KOREAN J. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 28, No. 2 April, 2012

재배 두메부추로부터 추출한 정유의 휘발성 성분 분석

오미 · 배선영 · 정미숙†
덕성여자대학교 자연과학대학 식품영양학과

Volatile Compounds of Essential Oils from *Allium senescens* L. var. senescens

Mi Oh, Seon Young Bae and Mi Sook Chung†
Department of Food and Nutrition, College of Natural Science, Duksung Women's University

Abstract

Dumebuchu (*Allium senescens* L. var. *senescens*) has a peculiar and long-lasting odor that resembles the flavor of garlic and onions. This study was conducted to examine the volatile compounds of essential oils extracted from *dumebuchu*. The essential oils of *dumebuchu* were extracted by hydrodistillation using a clavenger-type apparatus and analyzed by GC-MS. A total of 25 compounds were identified in the essential oils from *dumebuchu*. Among sulfur-containing compounds, 4 disulfides and 3 trisulfides were identified. The most abundant sulfur-containing compound was 5-dimethylthiophene (peak area 41.15%) and the second and the third most abundant compound were dipropyl disulfide (18.91%) and propyl allyl disulfide (12.23%), respectively.

Key words : *Allium senescens* L. var. *senescens*, *dumebuchu*, essential oils, hydrodistillation, sulfur-containing compounds

I. 서 론

Allium 식물 조직이 손상되면 alliinase가 비휘발성 화합물인 S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides(S-methyl-cysteine sulfoxides, S-propyl-cysteine sulfoxides, S-2-propenyl-cysteine sulfoxides, S-1-propenyl-cysteine sulfoxides)에 작용하여 특징적인 휘발성 함황화합물을 생성한다. Alliinase [S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide lyase]는 pyridoxal-phosphate-(Pxy-*P*)-dependent enzyme이며 부추에서 추출된 alliinase의 경우 cDNA는 476개 아마노산으로 이루어져 있고 분자량은 54,083 Da으로 양파, 마늘 및 파에서 추출한 alliinase의 아미노산 sequence와 66-69% 동일한 것으로 보고되었다(Manabe T 등 1998).

휘발성 함황화합물의 전구체인 S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides의 종류 및 함량은 *allium* 식물의 종류에 따라 다르다(Lancaster JE와 Kelly KE 1983). 부추 잎에 함유된 휘발성 함황화합물의 주요 전구체를 HPLC 방법으로 분석하였을 때, S-methyl-cysteine sulfoxides가 71.8%로 가장 많았으며, S-2-propenyl-cysteine sulfoxides가 23.2% 그리고 S-1-propenyl-cysteine sulfoxides가 4.9% 함유되었다고 밝혀진 바 있다 (Yoo KS와 Pike LM 1998).

백합과의 다년생 식물인 두메부추(*Allium senescens* L. var. *senescens*)는 일반부추에 비하여 잎이 두껍고 길며, 향이 매우 강한 특성을 지니고 있고 산에 자생하여 두메부추라고 명명하였다. 두메부추는 비늘줄기와 잎을 이뇨 및 강장의 약용 목적으로 이용해 왔으며, 나물 및 김치류로 만들어 부식으로도 섭취해 온 식용식물이다. 두메부추는 자생지의 개체수가 감소하여 국립수목원에서 희귀식물로 분류한 바 있으나(Korea National Arboretum 1997), 최근에는 두메부추의 재배가 전라북도 고창을 중심으로 이루어지고 있으며 이를 식품소재로 활용하기 위한 노력이 다각적으로 시도되고 있다.

부추류 식물의 향기 연구에서는 부추에 대한 연구 보고가 가장 많이 이루어져 있는데, Park ER 등(1998)은 n-pentane과 diethyl ether의 혼합용매로 부추의 휘발성 향기성분을 연속수증기증류추출장치로 추출하였을 때 총 65종의 성분을 확인하였으며 이 가운데, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide,

†Corresponding author : Mi Sook Chung, Department of Food and Nutrition, College of Natural Science, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea
Tel: +82-2-901-8590
Fax: +82-2-901-8371
E-mail: mschung@duksung.ac.kr

trans-1-propenyl methyl disulfide, trans-2-hexenal, methyl allyl disulfide 순으로 그 함유량이 높았다고 보고하였다. 감마선 조사에 따른 부추의 휘발성 유기화합물을 분석하기 위하여 n-pentane과 diethyl ether의 혼합용매를 사용하여 추출하였을 때, dimethyl trisulfide와 methyl-(Z)-propenyl trisulfide의 함량이 높았으며 감마선을 조사한 부추에서는 이 두 가지 함황화합물의 농도가 크게 감소되었으나 dimethyl disulfide 함량은 증가하였다고 제시되었다(Han BJ 등 2005). 서양부추(garlic chive) 정유의 향기성분으로 monosulfides, disulfides 및 trisulfides가 확인되었고 disulfides (dimethyl disulfide, allyl methyl disulfide, allyl disulfide)에 비하여 trisulfides (dimethyl trisulfide)는 감귤나무의 병충해를 유발하는 매개충인 *Diaphorina citri*에 대한 감귤류 휘발성성분 반응 억제효과가 크다고 보고된 바 있다(Mann RS 등 2011).

두메부추에 대한 연구로는 proline, glutamine, valine, leucine 및 threonine이 자생 두메부추의 주요 아미노산으로 보고되었으며(Chung MS와 Lee MS 2001), 자생 두메부추의 향기성분을 diethyl ether를 용매로 하여 연속증류추출법으로 추출하였을 때 함황화합물이 신선한 시료와 동결건조 시료에서 각각 9종과 4종이 확인되었다(Lee MS와 Chung MS 2001). 두메부추의 재배 방법에 따른 향기를 solid phase microextraction(SPME) 방법으로 추출하였을 때, 9가지 함황화합물이 확인되었고 그 가운데 dipropyl disulfide, propyl allyl disulfide의 함량이 높았으며 carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS) fiber가 함황화합물 추출에 효율적임이 보고되었다. 또한 비닐하우스 보다 노지에서 재배한 시료에서 terpene 화합물이 더 많이 확인 보고되었다(Chung MS 2010).

식용 식물에 함유된 정유(essential oils)는 다양한 미생물에 대한 항박테리아작용(antibacterial activity)이 널리 알려져 있으며 이러한 정유를 gelatin-chitosan biodegradable film에 혼합하여 생선류 등의 포장에 적용하는 연구(Gomez-Estaca J 등 2010)가 시도 되고 있다. 부추와 향기가 유사한 두메부추의 정유도 이와 같은 목적으로 활용하여 식품 저장성을 향상시키는 것이 가능하다고 예측되고 있다. 식물소재에 함유된 휘발성 성분은 추출방법에 따라 많은 영향을 받으며 식품과 같이 복합적인 물질로 구성되어 있는 시료는 휘발성 성분의 추출방법에 더 의존하므로 수증기증류, 유기용매 추출, 초임계유체추출 및 SPME 추출 등의 다양한 추출법이 시도되고 있으며(Kataoka H 2000), 정유의 추출을 위해서는 수증기증류 추출법이 이용되고 있다. 따라서 우리나라 고유 식품 소재인 두메부추의 정유를 식품저장성 향상 등의 목적으로 그 활용도를 높이기 위하여 향기성분을 규명할 필요가 있다. 현재까지 수증기증류 추출법으로 두메부추의 정유를 추출하여 휘발성 성분 분석을 시도한 연구는 보고되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 두메부추의 정유를 수증기증류 추출법으로 추출한 후 휘발성 성분을 분석하여 우리나라에서 재배되고 있는 두메부추의 식품 소재로서의 활용도를 높이기 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 두메부추

전라북도 고창군에서 노지 재배한 두메부추를 2010년 4월에 수확하여 시료로 사용하였다. 두메부추의 평균 길이는 27 cm, 너비 8 mm로 일반 부추보다 크고 살찐 형태이며, 뿌리부분은 제거하고 잎 부위를 흐르는 수돗물로 3회 세척한 후 가열하여 휘발성 물질을 완전히 제거한 2차 증류수로 3회 헹군 다음 동결건조기(IlShin Lab Co., LTD)에서 동결 건조하여 정유 추출에 이용하였다.

2. 수증기 증류추출법에 의한 정유 추출

재배 두메부추의 정유에 함유된 향기를 분석하기 위하여 수증기 증류추출법으로 휘발성 향기성분인 정유를 추출하였다. 정유 추출에 사용된 2차 증류수는 30분 이상 끓여서 증류수에 잔존할 수 있는 휘발성 물질을 완전히 제거한 후 이용하였다. 두메부추의 정유는 clavenger-type 증류장치에 동결건조 시료 150 g을 넣고 refrigerated circulator를 통하여 냉각수를 공급하면서 2시간 30분 동안 수증기 증류하여 추출하였다. 추출한 정유는 무수 Na_2SO_4를 첨가하여 냉장고에서 12시간 방치하여 잔존하는 수분을 제거한 후 분석에 이용하였다. 정유의 색은 흐린 갈색이며 추출율은 0.067%(w/w)이었다.

3. 휘발성 성분의 GC-MS 분석

정유의 휘발성 성분 분석은 5973 mass selective detector가 장착된 Agilent 6890 gas chromatograph(Encino, CA, USA)를 이용하였다. 정유는 dichloromethane(Sigma-Aldrich, CHROMASOLV® Plus, St. Louis, MO, USA)에 희석하여 주입하였으며, GC 컬럼은 HP-5MS(30 m length×0.25 mm i.d. ×0.25 μm film thickness; Agilent Co., Palo Alto, CA, USA)를 장착하였고 오븐 온도는 50℃에서 5분간 유지한 후 220℃까지 분당 2℃ 상승시켜서 220℃에서 5분간 유지 하였다. Injector는 200℃, detector는 250℃로 하였으며 carrier gas는 helium을 이용하였고 유속은 1.0 mL/min로 조절하였다. Mass selective detector의 이온화 에너지는 70 eV, scanning mass range는 m/z 33-330으로 하였다.

4. 휘발성 성분의 확인

두메부추 정유에서 분리된 각 휘발성 성분은 MS에 장착된 on-line computer library(Wiley 275, Agilent Co., PaloAlto, CA, USA)의 mass spectra와 비교하여 확인하였다. 또한 휘발성 성분의 retention indices (RIs)는 external references로 n-paraffins(Aldrich Co, Cat No. 29850-6, hydrocarbon C5-C30,

Milwaukee WI, USA)을 이용하여 구한 후 (van den Dool H와 Kratz PD 1963), 문헌에 제시된 RI와 비교하여 확인하였다 (Kondjoyan N와 Berdague JL 1996).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 재배 두메부추의 총 휘발성 성분 함량

노지에서 재배한 두메부추의 뿌리를 제거한 가식부위를 동결건조하여 clavenger-type 수증기증류장치로 추출한 휘발성 성분인 정유를 GC-MS로 분석한 결과, 총 92.34% peak area가 확인되었으며, 이 가운데 함황화합물이 80.33%로 가장 많았고 탄화수소류 9.23%, 터르펜류 2.49% 및 알데히드류 0.29%로 나타났다(Fig 1). 두메부추의 휘발성 성분을 SPME로 추출한 경우, bipolar fiber인 CAR/PDMS를 사용하였을 때 함황화합물이 84.47%-85.52% 확인되었으며, non-polar fiber인 PDMS에서는 66.89%-69.36% 나타났고(Chung MS 2010), diethyl ether 용매추출의 경우에는 신선한 시료에서 3.38%, 건조시료에서 1.33% 확인된바 있다(Lee MS와 Chung MS 2001). 부추의 휘발성 유기화합물을 용매로 추출하였을 때 함황화합물 88.63%, alcohol류 2.37%, aldehyde류 6.19%, ester류 2.41%, ketone류 0.15%, 함질소화합물 0.19% 및 기타화합물 0.06% 함유되었다고 Han BJ 등(2005)이 보고하였으나 부추를 연속수증기증류 추출장치로 추출하였을 때 함항화합물이 73.78%(Park ER 등 1998) 확인되었다는 보고도 있다. 따라서 식물시료의 휘발성 성분 추출방법에 따라 함황화합물 등의 휘발성 성분 조성 및 함량이 매우 상이함을 알 수 있다.

2. 재배 두메부추의 휘발성 성분 특성

노지 재배한 두메부추의 정유를 분석한 결과, 총 25종의 성분이 확인되었으며 이 가운데 함황화합물 8종, 알데히드류 3종, 탄화수소류 10종 및 테르펜류 4종이 함유되었다(Table 1). 함황화합물 가운데 5-dimethylthiophene이 peak area 41.15%로 가장 많이 확인 되었으며 dipropyl disulfide 18.91% 및 propyl allyl disulfide 12.23% 순으로 그 함량이 많았다. 또한 disulfides는 4종(33.55%), trisulfides는 3종(5.63%)이 확인되었다. 휘발성 성분의 추출방법에 따라 두메부추에 함유된 주요 함황화합물의 종류가 다르게 보고되었는데, diethyl ether를 용매로 하여 연속증류추출법으로 추출 하였을 때는 1,2,4-trithiolane, 3-thione carboxylic acid trimethyl silly ester가 주요 함황화합물이었으며, SPME 방법에서는 dipropyl disulfide가 주요 함황화합물로 나타났다(Lee MS와 Chung MS 2001, Chung MS 2010). 이와 같이 두메부추의 향기 추출 방법에 따라 주요 함황화합물을 포함한 향기 성분의 조성과 함량이 다른 이유는 향기를 추출하는 과정에서의 열처리 및 유기용매 사용 유무에 의한다고 예측된다. 즉, 수증기증류 추출법에 의하여 추출된 정유는 열처리로 인하여 향기성분의 변형이 가능하고, diethyl ether와 같은 용매를 이용한 연속증류추출법에서는 열처리와 유기용매에 의한 향기성분 변형이 예측되며, SPME 방법에서는 headspace 향기를 fiber에 흡착시키므로 열처리에 의한 향기성분의 소실 또는 변형이 최소화되기 때문에 향기 성분의 조성과 함량이 다르게 분석된다고 판단된다.

본 실험 시료에서 확인된 8종의 함황화합물 중에서, 2,5-dimethylthiophene, methyl propyl disulfide, dipropyl trisulfide의 3종은 diethyl ether를 용매로 하여 연속증류추출법으로 휘발성 성분을 추출 한 두메부추에서 확인되었다(Lee MS와 Chung MS 2001). SPME로 추출하였을 때는 본 실험에서 확인된 8종 함황화합물 가운데, methyl propyl disulfide, propyl allyl disulfide, dipropyl disulfide, methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfide의 5종이 확인되었다(Chung MS 2010).

백합과 식물에서 두메부추와 형태학적으로 가장 유사한 부추의 경우, 휘발성 유기화합물을 n-pentane과 diethyl ether의 혼합용매를 사용하여 추출하였을 때 dimethyl trisulfide와 methyl-(Z)-propenyl trisulfide의 함량이 높았다(Han BJ 2005). 부추 잎의 휘발성 함황화합물 주요 전구체로 S-methyl-cysteine sulfoxides 71.8%, S-2-propenyl-cysteine sulfoxides 23.2% 그리고 S-1-propenyl-cysteine sulfoxides 4.9%가 함유되었다고 보고되었다(Yoo KS와 Pike LM 1998). Pino JA 등(2001)은 부추의 휘발성 성분을 용매를 이용한 증류추출법으로 추출하였을 때, 총 36종의 함황화합물이 확인되었으며 이 가운데 trisulfides 11종, tetrasulfides 6종 및 pentasulfides 2종이 함유되었음을 보고하였다. 또한 서양부추(garlic chive) 잎에서 monosulfides, disulfides 및 trisulfides가 확인되었다(Mann RS 등 2011). 함황화합물 가운데 3 dialk(en)yl trisulfide는 SPME fiber에 잘 흡착하지 않는다고 보고되어 있는데(Keusgen M 등 2002) 수증기증류법으로 추출한 본 시료에서 methyl propyl trisulfide, dipropyl trisulfide, propenyl propyl trisulfide이 확인 되었다. 두메부추의 휘발성 함황화합물의 조성 및 함량은 부추와 다르며, 휘발성 성분의 추출방법에 따라서 함황화합물이 매우 다르게 확인됨을 알 수 있다.

두메부추에서 확인된 함황화합물의 향기 표현을 살펴보면 (Table 2), 2,5-dimethylthiophene의 향기는 "nutty sulfury"로 표현되며, methyl propyl disulfide는 "sulfurous, alliaceous, radish"로, allyl propyl disulfide는 "alliaceous garlic green onion"로, *trans*-propenyl propyl disulfide와 propenyl propyl trisulfide는 "sulfurous cooked onion"으로 나타내고 있는 물질이다. 또한 dipropyl disulfide는 "sulfurous, alliaceous, fresh, green onion"로, methyl propyl trisulfide는 "sulfurous onion garlic green metallic"로, dipropyl trisulfide는 "green and onion-like with slight tropical and vegetative nuances"로 묘사하는 성분이다(Steffen A 1969, The good scents company 2011).

백합과 채소류의 특징적 화합물인 allyl compound는 매우 불안정하여 transformation products를 생성한다고 보고되어 있는데(Lanzotti V 2006, Yu TH 1997), 본 연구에서 allyl 화합물로는 propyl allyl disulfide만 확인되었다. 최근 연구에 의하면

Table 1. Possible volatile compounds of the essential oils of *dumebuchu*[1)]

Possible compounds	RI[2)]	Identification[3)]	Peak area %	Reference[4)]
S-containing compounds				
2,5-dimethylthiophene	856	MS/RI	41.15±4.01	2
Methyl propyl disulfide	913	MS/RI	0.17±0.01	1, 2
Propyl allyl disulfide	1048	MS/RI	12.23±1.01	1
trans-Propenyl propyl disulfide	1096	MS/RI	2.24±0.14	-
Dipropyl disulfide	1107	MS/RI	18.91±1.91	1
Methyl propyl trisulfide	1150	MS/RI	0.10±0.02	1
Dipropyl trisulfide	1350	MS/RI	3.29±0.03	1, 2
Propenyl propyl trisulfide	1318	MS/RI	2.24±0.16	1
Aldehydes				
2-Methylpentanal	660	MS	0.01±0.00	1
Hexanal	800	MS/RI	0.27±0.02	1
2-Methyl-2-pentenal	838	MS	0.01±0.00	1, 2
Hydrocarbons				
3,7-Dimethyldecane	1062	MS	0.01±0.00	1
3-Methyldecane	1073	MS/RI	0.02±0.00	1
Dodecane	1200	MS/RI	0.01±0.00	1
Tridecane	1300	MS/RI	0.12±0.03	1
Tetradecane	1400	MS/RI	0.21±0.00	1
Hexadecane	1600	MS/RI	0.78±0.03	1, 2
Heptadecane	1700	MS/RI	0.58±0.06	-
Octadecane	1800	MS/RI	3.27±0.11	-
Nonadecane	1900	MS/RI	0.91±0.05	-
Eicosane	2000	MS/RI	3.32±0.35	-
Terpenes				
Sabinene	973	MS/RI	0.03±0.00	1
β-Myrcene	989	MS/RI	0.01±0.00	1
β-Ocimene	1044	MS/RI	2.43±0.11	1
Camphor	1146	MS/RI	0.02±0.01	1
Total identified (%)			92.34±8.06	

[1)]Average of the relative percentage of the peak area in the MS total ion chromatogram (n=3).
[2)]Retention indices were determined by using n-paraffins (hydrocarbon C_5-C_{30}) as external reference.
[3)]Tentative identification was performed as follows; Mass spectrum (MS) was consistent with that of the Wiley mass spectrum database [2001, Hewlett Packard Co., Palo Alto, USA]and retention index(RI) was consistent with that found in literature.
[4)]1: Data from reference of Chung MS 2010. 2: Data from reference of Lee MS, Chung MS 2001.

분류학 측면에서 *Allium* senescens는 isoalliicin(1-propenyl-L-cysteine sulfoxide)이 풍부한 식물로 보고되었으며, isoalliicin이 propiin(S-propylderivatives)과 결합하면 특징적인 leek 향을 내고 methiin(S-methylderivatives)은 강하면서 불쾌한 향과 맛에 관여한다고 알려져 있다(Fritsch RM 와 Keusgen M 2006). 본 연구에서는 isoalliicin, propiin 및 methiin이 확인되지 않았다.

Table 2. Odor description of sulfur compounds identified from essential oil of *dumebuchu*

Sulfur compound	Formula	Molecular Weight	Odor description[1, 2]
2,5-dimethylthiophene	C6H8S	112	nutty sulfury
methyl propyl disulfide	C4H10S2	122	sulfureous, alliaceous, radish, mustard, tomato, potato and garlic
allyl propyl disulfide	C6H12S2	148	alliaceous garlic green onion
trans-propenyl propyl disulfide	C6H12S2	148	sulfurous cooked onion
dipropyl disulfide	C6H14S2	150	sulfureous, alliaceous, fresh, green onion, scallion and metallic with a slight tropical nuance
methyl propyl trisulfide	C4H10S3	154	sulfurous onion garlic green metallic
propenyl propyl trisulfide	C6H12S3	180	sulfurous cooked onion
dipropyl trisulfide	C6H14S3	182	sulfureous, alliaceous, pungent, green and onion-like with slight tropical and vegetative nuances

[1] Data from reference of Steffen A 1969.
[2] Data from reference of The good scents company 2011.

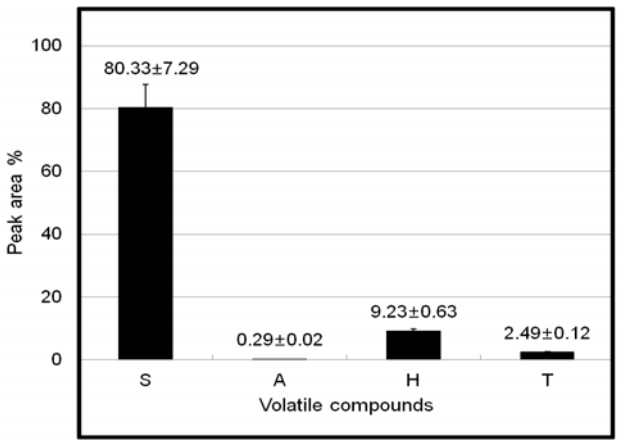

Fig. 1. Total volatiles of the essential oils of *dumebuchu* (A, total aldehydes; H, total hydrocarbons; T, total terpenes; S, total sulfur containing compounds).

Ⅳ. 결론

노지에서 재배한 두메부추의 뿌리를 제거한 가식부위를 동결건조하여 clavenger-type 수증기증류장치로 추출한 휘발성 성분을 GC-MS로 분석한 결과, 총 92.34% peak area가 확인되었으며, 이 가운데 함황화합물이 80.33%로 가장 많았고 탄화수소류 9.23%, 터르펜류 2.49% 및 알데히드류 0.29%로 나타났다. 또한 확인된 휘발성 성분의 종류는 총 25종이었으며 이 가운데 함황화합물 8종, 알데히드류 3종, 탄화수소류 10종 및 테르펜류 4종이 함유되었다. 함황화합물은 5-dimethylthiophene이 peak area 41.15%로 가장 많이 확인 되었으며 dipropyl disulfide 18.91% 및 propyl allyl disulfide 12.23% 순으로 그 함량이 많았다. 또한 disulfides는 4종(33.55%), trisulfides는 3종(5.63%)이 확인되었다. 이와 같은 결과를 통하여, 두메부추 정유에 함황화합물의 함량이 매우 높음을 확인하였고, 추후 두메부추 정유를 식품저장성 향상 등의 목적으로 활용하기 위하여 항미생물작용 분석이 필요하다고 판단된다.

Ⅴ. 감사의 글

본 연구는 덕성여자대학교 2011년 교내연구비 지원에 의해 수행되었으며, 두메부추 시료를 제공하여 주신 전라북도 고창군 들꽃부추농원의 황병관 대표님과, GC-MS 분석에 도움을 주신 덕성여자대학교 김미경 박사님과 최은영 학생에게 감사드립니다.

참고문헌

Chung MS. 2010. Volatile compounds of the cultivated dumebuchu (Allium senescens L. var. senescens) Food Sci Biotechnol 19(6):1679-1682

Chung MS, Lee MS. 2001. Chemical composition and texture of Allium senescens. Korean J Soc Food Sci 17:60-64

van den Dool H, Kratz PD. 1963. A generalisation of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. J Chromatogr 11:463-471

Fritsch RM, Keusgen M. 2006. Occurrence and taxonomic significance of cysteine sulphoxides in the genus Allium L. (Alliaceae). Phytochemistry 67:1127-1135

Gómez-Estaca J, López de Lacey A, López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Montero P. 2010. Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. Food Microbiol 27:889-896

Han BJ, Yang SY, Kim JH, Shim SL, Gyawali R, Lee SJ, Kim KS. 2005. Effect of γ-irradiation on the volatile organic compounds from leek(Allium tuberosum R.). J Korean Soc Food Sci Nutr 34:513-518

Kataoka H, Load HL, Pawliszyn J. 2000. Application of solid-phase microextraction in food analysis. J Chromatogr A 35-62

Keusgen M, Schulz H, Glodek J, Krest I, Kruger H, Herchert N, Keller J. 2002. Characterization of some Allium hybrids by aroma precursors, aroma profiles, and alliinase activity. J Agr Food Chem 50:2884-2890

Kondjoyan N, Berdague JL. 1996. A compilation of relative retention indices for the analysis of aromatic compounds. Laboratoire Flaveur, Station de recherches sur la Viande. Clermont-Ferrand, France. pp 14-138

Korea National Arboretum. 1997. Illustrated Rare and Endangered Species in Korea. Seoul, Korea. p 37

Lancaster JE, Kelly KE. 1983. Quantitative analysis of the S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides in onion (Allium cepa L.). J Sci Food Agr 34:1229-1235

Lanzotti V. 2006. The analysis of onion and garlic. J Chromatogr A 1112:3-22

Lee MS, Chung MS. 2001. Analysis of volatile flavor components from Allium senescens. Korean J Soc Food Sci 17:55-59

Manabe T, Hasumi A, Sugiyama M, Yamazaki M, Saito K. 1998. Alliinase [S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide lyase] from Allium tuberosum (Chinese chive) purification, localization, cDNA cloning and heterologous functional expression. Eur J Biochem 257:212-230

Mann RS, Rouseff RL, Smoot JM, Castle WS, Stelinski LL. 2011. Sulfur volatiles from Allium spp. affect Asian citrus psyllid, Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), response to citrus volatiles. Bull Entomol Res 101:89-97

Park ER, Jo JO, Kim SM, Lee MY, Kim KS. 1998. Volatile flavor component of leek (Allium tuberosum Rottler). J. Korean Soc Food Sci Nutr 27: 563-567

Pino JA, Fuentes V, Correa MT. 2001. Volatile constituents of Chinese chive (Allium tuberosum Rottl. ex Sprengel) and rakkyo (Allium chinense G. Don). J Agr Food Chem 49:1328-1330

Steffen A. 1969. Perfume and Flavor Chemicals. Steffen Arctander, Montclair, NJ, USA. p 94

The good scents company. 2011. Information listings: Flavor ingredient, odor index. Available from: http://www.thegoodscentscompany.com/. Accessed October 26, 2011

Yoo KS, Pike LM. 1998. Determination of flavor precursor compound S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides by an HPLC method and their distribution in Allium species. Scientia Horticulturae 75:1-10

Yu TH. 1997. Contribution of nonvolatile sulfur-containing flavor precursors of the genus Allium to the flavor of thermally processed Allium vegetables. pp 53-64. In: Spices: Flavor Chemistry and Antioxidant Properties. Risch SJ, Ho CT (eds). American Chemical Society, Washington, DC, USA