	$C_{15}H_{24}O$	203.75 ± 3.22	3.05 ± 0.05	-	-
114	71.68	1610	Salvial-4(14)-en-1-one	220	$C_{15}H_{24}O$	215.21 ± 3.40	3.22 ± 0.05	238.34 ± 3.77	5.50 ± 0.09
115	73.54	1643	Epicubenol	222	$C_{15}H_{26}O$	65.04 ± 1.03	0.97 ± 0.02	-	-
116	73.87	1649	Gossonorol	218	$C_{15}H_{22}O$	421.15 ± 6.65	6.30 ± 0.10	173.12 ± 2.74	4.00 ± 0.06
117	74.31	1657	α-Cadinol	222	$C_{15}H_{26}O$	111.64 ± 1.76	1.67 ± 0.03	-	-
118	74.99	1669	Ylangenol	220	$C_{15}H_{24}O$	162.06 ± 2.56	2.43 ± 0.04	226.06 ± 3.57	5.22 ± 0.08
119	75.59	1680	Intermedeol	222	$C_{15}H_{26}O$	79.34 ± 1.25	1.19 ± 0.02	30.26 ± 0.48	0.70 ± 0.01
120	75.71	1682	Muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol	220	$C_{15}H_{24}O$	49.97 ± 0.97	0.75 ± 0.01	41.57 ± 0.66	0.96 ± 0.02
Total						6682.62 ± 105.59	100.00	4333.04 ± 68.46	100.00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 국화과 식물의 휘발성 향기성분 비교

국화과 식물인 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 휘발성 향기성분을 SDE법으로 추출 후 GC-MS로 분석한 결과, 쑥부쟁이는 총 117종으로 함량은 2,199.49 mg/kg, 개미취는 총 115종으로 함량은 1,101.42 mg/kg 및 구절초는 총 120종으로 함량은 6,682.62 mg/kg으로 동정되었다. SPME법으로 추출 후 쑥부쟁이에서 동정된 화합물은 총 53종으로 함량은 641.60 mg/kg, 개미취는 총 57종으로 함량은 332.83 mg/kg 및 구절초는 총 73종으로 함량은 4,333.04 mg/kg으로 확인되었다. 장시간 열을 가해 추출하게 되는 SDE추출법의 경우 다수의 화합물을 다량 확인할 수 있는데 본 연구에서 또한 SPME추출로 확인된 화합물에 비해 다수 확인되었다. 유기용매를 사용하지 않고 적은 양의 시료로 SPME추출법을 이용하여 GC-MS로 분석하였을 때에도 SDE에서 확인된 화합물을 공통으로 다량 확인할 수 있었다.

SDE추출법을 통해 쑥부쟁이와 개미취는 hydrocarbon류가 각각 1,564.17 mg/kg, 856.30 mg/kg으로 가장 높게 확인되었으며, 구절초에서는 alcohol류가 1,166.94 mg/kg으로 확인되었다. 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 SPME추출법에서 모두 hydrocarbon류가 각각 488.57 mg/kg, 176.80 mg/kg 및 2,419.61 mg/kg으로 가장 높게 확인되었다. SDE추출법에서 alcohol의 경우 구절초가 34.17%의 peak area로 가장 높았으며, 쑥부쟁이가 23.73%, 개미취가 23.28% 순으로 확인되었다. Aldehyde는 개미취가 23.28%, 쑥부쟁이 16.95%, 구절초 10.83%이었으며, ester는 구절초에서 5.00%, 쑥부쟁이 3.39%, 개미취에서 1.72%로 확인되었다. Hydrocarbon류는 쑥부쟁이와 개미취에서 각각 40.68%, 35.34%로 가장 높은 peak area를 나타냈으며 구절초에서는 31.67%로 나타났다. Ketone류는 개미취에서 10.34%로 높았으며, 구절초에서 8.33%, 쑥부쟁이에서 6.78%이었으며, oxide류는 구절초, 쑥부쟁이 및 개미취에서 각각 8.33%, 6.78% 및 4.31%로 확인되었다. 기타 화합물인 miscellane은 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 가장 소량 확인되었으며, 각각 1.69%, 1.72% 및 0.83%로 확인되었다. SPME추출법에서 alcohol은 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 각각 15.09%, 12.28%, 27.40%로 나타났으며, aldehyde류는 9.43%, 21.05%, 12.33%로

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

확인되었다. Ester의 경우 쑥부쟁이와 개미취에서는 확인되지 않았으며, 구절초에서만 12.33%(10.20 mg/kg)로 확인되었다. Hydrocarbon류는 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 가장 높은 peak area로 각각 62.26%, 54.38% 및 39.73%로 나타났으며, ketone류는 각각 7.55%, 8.77%, 9.59%, oxide류는 3.77%, 1.75%, 5.48%로 확인되었다. Miscellaneous는 쑥부쟁이와 개미취에서만 확인되었고 각각 1.89%, 1.75%로 나타났다(Fig. 9).

Terpene류는 연쇄상 및 환상의 탄화수소로 천연수 및 천연고무에서 분리되는 화합물의 모체가 되며, 알코올, 케톤, 알데하이드 및 그 외의 유도체까지 포함한다. Terpene류는 isoprene 단위의 수에 따라 isoprene 단위가 1개인 것은 hemiterpene(C_5), 2개인 것은 monoterpene(C_{10}), 3개인 것은 sesquiterpene(C_{15}), 4개인 것은 diterpene(C_{20}), 6개인 것은 triterpene(C_{30}), 8개인 것은 tetraterpene(C_{40}), 10개 이상인 것을 polyterpene이라고 한다(Bohlmann, Meyer-Gauen & Croteau, 1998). 식물의 정유에는 monoterpene과 sesquiterpene 화합물이 섞인 것이 주를 이루며, 이는 공기중에 분포하고 방향성을 띄어 산림치유에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kwon, 2003). SDE추출법에서 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 확인된 terpene류는 각각 총 79종, 62종 및 87종이었으며, 함량은 1,847.58 mg/kg, 666.40 mg/kg 및 6,574.08 mg/kg으로 확인되었다. SPME추출법에서는 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 각각 41종, 34종 및 59종이었으며, 함량은 519.59 mg/kg, 239.35 mg/kg 및 4,233.10 mg/kg으로 확인되었다. 쑥부쟁이의 SDE추출에서 terpene 화합물은 sesquiterpene hydrocarbon류가 49.37%(1,441.23 mg/kg)로 peak area가 가장 높았으며, oxygenated monoterpene류가 26.58%(266.40 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 16.46%(135.45 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류가 7.59%(4.50 mg/kg)로 확인되었다. SPME추출법에서의 terpene 화합물은 sesquiterpene hydrocarbon류가 63.41%(443.47 mg/kg)로 가장 높은 peak area로 나타났으며, oxygenated monoterpene류가 21.95%(8.67 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 12.20%(60.79 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류는 2.44%(6.60 mg/kg)로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

개미취의 SDE추출에서는 sesquiterpene hydrocarbon류가 51.61%(589.68 mg/kg)로 가장 높게 확인되었으며, oxygenated monoterpene류가 22.58%(33.71 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 19.35%(40.35 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류가 6.45%(2.66 mg/kg)로 확인되었다. SPME추출에서도 sesquiterpene hydrocarbon류가 67.65%(139.92 mg/kg)로 높게 확인되었으며, oxygenated monoterpene류가 14.71%(6.85 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 11.76%(87.44 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류가 5.88%(5.14 mg/kg)로 확인되었다. 구절초는 SDE 및 SPME추출법 모두에서 oxygenated monoterpene류가 각각 45.98%(648.19 mg/kg), 40.68%(613.86 mg/kg)로 가장 높았으며 sesquiterpene hydrocarbon류가 32.18%(4,443.76 mg/kg), 38.98%(2,395.90 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 13.79%(1.475.10 mg/kg), 11.86%(1,208.13 mg/kg), monoterpene hydrocarbon류가 8.05%(7.03 mg/kg), 8.47%(15.21 mg/kg)로 확인되었다(Fig. 10).

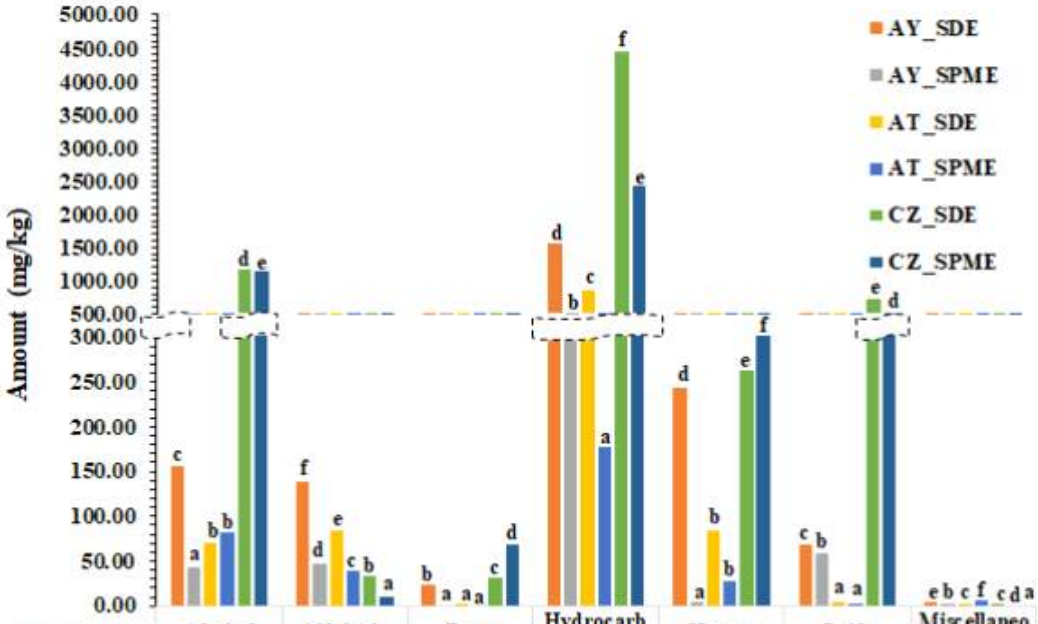
SDE추출법에서 monoterpene hydrocarbon류는 구절초가 8.05%로 가장 높았으며 쑥부쟁이가 7.59%, 개미취가 6.45%로 확인되었다. Oxygenated monoterpene류는 구절초에서 45.98%(648.19 mg/kg)로 가장 높게 확인되었으며, 쑥부쟁이가 26.58%(266.40 mg/kg), 개미취가 22.58%(33.71 mg/kg)로 확인되었다. Sesquiterpene hydrocarbon류는 쑥부쟁이가 49.37%(1,441.23 mg/kg)로 가장 높았으며, 개미취에서 51.61%(589.68 mg/kg), 구절초에서 32.18%(4,443.76 mg/kg)로 나타났고, oxygenated sesquiterpene류는 개미취에서 19.35%(40.35 mg/kg), 쑥부쟁이에서 16.46%(135.45 mg/kg), 구절초에서 13.79%(1,475.10 mg/kg)로 확인되었다. 쑥부쟁이 및 개미취의 SPME추출에서 sesquiterpene hydrocarbon류가 각각 63.41%(443.47 mg/kg), 67.65%(139.92 mg/kg)로 가장 높은 peak area를 나타냈으며, oxygenated monoterpene류가 21.95%(8.67 mg/kg), 14.71%(6.85 mg/kg)로 확인되었다. 다음으로 oxygenated sesquiterpene류가 12.20%(60.79 mg/kg), 11.76%(87.44 mg/kg)로 확인되었고, monoterpene hydrocarbon류가 2.44%(6.60 mg/kg), 5.88%(5.14 mg/kg)로 나타났다. 구절초에서는 oxygenated monoterpene류가 40.68%(613.86 mg/kg)로 가장 높았으며, sesquiterpene hydrocarbon류가 38.98%(2,395.90 mg/kg), oxygenated sesquiterpene류가 11.86%(1,208.13 mg/kg) 및 monoterpene hydrocarbon류가

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

8.47%(15.21 mg/kg)로 확인되었다.

SDE 추출을 통해 국화과 식물인 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 공통적으로 확인된 휘발성 향기성분으로는 sulcatone, decane, nonanal, β-cyclocitral, δ-cadinene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, γ-cadinene, γ-muurolene, γ-amorphene, α-cubebene, α-copaene, β-calacorene 및 α-longipinene 등으로 확인되었다. 쑥부쟁이와 개미취의 경우 모두 동일한 목, 과, 속으로 휘발성 향기성분의 차이가 크지 않았지만 구절초의 경우 초롱꽃목으로 화합물의 조성과 함량에 차이가 있었다. 전체 화합물의 함량에서도 구절초의 경우 쑥부쟁이보다 약 3배, 개미취보다는 약 6배 이상의 차이를 확인할 수 있었다. SPME 추출을 통해 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 공통적으로 확인된 휘발성 향기성분으로는 Benzaldehyde, sulcatone, decane, nonanal, β-cyclocitral, α-cubebene, α-longipinene, α-yalangene, α-copaene, β-ylangene, β-copaene, α-caryophyllene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, γ-muurolene, γ-amorphene, γ-cadinene, α-muurolene, δ-cadinene, β-calacorene, spathulenol 및 salvial-4(14)-en-1-one로 확인되었으며, SDE추출법과 동일한 화합물들이 확인되었다. 목이 다른 구절초의 경우 SDE추출법과 마찬가지로 쑥부쟁이 및 개미취에 비해 많은 화합물들이 동정되었으며, 쑥부쟁이의 약 6배, 개미취의 약 13배의 화합물이 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



Sample name	Alcohol	Aldehyde	Ester	Hydrocarbon	Ketone	Oxide	Miscellaneous
AY_SDE	156.48	139.39	23.90	1564.17	244.29	68.39	3.80
AY_SPME	42.65	47.18	0.00	488.57	3.91	58.35	0.94
AT_SDE	69.87	83.39	0.66	856.30	84.60	4.96	2.11
AT_SPME	81.45	39.96	0.00	176.80	28.26	0.82	5.53
CZ_SDE	1166.94	34.04	31.82	4456.12	262.14	728.65	2.91
CZ_SPME	1140.62	10.20	67.76	2419.61	374.42	320.43	0.00

Sample name

Fig. 9. Comparison of functional group among the AY = (*Aster yomena* (kitam). Honda), AT = (*Aster tataricus* Linne Fil) and CZ = (*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA) by two extraction methods (SDE and SPME)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

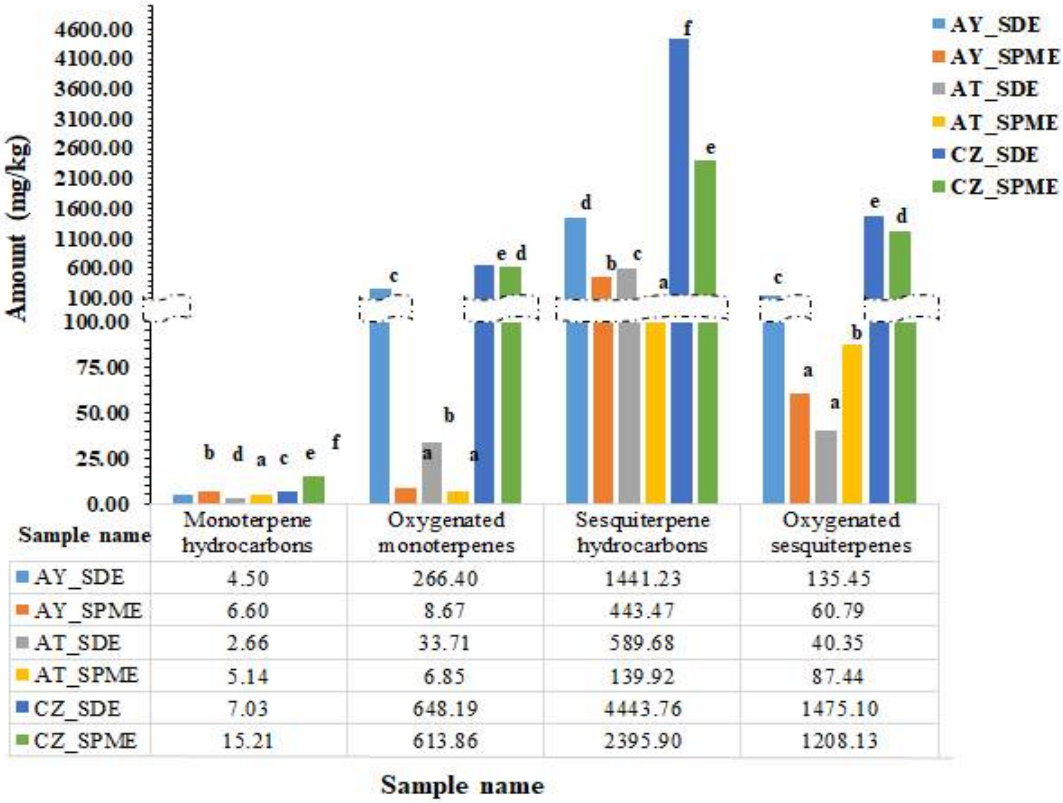


Fig. 10. Comparison of terpene group among the AY = (*Aster yomena* (kitam). Honda), AT = (*Aster tataricus* Linne Fil) and CZ = (*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* KITAMURA) by two extraction methods (SDE and SPME)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 장 요 약

국화과(*Compositae*)식물은 전 세계 널리 분포하며 우리나라, 중국 및 일본에서 건강기능성 소재로서 감기, 고혈압 및 두통 등에 효과적이고 항균활성, 항암활성 등 다양한 효능의 식물로 알려져 있다. 현재 국화과 식물의 연구로는 꽃을 이용한 미백 화장품 연구, 암세포 증식의 억제 효과 및 꽃 추출물의 항산화 효과 등 다양한 연구가 진행된 바 있다. 국화과 식물 중 목과속이 동일한 쑥부쟁이, 개미취와 목이 다른 구절초의 경우 외형이 유사하여 흔히 '들국화'라는 이름으로 불리우며, 각각의 구분이 어렵다. 식물은 부위에 따라 생리활성에 차이가 있으며 국화과 식물의 경우 건강기능성 생리활성에 관한 연구로 꽃에 한정되어 왔다.

본 연구에서는 외형이 유사한 국화과 식물이 쑥부쟁이, 개미취, 및 구절초 잎의 휘발성 향기성분을 SDE 및 SPME방법으로 추출하고 GC-MS를 이용하여 확인하고자 하였다. 휘발성 향기성분을 추출하기 위해 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초는 증류수로 3회 수세 후 균질화하여 실험에 바로 사용하였다.

SDE 추출법으로 쑥부쟁이에서 동정된 화합물은 총 117종으로 함량은 2,199.49 mg/kg, 개미취는 총 115종으로 1,101.42 mg/kg, 및 구절초는 총 120종으로 함량은 6,682.62 mg/kg로 가장 높은 함량으로 확인되었다. 관능기별 함량을 보았을 때 쑥부쟁이 및 개미취는 hydrocarbon류가 각각 40.68%, 35.34%로 가장 높은 area(%)를 확인하였으며, 구절초는 alcohol류가 34.17%로 가장 높음을 확인하였다. Terpene류로는 쑥부쟁이와 개미취에서 sesquiterpene hydrcarbon류가 각각 49.37%, 51.61%로 높은 peak area를 확인하였으며, 구절초에서는 oxgenated monoterpene류가 45.98%로 높게 확인되었다. SPME 추출법으로 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 확인된 화합물은 총 53종, 57종 및 73종으로 각각의 함량은 641.60 mg/kg, 332.83 mg/kg 및 4,333.04 mg/kg으로 확인되었다. 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초에서 모두 hydrocarbon류가 각각 62.26%(488.57 mg/kg), 54.39%(176.80 mg/kg) 및 39.73%(2,419.61 mg/kg)로 높은 peak area를 확인하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Terpene류로는 쑥부쟁이와 개미취에서 sesquiterpene hydrocarbon류가 각각 63.41%(443.47 mg/kg), 67.65%(139.92 mg/kg)로 확인되었으며, 구절초에서는 oxygenated monoterpene류가 40.68%(613.86 mg/kg)로 확인되었다.

SDE추출을 통해 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 휘발성 향기성분에서 모두 동일하게 확인된 화합물은 sulcatone, decane, nonanal, β-cyclocitral, δ-cadinene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, γ-cadinene, γ-muurolene, γ-amorphene, α-cubebene, α-copaene, β-calacorene 및 α-longipinene 등으로 확인되었다. 쑥부쟁이에서만 확인된 화합물로는 bicyclosesquiphellandrene(2.85%), α-zingiberene(2.01%), (E)-β-farnesene(2.00%), (E)-γ-bisabolene(1.43%), humulene epoxide Ⅱ(1.41%) 및 isolongifolol(0.90%)등이었으며 개미취에서는 bicyclogermacrene(3.05%), (Z)-3-hexene-1-ol(1.68%), phytone(1.44%), khusinol(0.94%), cubebol(0.68%), geranyl acetone(0.51%), pentanal(0.45%) 및 octanal(0.25%)등이며, 구절초에서는 (Z)-linalool 3,7-oxide(4.94%), β-gurjunene(4.40%), ylangenol(2.43%), (Z)-anhydrolinalool oxide B(93.25%), intermedeol(1.19%) 및 (E)-linalool 3,7-oxide(53.79%)등이 확인되었다. 보다 간편하고 신속한 분석이 가능한 SPME법으로 공통으로 확인된 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 휘발성 향기성분으로는 Benzaldehyde, sulcatone, decane, nonanal, β-cyclocitral, α-cubebene, α-longipinene, α-yalangene, α-copaene, β-ylangene, β-copaene, α-caryophyllene, (Z)-muurola-4(15),5-diene, γ-muurolene 및 γ-amorphene등으로 확인되었다. 쑥부쟁이에서만 확인된 화합물은 bicyclosesquiphellandrene(9.22%), dihydroacetinolide(6.70%), caryophyllene oxide(2.39%), isolongifolol(2.22%), 3,5-octadien-2-one(0.28%) 및 1-dodecene(0.27%)등이며, 개미취에서는 geranyl acetone(2.90%), (Z)-nerolidol(1.82%), methylethylmaleimide(1.66%), dehydroelsholtzia ketone(1.30%), m-Di-tert-butylbenzene(1.26%) 및 (E,E)-3,5-octadien-2-one(0.86%)등, 구절초에서는 (Z)-linalool 3,7-oxide(6.07%), β-gurjunene(5.98%), ylangenol(5.22%), gossonorol(4.00%), β-cubebene(2.49%), 2,2,6-trimethyl-3-keto-6-vinyltetrahydropyran(1.69%), muurola-4,10(14)-dien-1-β-ol(0.96%), (E)-linalool 3,7-oxide(0.92%) 및 (E)-cadina-1,4-diene(0.88%)등으로 확인되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

결과적으로 추출방법에 따른 휘발성 향기성분의 조성과 함량의 차이를 확인 할 수 있었으며, 같은 목과속인 쑥부쟁이와 개미취에서 화합물의 큰 차이는 없었으나 구절초의 경우 초롱꽃목으로 패턴의 차이를 확인하였다. 또한 각각의 관능기별 패턴과 테르펜 유형별 패턴에 차이가 있었으며, SDE법과 SPME법의 장점을 활용하여 다각적인 분석 방법 적용이 필요하다고 판단된다. 이에 따라 국화과 식물인 쑥부쟁이, 개미취 및 구절초의 휘발성 향기성분의 기초자료로 사용 가능할 것으로 사료된다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

국가표준식물목록. (2020).

전라남도 보건환경연구원. (2016). 전라남도 구례군 농산물의 '천연 게르마늄'

印藤 元一. (2005). 合成香料—化學と商品知識. 化學工業日報社.

Akihisa, T., Kimura, Y., Koike, K., YASUKAWA, K., ARAI, K., SUZUKI, Y., NIKAIDO, T. (1998). Astertarone A: A triterpenoid ketone isolated from the roots of *Aster tataricus* L. Chemical and pharmaceutical bulletin, 46(11), 1824-1826.

Al-Saidan, S. M., Krishnaiah, Y. S. R., Chandrasekhar, D. V., Lalla, J. K., Rama, B., Jayaram, B., Bhaskar, P. (2004). Formulation of an HPMC gel drug reservoir system with ethanol-water as a solvent system and limonene as a penetration enhancer for enhancing in vitro transdermal delivery of nicorandil. Skin pharmacology and physiology, 17(6), 310-320.

An, I. J., Kwon, J. K., Lee, J. S., Park, H. S., Kim, D. C., Choi, B. J., Jung, J. Y. (2012). Induction of apoptosis in human cancer cells with *compositae* extracts. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 41(5), 584-590.

Bagamboula, C. F., Uyttendaele, M., Debevere, J. (2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and *p*-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. Food microbiology, 21(1), 33-42.

Bawdekar, A. S., Kelkar, G. R., Bhattacharyya, S. C. (1967). Terpenoids—CIV: Costol fraction of costus root oil. Tetrahedron, 23(4), 1993-1996.

Berger, R. G. (Ed.). (2007) Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability. Springer Science & Business Media.

Bohlmann, J., Meyer-Gauen, G., Croteau, R. (1998). Plant terpenoid synthases: molecular biology and phylogenetic analysis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 95(8), 4126-4133.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Brenner, D. M. (1993). Perilla: botany, uses and genetic resources. J Janick and J E, 677.

Cane, D. E., Tandon, M. (1995). Epicubenol synthase and the stereochemistry of th e enzymic cyclization of farnesyl and nerolidyl diphosphate. Journal of the American Chemical Society, 117(20), 5602-5603.

Chan, W. K., Tan, L. T. H., Chan, K. G., Lee, L. H., Goh, B. H. (2016). Nerolidol: a sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities. Molecules, 21(5), 529.

Chang, S. S., Shen, G. H., Tang, J., Jin, Q. Z., Shi, H., Carlin, J. T., Ho, C. T. (19 83). Isolation and identification of 2 pentenylfurans in the reversion flavor of soybe an oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 60(3), 553-557.

Choi, D. Y., Choi, E. J., Jin, Q. L., Shin, J. E., Woo, E. R. (2009). Biological Activi ty of Flavonoids Isolated from *Aster tataricus* L. Korean Journal of Pharmacognos y, 40(2), 123-127.

Choi, H. S. (2012). Comparison of the essential oil composition between *Aster tata ricus* and *A. koraiensis*. Analytical Chemistry Letters, 2(3), 138-151.

Choi, H. S. (2018). Analyses of the volatile flavor composition of essential oils fro m *Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum* Kitamura and *Aster yomena* Makino. T he Korean Journal of Food and Nutrition, 31(3), 378-387.

Clark Jr, B. C., Chamblee, T. S., Iacobucci, G. A. (1987). HPLC isolation of the se squiterpene hydrocarbon germacrene B from lime peel oil and its characterization as an important flavor impact constituent. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 35(4), 514-518.

Crowell, P. L., Elson, C. E., Bailey, H. H., Elegbede, A., Haag, J. D., Gould, M. N. (1994). Human metabolism of the experimental cancer therapeutic agentd-limonene. Cancer chemotherapy and pharmacology, 35(1), 31-37.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Da Silva Mota, J., de Souza, D. S., Boone, C. V., Lima Cardoso, C. A., Bastos Car amão, E. (2013). Identification of the volatile compounds of leaf, flower, root and st em oils of *Piper amalago* (Piperaceae). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 16 (1), 11-16.

Eggersdofer, M. (2005). Terpenes In: Ullmann's encyclopedia of industrial chemistr y, electronic release.

Ehrnhofer-Ressler, M. M., Fricke, K., Pignitter, M., Walker, J. M., Walker, J., Ryc hlik, M., Somoza, V. (2013). Identification of 1, 8-cineole, borneol, camphor, and thu jone as anti-inflammatory compounds in a *Salvia officinalis* L. infusion using huma n gingival fibroblasts. Journal of agricultural and food chemistry, 61(14), 3451-3459.

Eslava, A. P., ALVAREZ, M. I., CERDÁ OLMEDO, E. (1974). Regulation of carot ene biosynthesis in Phycomyces by vitamin A and β-ionone. European Journal of Biochemistry, 48(2), 617-623.

Florence, A. B., Félix, T. Z., Muriel, K. A., Chalard, P., Figueredo, G. (2011). Che mical composition of essential oil of *Melanthera scandens* (Schum. et Thonn.) Robe rty. World Applied Sciences Journal, 15(7), 992-995.

Gu, J. L., Li, Z. J., Zhang, H. X., Du, Z. Z. (2014). Fragrant Volatile Sesquiterpenoi ds Isolated from the Essential Oil of *Laggera pterodonta* by Using Olfactory Guid ed Fractionation. Chemistry & biodiversity, 11(9), 1398-1405.

Heo, B. G., Park, Y. S., Chon, S. U., Lee, S. Y., Cho, J. Y., Gorinstein, S. (2007). Antioxidant activity and cytotoxicity of methanol extracts from aerial parts of Kore an salad plants. Biofactors, 30(2), 79-89.

Höferl, M., Krist, S., Buchbauer, G. (2006). Chirality influences the effects of linalo ol on physiological parameters of stress. Planta medica, 72(13), 1188-1192.

Hong, C. W. (2002). Essential oil comparison of *Chrysanthemum boreale* and *Chry santhemum indicum*. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistr y, 45(2), 108-113.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Hong, Y. S., Lee, Y. S., Kim, K. S. (2017). Comparison of volatile flavor compounds of yuzu, kumquat, lemon and lime. Korean Journal of Food Preservation, 24(3), 394-405.

Hong, Y. S., Son, J. H., Jeong, J. Y., Song, O. Y., Lee, J. H. Kim, K. S. (2018) Comparision of volatile flavor compounds of *Artemisia annua* L. extracted by simultaneous steam distillation extraction and solid-phase micro extraction. Journal of the Korean Food Preserv, 25(3), 321-329.

Hosseinzadeh, H., Sadeghnia, H. R. (2005). Safranal, a constituent of *Crocus sativus* (saffron), attenuated cerebral ischemia induced oxidative damage in rat hippocampus. J Pharm Pharm Sci, 8(3), 394-399.

In, J. G., Kwon, W. S., Min, J. W., Lee, B. S., Kim, E. J., Yang, D. C. (2008). Volatile constituents by treatment of artificial saliva in fresh ginseng root. Journal of Ginseng Research, 32(4), 305-310.

Ireland, B. F., Hibbert, D. B., Goldsack, R. J., Doran, J. C., Brophy, J. J. (2002). Chemical variation in the leaf essential oil of *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) ST Blake. Biochemical Systematics and Ecology, 30(5), 457-470.

Jang, D. S., Park, K. H., Kim, H. M., Hong, D. H., Chun, H. K., Kho, Y. H., Yang, M. S. (1998). Biological activities of sesquiterpene lactones isolated from several *compositae* plants. Part 1 cytotocicity against cancer cell lines. The Korean Society of Pharmacognosy, 29, 243-347.

Jiang, X. I. O. N. G., Haofu, D., Yuanfen, Y. I., Zhen, Y., Jun, Z. (2001). Voltile components of the leaves of *Michelia floribunda*. Natural Product Research and Development, 13(5), 13-14.

Jung, B. M., Lim, S. S., Park, Y. J., Bae, S. J. (2005). Inhibitory effects on cell survival and quinone reductase induced activity of *Aster yomena* fractions on human cancer cells. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 34(1), 8-12

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Jung, B. M., Shin, T. S., Heo, Y. R. (2014). Comparison of volatile compounds ide ntified in different parts of *Peucedanum japonicum* Thunberg by harvest time. Jour nal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 43(12), 1871-1880.

Jüttner, F. (1976). *β*-Cyclocitral and alkanes in *Microcystis* (Cyanophyceae). Zeitsc hrift für Naturforschung C, 31(9-10), 491-495.

Khan, N., Jamila, N., Choi, J. Y., Nho, E. Y., Hussain, I., Kim, K. S. (2015). Effect of gamma-irradiation on the volatile flavor profile of fennel (*Foeniculum vulgare* M ill.) from Pakistan. Pakistan journal of botany, 47(5), 1839-1846.

Kim, A. R., Jin, Q., Jin, H. G., Ko, H. J., Woo, E. R. (2014). Phenolic compounds with IL-6 inhibitory activity from *Aster yomena*. Archives of pharmacal research, 3 7(7), 845-851.

Kim, H. J., Song, H. J., Song, K. B. (2011). Effect of combined treatment of aqueo us chlorine dioxide with ultraviolet-C on the quality of red chicory and pak choi d uring storage. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 40(2), 245-252.

Kim, J. H., Hong, S. J., Shin, I. S., Eum, H. L. (2014). Analysis of the volatile org anic compounds of Persimmon flower according to Tree age and floral organ. Prote cted Horticulture and Plant Factory, 23(4), 321-328.

Kim, M. J., Kim, J. H., Lee, S., Cho, E. J., Kim, H. Y. (2018). Determination of Ra dical Scavenging Activity of *Aster yomena* (Kitam.) Honda. Journal of the Korea A cademia-Industrial cooperation Society, 19(9), 402-407.

Kim, M. K., Lee, B. E., Yun, S. E., Kim, Y. H., Kim, Y. K., Hong, J. S. (1994). C hanges in volatile constituents of *Zingiber officinale* Roscoe rhizomes during storag e. Applied Biological Chemistry, 37(1), 1-8.

Kovats, E. (1958). Characterization of organic compounds by gas chromatography. Part 1. Retention indices of aliphatic halides, alcohols, aldehydes and ketones. Helve tica Chimica Acta, 41(7). 1915-1932.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Kwon, Y. M. (2003). The new plant physiology. Academy books, 284-287.

Lee Chang Bok. (1982). Korean plant Diagrams. 695. Hyangmunsa. Seoul

Lee, J. Y. (2015). Seasonal variation of terpene components from coniferous leaf of five species-Pinus densiflora, Pinus koraiensis, Abies holophylla, Chamaecyparis obtusa, Chamaecyparis pisifera-. Chungbuk university.

Lee, S. H. (2006). Production and characterization of a potent antidandruffy compound from phytochemicals. (Master's thesis). Paichai University.

Lee, S. H., Lee, J. S. (2007). Production and Characteristics of Antidandruffy compound from *Chrysanthemum zaawadskii*. Kor. J. Microbiol. Biotechnol, 35, 220-225.

Lee, S. Y., Choi, H. W., Weon, H. Y., Han, J. H., Kim, D. Y., Ahn, S. H. (2018). Occurrence of sclerotinia rot by *Sclerotinia minor* on *Aster yomena* in Korea. Journal of the Korean Mycology, 46(2), 200-204.

Lee, Y. G., Lee, J. H., Lee, N. Y., Kim, N. K. (2017). Evaluation for the flowers of compositae plants as whitening cosmetics functionality. Journal of Applied Biological Chemistry, 60(1), 5-12.

Lee, Y. K. (2001). Effect of alkali treatments on the greenness and volatile flavors of sea lettuce, *Monostrima nitidum*. Journal of Life Science, 11(6), 568-573.

Leem, H. H., Kim, E. O., Seo, M. J., Choi, S. W. (2011). Antioxidant and anti-inflammatory activities of eugenol and its derivatives from clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 40(10), 1361-1370.

Leffingwell, J. C. (2005). "Rose(Rosa damascena)". Aroma from Carotenoids - Rose. Leffingwell & Associates. Retrieved 14 January 2014.

Loreto, F., Ciccioli, P., Cecinato, A., Brancaleoni, E., Frattoni, M., Tricoli, D. (1996). Influence of environmental factors and air composition on the emission of [alpha]-pinene from *Quercus ilex* leaves. Plant Physiology, 110(1), 267-275.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Moosavy, M. H., Esmaeili, S., Mostafavi, E. (2013). Antibacterial Effect of *M enth a spicata* Essential Oil on *L isteria monocytogenes* in Traditional L ighvan Cheese. Journal of Food Safety, 33(4), 509-514.

Nam, S. H., Yang, M. S. (1995). Antibacterial activities of extracts from *Chrysanth emum boreale* M. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38, 273-277.

Nascimento, K. F., Moreira, F. M. F., Santos, J. A., Kassuya, C. A. L., Croda, J. H. R., Cardoso, C. A. L., Formagio, A. S. N. (2018). Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guin eense* Sw. and spathulenol. Journal of ethnopharmacology, 210, 351-358.

Ng, T. B., Liu, F., Lu, Y., Cheng, C. H. K., Wang, Z. (2003). Antioxidant activity of compounds from the medicinal herb *Aster tataricus*. Comparative Biochemistry a nd Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 136(2), 109-115.

Nickerson, G. B., Likens, S. T., (1996). Gas chromatography evidence for the occur rence of hop oil components in beer. J. Chromatogr. 21, 1-5

Nishida, R., Shelly, T. E., Whittier, T. S., Kaneshiro, K. Y. (2000). *α*-Copaene, a p otential rendezvous cue for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*?. Journal of Chemical Ecology, 26(1), 87-100.

Ogunwande, I. A., Olawore, N. O., Usman, L. (2005). Composition of the leaf oil of *Centratherum punctatum* Cass. growing in Nigeria. Journal of Essential Oil Researc h, 17(5), 496-498.

Park, N. Y., Kown, J. H., Kim, H. K. (1998). Optimization of extraction conditions for ethanol extracts from *Chrysanthemum morifolium* by response surface methodol ogy. Journal of the Korean Society of Food Science and Technology, 31, 1189-1196.

Park, S. M., Ko, K. Y., Kim, I. H. (2015). Optimization of *d*-limonene extraction fr om tangerine peel in various solvents by using Soxhlet extractor. Korean Chemical Engineering Research, 53(6), 717-722.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Peacock, V. E., Deinzer, M. L. (1989). The structures of humulene diepoxides found in hops and beer. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 47(1), 4-6.

Poulose, A. J., Croteau, R. (1978). Biosynthesis of aromatic monoterpenes: Conversion of *γ*-terpinene to *p*-cymene and thymol in *Thymus vulgaris* L. Archives of Biochemistry and Biophysics, 187(2), 307-314.

Pu, L. X., Yuan, X. H., Tang, T. J. (2009). Analysis of volatile oil from *Ardisia brevicaulis*. Zhong yao cai= Zhongyaocai= Journal of Chinese Medicinal Materials, 32(11), 1694-1697.

Rao, A. A., Surve, K. L., Chakravarti, K. K., Bhattacharyya, S. C. (1963). Terpenoids—XXXVI: The structure of khusinol a new sesquiterpene alcohol from vetiver oil. Tetrahedron, 19(1), 233-239.

Reddy, Y. (2015). Anti-arthritic and anti inflammatory activity of beta caryophyllene against freund's complete adjuvant induced arthritis in wistar rats. Journal of Bone Reports & Recommendations, 1(2), 9.

Sadtler Research Laboratories. (1986). The Sadtler standard gas chromatography retention index library (Vol. 4). Sadtler Research Laboratories.

Salapovic, H., Geier, J., Reznicek, G. (2013). Quantification of sesquiterpene lactones in asteraceae plant extracts: Evaluation of their allergenic potential. Scientia pharmaceutica, 81(3), 807-818.

Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Eggling SB, Teranishi R. (1977). Isolation of volatile components from a model system. J Science of Food and Agriculture. 25, 446-449

Seo, S. W. (2019). Protective effects of ethanol extract from *Aster yomena* on acute pancreatitis. Journal of Physiology & Pathology in Korean Medicine, 33(2), 109-115.

Setzer, W. (2008). Germacrene D cycization: An ab initioinvestigation. International Journal of Molecular Sciences, 9(1), 89-97.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Shim, S. Y., Kang, H. S., Sun, H. J., Lee, Y. J., Park, J. R., Chun, S. S., Byun, D. S. (2012). Isolation and identification of flavonoids from *Gujeolcho* (*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*) as inhibitor of histamine release. Journal of Food Science and Biotechnology, 21(2), 613-617.

Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., Catalan, C. A. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. Food and chemical toxicology, 46(10), 3295-3302.

Small, E. (2006). Culinary herbs. NRC Research Press.

Song, O. H. (2016). Antimicrobial synergism of *Camellia sinensis* isolated five compounds and R-(-)-carone against mutans streptococci. Wonkwang university.

Song, S. H., Paik, N. W., Ha, K. C. (2000). A study on exposure to volatile organic compounds at gas stations in Korea. Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, 10(1), 58-73.

Stenhagen, E., Abrahamsson, S., Mclafferty, F. W. (1974). Registry of mass spectral data.

Tran, D. N., Cramer, N. (2014). Biomimetic Synthesis of (+) Ledene,(+) Viridiflorol,(−) Palustrol,(+) Spathulenol, and Psiguadial A, C, and D via the Platform Terpene (+) Bicyclogermacrene. Chemistry - A European Journal, 20(34), 10654-10660.

Tsuneki, H., Ma, E. L., Kobayashi, S., Sekizaki, N., Maekawa, K., Sasaoka, T., Wang, M. W., Kimura, I. (2005). Antiangiogenic activity of β-eudesmol in vitro and in vivo. European journal of pharmacology, 512(2-3), 105-115.

Türkez, H., Çelik, K., Toğar, B. (2014). Effects of copaene, a tricyclic sesquiterpene, on human lymphocytes cells in vitro. Cytotechnology, 66(4), 597-603.

Vieira, P. C., Himejima, M., Kubo, I. (1991). Sesquiterpenoids from *Brachylaena hutchinsii*. Journal of natural products, 54(2), 416-420.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Woo, J. H., Jeong, H. S., Yu, J. S., Chang, Y. D., Lee, C. H. (2008). Antioxidant ef fect of extracts obtained from four *Aster* species native to Korea. Plant Resources, 21(2), 52-59.

Woo, J. H., Shin, S. L., Lee, C. H. (2010). Antioxidant effects of ethanol extracts f rom flower species of compositae plant. Journal of the Korean Society of Food Scie nce and Nutrition, 39(2), 159-164.

Yu, P., Cheng, S., Xiang, J., Yu, B., Zhang, M., Zhang, C., Xu, X. (2015). Expector ant, antitussive, anti-inflammatory activities and compositional analysis of *Aster tat aricus*. Journal of ethnopharmacology, 164, 328-333.

Zhang, S., Raftery, D. (2014). Headspace SPME-GC-MS metabolomics analysis of urinary volatile organic compounds (VOCs). Methods in molecular biology (Clifton, NJ), 1198, 265.

Zhou, W. B., Tao, J. Y., Xu, H. M., Chen, K. L., Zeng, G. Z., Ji, C. J., Tan, N. H. (2010). Three new antiviral triterpenes from *Aster tataricus*. Zeitschrift fur Naturfor schung B, 65(1), 1393-1396.

Zhu, T., Xu, Y., Dong, B., Zhang, J., Wei, Z., Xu, Y., Yao, Y. (2011). β-elemene in hibits proliferation of human glioblastoma cells through the activation of glia matur ation factor β and induces sensitization to cisplatin. Oncology reports, 26(2), 405-41 3.