

방풍나물의 수확시기에 따른 부위별 향기성분 비교 분석

정복미 · 신태선 · 허영란

전남대학교 식품영양과학부

Comparison of Volatile Compounds Identified in Different Parts of *Peucedanum japonicum* Thunberg by Harvest Time

Bok-Mi Jung, Tai-Sun Shin, and Young-Ran Heo

Division of Food and Nutrition, Chonnam National University

ABSTRACT Headspace volatile compounds of leaf, stem, and root of *Peucedanum japonicum* Thunberg (PJT) harvested in March and July were isolated, separated, and identified by using a combined system of solid phase micro-extraction and gas chromatography/mass spectrometry. Identified numbers of volatile compounds were 72, 75, and 63 in March PJT as well as 78, 73, and 69 in July, respectively. Total compounds identified from PJT consisted of alcohols (1~7), aldehydes (7~15), esters (1~4), hydrocarbons (5~9), ketones (1~2), monoterpenes (13~16), monoterpene alcohols (1~5), monoterpene aldehydes (2~4), monoterpene esters (1~4), monoterpene ketones (1~2), sesquiterpenes (16~24), and miscellaneous compounds (2~3). Major volatile compounds of PJT were monoterpenes at all harvest times and in all parts of PJT. The amounts of β -pinene in leaf and stem harvested in March were highest in monoterpenes, followed by α -pinene and β -myrcene. However, amounts of volatile compounds of monoterpenes in leaf and stem from July PJT were in the decreasing order of β -pinene, β -phellandrene, and β -myrcene. Of the 39 sesquiterpenes identified in PJT, (E)-caryophyllene in March leaf was the most abundant volatile compound, followed by acoradiene in March leaf, β -elemene, and α -copaene in July stem.

Key words: *Peucedanum japonicum* Thunberg, SPME, volatile compounds, harvesting time

서 론

식물의 거의 모든 부위에서 존재하는 정유는 식물의 종류와 부위에 따라 독특한 향기와 향미를 나타낸다. 그러나 같은 식물종일지라도 기후, 토양조건 및 자생하는 지역에 따라 구성성분이나 함량에 차이를 보이기도 한다(1). 특히 정유 성분은 스트레스 감소 및 심신 안정 효과에 탁월한 것으로 알려져 있으며(2-4), 근래에는 생활수준의 향상과 건강에 대한 관심이 높아지고 있어 정유들의 독특한 향기와 생리적 기능을 지닌 식물성 천연 정유에 대한 관심이 고조되고 있으며, 면역성 증가(5), 항암효과(6), 항산화 및 항균(7) 등의 연구 결과가 보고되고 있다.

봄철에 살짝 데쳐 먹으면 향긋한 내음과 감칠맛이 나는 방풍나물이 요즘 웰빙 바람을 타고 새로운 먹거리로 부상하고 있다. 방풍이라 부르는 식물은 방풍, 해방풍, 식방풍 3종류가 있다. 식방풍은 학명으로 *Peucedanum japonicum* Thunberg이라 불리며, 미나리과의 식물에 속하는 다년생 초본으로 높이는 60 cm 정도로 자란다. 식방풍의 성분은

coumarin계 물질의 주성분으로 peucedanol, umbelliferone 등의 성분이 있음이 연구되었다(8). 식방풍은 갯기름나물로도 불리는데, 갯기름나물은 어린 순, 연한 잎, 열매, 뿌리 모두를 먹을 수 있으며, 잎과 줄기는 살짝 데쳐서 나물로 무치거나 볶아서 먹고 열매는 술을 담가 먹으면 피로회복, 빈혈, 두통이 있을 때 효과가 있다. 특히 노지 재배의 경우 3~4월의 방풍나물은 잎과 줄기가 연하므로 주로 나물 무침이나 전, 튀김으로 많이 이용되며, 5월 이후 잎과 줄기가 익게 되면 장아찌로 주로 이용된다.

국내에서 방풍에 관한 연구로는 방풍의 화학성분(9), 시비와 피복이 갯기름나물(식방풍)의 수량 및 품질에 미치는 영향(10), 식방풍 중의 coumarin 성분의 확인 및 정량(8), 천식 마우스에서 식방풍의 알레르기 면역반응 조절 효과 연구(11), 식방풍의 혈관성 치매에 대한 예방과 치료 효과(12) 등이 있다. 이와 같이 방풍나물에 대한 연구발표는 성분 및 생리활성에 관한 연구가 대부분이고 향기성분은 건조한 뿌리의 성분만 대해서만 연구가 이루어져 있으며(13), 최근에는 방풍을 약재가 아닌 나물로 섭취하는 경향이 많으므로 방풍의 부위에 따른 독특한 향취를 연구할 필요성이 있다. 그러므로 본 연구에서는 방풍나물을 산지에서 직접 구매하여 채취시기별, 방풍나물의 부위별로 향기 성분을 분석하여 방풍나물을 여러 가지 산업에 이용하기 위한 기초 자료를

Received 5 September 2014; Accepted 3 December 2014

Corresponding author: Bok-Mi Jung, Division of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
E-mail: jbm@chonnam.ac.kr, Phone: +82-61-659-7414

제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 수집 및 준비

방풍의 잎, 줄기, 뿌리는 전남 여수시 남면 우학리의 한 농가에서 친환경으로 재배하고 있는 방풍나물을 3월과 7월에 각각 구매한 후 잎, 줄기, 뿌리를 잘게 잘라 40 mL vial에 정확하게 2 g씩 취하여 -85°C에 동결시킨 후 실험에 사용하였다.

방풍 휘발성분의 포집

방풍의 향기성분을 분석하기 전에 적합한 SPME(solid-phase microextraction) resin(Supelco, Bellefonte, PA, USA) 선택을 위한 실험을 하였다. 4종의 SPME resin [polydimethylsiloxane(PDMS)/ divinylbenzene(65 µm), carboxen/ polydimethylsiloxane(75 µm), polydimethylsiloxane(100 µm), divinylbenzene/ carboxen/ PDMS (50/30 µm)]을 사용하여 방풍시료에 대해 분석을 실시하고 가장 많은 휘발성분을 포집하는 carboxen/ polydimethylsiloxane(75 µm) resin을 선정하여 방풍의 휘발성분 분석용 resin으로 사용하였다. 휘발성분 포집은 방풍 조직을 부위별(잎, 줄기, 뿌리)로 잘게 자른 후 40 mL vial(Supelco)에 약 2 g을 넣고 -85°C에 동결시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 휘발성분 포집은 동결된 시료에 20초간 helium gas로 vial 내의 공기를 치환하고 마개로 밀폐하였다. Heating mantle를 이용하여 시료 vial을 가온하여 60°C에 도달할 때 SPME resin-needle을 vial의 headspace에 20분 동안 노출시켜 휘발성 물질을 포집하고 gas chromatography mass spectrometer(GC/MS)의 분석 시료로 사용하였다.

GC/MS 분석방법

휘발성분의 주입은 240°C의 GC/MS(GSMS-QP2010, Shimadzu Co., Ltd., Kyoto, Japan) injection port에서 5분간 탈착하여 휘발성분을 주입하였으며 splitless mode를 사용하였다. 휘발성 물질의 분리는 ZB-5MS capillary column(30 m×0.25 mm i.d.×0.25 µm film thickness, Phenomenex, Torrance, CA, USA)을 이용하였다. 이동상 기체는 helium으로 유속은 0.8 mL/min, linear velocity는 32.2 cm/sec, column pressure를 31.9 kPa로 설정하고 oven 온도는 35°C에서 5분간 머무른 후, 200°C까지 4.0 °C/min으로 승온하고 50분간 유지시켰다. MS 분석조건은 capillary direct interface 온도가 220°C, ion source 온도는 220°C, mass range는 40~350 m/z, electron multiplier voltage는 1,000 V, MS ionization voltage는 70 eV 그리고 scan rate는 1/sec로 하였다. 향기성분의 확인은 휘발성분의 지체시간(retention indices, RI)(14)과 표준물질의 지체시간이 일치하거나 휘발물질의 mass spectra와

Wiley 8 mass spectral database(Shimadzu Co.)의 mass spectra를 비교하여 물질을 확인하였다. RI는 C₆-C₂₄(n-Paraffins, Sigma-Aldrich Co., Milwaukee, MN, USA)를 이용하여 시료와 동일 조건에서 결정하였다. 모든 시료는 3회 반복하여 휘발성 물질을 분석하였다.

통계분석

휘발물질의 양은 반복 실험한 측정값을 평균치로 나타내었으며, 유의성 검증은 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package(version 19)를 사용하여 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다(15).

결과 및 고찰

방풍나물의 부위별 휘발성 향기성분

3월과 7월에 수확된 방풍나물의 부위별 휘발성 향기성분을 나타낸 결과는 Table 1과 같다. Alcohol 류는 3월의 잎과 줄기에서 많이 확인되었으나 7월에는 alcohol의 종류와 양이 대부분 감소하는 경향을 보였다. 3월 잎의 주요 alcohol 성분은 (Z)-3-hexenol, 1-penten-3-ol로 나타났으며, 줄기는 (Z)-3-hexenol, 뿌리는 β-citronellol 성분으로 나타났다. 7월 잎 역시 (Z)-3-hexenol이 가장 높게 나타났으나 이는 3월과 비교해 1/2 수준으로 나타났다. 신선한 풋내음을 내는 (Z)-3-hexenol은 풀 특유의 냄새에 관여한다고 하여 leaf alcohol이라 불리고 명자나무(*Chaenomeles japonica*)의 주된 향기성분으로 밝혀졌으며(16), 두충잎(17), 녹차(18), 야생더덕과 재배더덕(19) 등에 주요 휘발성분으로 보고되었다. 또한 1-penten-3-ol은 아프리카 1년 초 식물인 애기장대(*Arabidopsis thaliana*) 풀잎에서는 butter, mild green(20)의 향을 가지며, blackberries의 경우 fruity, green(21)의 향 특성을 나타내고, 수산식품에서는 미생물에 의한 부패에 의해 생성되거나 산화에 의해서 생성되기도 한다(22,23). 3월 방풍나물 잎에서 세 번째로 높게 나타난 휘발성 성분은 hexanol이었으나 7월에는 3월에 비해 낮은 함량을 보였다. 3월에는 검출되지 않았으나 7월에 나타난 성분은 butanol이었다. 3월에는 잎의 주된 성분이 (Z)-3-hexenol, 1-penten-3-ol, hexanol의 순서로 많았으며, 7월에는 (Z)-3-hexenol, hexanol, 1-penten-3-ol의 순서로 나타났다. 7월 줄기의 주된 alcohol 성분은 1-octen-3-ol 성분이었으나 3월에는 검출되지 않은 것으로 나타났다. 1-Octen-3-ol은 여지(24), 송이버섯(25), 감자스낵(26)에서 버섯 향을 나타내는 성분으로 보고되었다.

Aldehyde 류의 경우 3월과 7월 모두 잎의 주성분은 (E)-2-hexenal, hexenal, 3-methylbutanal이었으며, 3월에는 hexenal, (E)-2-hexenal 순으로 높았고 7월에는 (E)-2-hexenal, hexenal 순으로 나타났다. 줄기는 hexanal이 가장 높았고, 뿌리에서는 대부분의 aldehyde 류가 잎과 줄기

Table 1. Volatile compounds identified in leaf, stem, and root of *Peucedanum japonicum* Thunberg.¹⁾

| Compounds | March ³⁾ | | | July | | | Identification ⁴⁾ |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Leaf | Stem | Root | Leaf | Stem | Root | |
| Alcohols (9) | | | | | | | |
| Butanol | — ⁵⁾ | — | — | 2.31±0.21 | — | — | MS, RI |
| 1-Penten-3-ol | 503.32±12.91 ^a | 2.91±0.61 ^c | — | 79.34±4.02 ^b | — | — | MS, RI |
| 3-Methylbutanol | 2.71±0.81 ^a | — | 0.51±0.62 ^b | — | — | 2.21±1.12 ^a | MS, RI |
| 2-Methylbutanol | 0.46±0.73 ^a | — | — | — | — | 0.52±0.94 ^a | MS, RI |
| 2-Pentanol | 72.13±3.51 | — | — | — | — | — | MS, RI |
| (Z)-3-Hexenol | 652.04±44.19 ^a | 421±91.33 ^b | — | 355.02±43.06 ^b | 24.12±0.33 ^c | — | MS, RI |
| (E)-2-Hexenol | 21.21±6.06 ^a | — | — | 16.02±1.21 ^a | — | — | MS, RI |
| Hexanol | 181.42±82.87 ^a | 166.33±23.67 ^a | — | 130.21±22.05 ^a | 16.78±0.47 ^b | — | MS, RI |
| 1-Octen-3-ol | — | — | — | — | 170.91±122.36 | — | MS, RI |
| Aldehydes (19) | | | | | | | |
| 2-Methylpropanal | 147.02±45.71 ^a | 21.04±10.99 ^d | 15.75±3.31 ^{de} | 52.21±2.38 ^b | 42.26±3.29 ^c | 13.65±1.68 ^c | MS, RI |
| 3-Methylbutanal | 685.29±80.04 ^a | 46.62±14.70 ^d | 31.53±17.35 ^{de} | 104.41±15.46 ^b | 69.82±12.32 ^c | 23.59±10.25 ^e | MS, RI |
| 2-Methylbutanal | 271.68±95.50 ^a | 37.64±14.72 ^c | 34.68±13.68 ^c | 95.84±6.13 ^b | 91.81±7.95 ^b | 32.82±1.92 ^c | MS, RI |
| Pentanal | 309.01±88.42 ^a | 8.91±2.27 ^b | 4.03±0.47 ^c | — | — | 0.24±0.31 ^d | MS, RI |
| 2-Methyl-2-butenal | 6.07±1.35 ^a | — | — | 0.92±0.24 ^b | — | — | MS, RI |
| (E)-2-Pentenal | 82.73±13.81 ^a | — | — | 48.01±2.18 ^b | — | — | MS, RI |
| Hexanal | 4,184.70±254.95 ^a | 526.34±110.37 ^c | 108.26±27.35 ^d | 1,619.33±56.47 ^b | 120.23±7.31 ^d | 26.69±1.42 ^e | MS, RI |
| (E)-2-Hexenal | 2,802.13±299.11 ^b | 37.52±3.83 ^d | — | 3,487.3±154.29 ^a | 69.88±4.26 ^c | — | MS, RI |
| Heptanal | 29.65±3.75 ^c | — | 39.00±3.44 ^b | — | — | 42.27±2.38 ^a | MS, RI |
| 3-(Methylthio)propanal | — | — | — | 1.94±0.16 | — | — | MS, LRI |
| 2,4-Hexadienal | 100.13±7.41 ^a | — | — | 51.3±2.84 ^b | — | — | MS, RI |
| Benzaldehyde | 39.08±3.49 ^a | — | — | 4.41±7.64 ^b | — | — | MS, RI |
| Benzeneacetaldehyde | — | — | — | 9.03±1.57 | — | — | MS, RI |
| Nonanal | 27.58±3.08 ^a | — | 12.83±0.86 ^b | 3.73±0.91 ^c | — | — | MS, RI |
| (E)-2-Nonenal | — | 4.08±2.50 ^b | 3.30±0.17 ^b | — | 2.31±0.09 ^c | 7.48±0.94 ^a | MS, RI |
| 14-Decenal | — | 3.97±3.45 ^a | 1.96±2.77 ^a | — | — | — | MS, LRI |
| Decanal | 80.41±2.05 ^a | 11.57±2.05 ^c | — | 51.37±1.17 ^b | 81.33±1.13 ^a | 53.11±4.49 ^b | MS, RI |
| (E)-2-Decenal | 60.90±3.11 ^c | 71.83±2.67 ^b | 1.64±1.57 ^d | — | — | 82.91±3.12 ^a | MS, RI |
| Undecanal | 24.57±1.93 ^b | 45.62±0.59 ^a | — | 8.06±0.11 ^c | — | — | MS, LRI |
| Esters (5) | | | | | | | |
| Ethyl acetate | 228.98±22.92 ^a | 36.45±8.09 ^d | 117.05±29.23 ^b | 98.9±16.82 ^b | 51.29±10.75 ^c | 109.94±9.27 ^b | MS, RI |
| (Z)-3-Hexenyl acetate | — | — | — | 171.76±11.79 | — | — | MS, LRI |
| 1-Octen-3-yl acetate | — | — | 16.95±2.07 ^b | 347.21±19.26 ^a | 356.45±13.66 ^a | 2.69±0.33 ^c | MS, LRI |
| 3-Octenyl acetate | — | — | 1.64±2.05 ^b | 9.19±7.96 ^a | 12.93±9.25 ^a | — | MS, LRI |
| (Z)-3-Hexenyl isovalerate | — | 0.80±0.70 ^a | 0.17±0.15 ^a | — | — | — | MS, LRI |
| Hydrocarbons (11) | | | | | | | |
| 2,3-Dimethylbutane | — | — | — | — | 4.69±0.12 ^a | 2.49±0.31 ^b | MS, LRI |
| 2-Methylpentane | — | 18.68±6.04 ^a | 16.14±5.82 ^a | — | — | 21.35±3.47 ^a | MS, RI |
| 3-Methylpentane | 59.20±29.09 ^a | 19.60±1.85 ^b | 38.28±10.99 ^{ab} | 37.81±5.49 ^{ab} | 24.66±2.3 ^b | 38.62±2.16 ^{ab} | MS, RI |
| Hexane | 998.59±154.72 ^a | 423.34±6.25 ^c | 419.65±67.54 ^c | 573.12±27.51 ^b | 394.87±69.34 ^c | 538.13±51.52 ^b | MS, RI |
| Methylcyclopentane | 35.33±5.46 ^a | 17.75±2.06 ^c | 23.06±3.84 ^b | — | 11.16±0.88 ^d | 15.57±1.35 ^c | MS, LRI |

Table 1. Continued

| Compounds | RI ²⁾ (DB-5) | March ³⁾ | | | July | | | Identification ⁴⁾ |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | | Leaf | Stem | Root | Leaf | Stem | Root | |
| Nonane | 900 | — ⁵⁾ | — | — | 15.79±1.56 ^a | 9.47±3.25 ^b | — | MS, RI |
| Undecane | 1100 | 160.78±2.40 ^a | 12.24±0.81 ^c | — | 27.67±3.68 ^c | 45.45±2.04 ^b | 24.98±2.96 ^c | MS, RI |
| Dodecane | 1200 | 25.14±24.41 ^b | 1.05±0.79 ^e | — | 9.9±0.41 ^c | 5.25±0.22 ^d | 71.08±1.37 ^a | MS, RI |
| Tridecane | 1300 | — | — | — | 53±2.48 ^a | 23.96±2.89 ^c | 45.1±2.17 ^b | MS, RI |
| Tetradecane | 1400 | 57.57±31.02 ^b | 81.51±2.73 ^b | — | 14.02±1.43 ^c | 103.01±15.6 ^a | 8.42±0.49 ^d | MS, RI |
| Heptadecane | 1700 | 23.78±2.29 ^b | — | — | 64.89±5.24 ^a | — | — | MS, RI |
| Ketones (4) | | | | | | | | |
| 1-Penten-3-one | 683 | — | — | — | 97.9±3.72 | — | — | MS, RI |
| 3-Pentanone | 697 | — | — | — | 37.02±1.67 | — | — | MS, RI |
| 3-Hydroxy-2-butanone | 718 | — | — | — | — | — | 13.73±0.65 | MS, LRI |
| 2,3-Octanedione | 982 | 79.82±70.25 | — | — | — | — | — | MS, LRI |
| Monoterpenes (20) | | | | | | | | |
| α -Thujene | 924 | — | 155.05±11.13 ^c | 288.93±21.98 ^b | 142.89±38.16 ^c | 256.42±41.47 ^b | 1,526.71±224.07 ^a | MS, LRI |
| α -Pinene | 932 | 4,719.26±148.74 ^a | 2,365.55±165.37 ^c | 2,248.58±170.53 ^c | 4,745.77±305.47 ^a | 3,686.74±421.52 ^b | 658.90±249.34 ^d | MS, RI |
| α -Fenchene | 949 | — | — | — | — | 4.81±0.53 | — | MS, LRI |
| Camphene | 951 | 200.35±42.04 ^b | 122.33±19.58 ^c | 102.19±14.88 ^c | 123.85±12.85 ^b | 70.89±11.18 ^c | 5,062.23±351.34 ^a | MS, RI |
| β -Pinene | 979 | 18,503.83±137.46 ^a | 10,979.31±472.19 ^b | 7,670.10±458.05 ^c | 17,252.4±535.87 ^a | 11,495.4±917.22 ^b | 3,331.75±799.23 ^d | MS, RI |
| β -Myrcene | 991 | 4,015.39±375.49 ^c | 2,008.59±132.39 ^e | 3,298.88±245.29 ^d | 9,376.20±587.83 ^a | 5,175.31±539.46 ^b | 1,347.44±116.02 ^f | MS, LRI |
| 3-Carene | 1001 | 38.48±7.34 | — | — | — | — | — | MS, LRI |
| α -Phellandrene | 1003 | 20.47±1.53 ^d | 375.63±30.56 ^d | 1,259.04±185.50 ^b | 3,152.79±602.1 ^a | 1,303.42±128.48 ^b | 684.43±52.73 ^c | MS, RI |
| α -Terpinene | 1015 | 311.78±90.83 ^d | 266.35±32.82 ^d | 559.76±36.10 ^c | 1,574.06±130.25 ^a | 830.85±116.73 ^b | 1,490.32±260.88 ^a | MS, LRI |
| p-Cymene | 1026 | 3,116.09±510.65 ^a | 2,085.00±186.48 ^b | 1,986.71±81.20 ^b | — | 576.62±998.74 ^c | 2,663.24±1,201.88 ^a | MS, RI |
| dl-Limonene | 1028 | 3,571.38±274.30 ^a | 1,508.28±52.11 ^b | — | — | — | — | MS, RI |
| β -Phellandrene | 1032 | — | — | 2,587.48±461.09 ^c | 13,713.38±194.78 ^a | 6,061.09±251.26 ^b | 509.72±69.19 ^d | MS, RI |
| (Z)-Ocimene | 1039 | 26.76±1.78 ^b | — | — | — | 39.56±4.72 ^a | — | MS, RI |
| (E)-Ocimene | 1049 | 15.36±2.43 ^d | — | — | — | 61.05±14.11 ^c | — | MS, LRI |
| γ -Terpinene | 1056 | 607.79±36.81 ^b | 335.82±51.63 ^c | 135.04±12.32 ^d | 1,039.13±85.73 ^a | 594.97±36.17 ^b | 302.63±59.32 ^a | MS, LRI |
| α -Terpinolene | 1083 | 124.38±26.20 ^c | 14.38±3.94 ^e | 51.58±1.20 ^d | 272.51±93.18 ^a | 192.27±21.21 ^b | 140.19±12.41 ^d | MS, RI |
| allo-Ocimene | 1132 | 21.82±1.19 ^c | 14.17±1.22 ^d | 29.57±1.66 ^b | 44.02±10.83 ^a | 25.41±3.78 ^b | 284.95±46.55 ^a | MS, RI |
| (E)-Limonene oxide | 1140 | — | — | — | 7.26±2.75 | — | 11.69±1.79 ^d | MS, LRI |
| Thymyl methyl ether | 1235 | 33.12±3.05 ^b | — | 0.72±0.24 ^e | 81.56±0.76 ^a | 29.70±1.49 ^b | 23.41±2.11 ^c | MS, LRI |
| Carvacrol methyl ether | 1245 | — | 9.09±0.23 | — | — | — | 25.60±2.43 | MS |
| Monoterpene alcohols (8) | | | | | | | | |
| (E)-Pinocarveol | 1141 | 22.97±2.71 ^a | 16.78±2.67 ^b | 9.65±0.37 ^e | — | 3.17±0.69 ^d | 1.72±0.65 ^e | MS, LRI |
| (-)-Lavandulol | 1162 | 118.53±4.48 ^a | 9.23±1.01 ^b | — | — | — | — | MS, LRI |
| 4-Terpineol | 1175 | 21.46±1.07 ^a | 0.45±0.25 ^c | 4.20±1.21 ^b | 4.91±0.61 ^b | 4.77±0.64 ^b | — | MS, LRI |
| Verbenol | 1188 | — | 1.33±0.77 | — | — | — | — | MS, LRI |
| α -Terpineol | 1193 | — | — | — | — | — | 10.27±0.46 | MS, RI |
| β -Citronellol | 1227 | — | — | 14.28±2.00 ^b | — | — | — | MS, RI |
| Thymol | 1284 | 17.16±18.27 | — | — | — | — | — | MS, RI |
| Nerol | 1290 | — | 9.96±0.53 | — | — | — | — | MS |

Table 1. Continued

| Compounds | RI ²⁾ (DB-5) | March ³⁾ | | | July | | | Identification ⁴⁾ |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | | Leaf | Stem | Root | Leaf | Stem | Root | |
| ar-Curcumene | 1468 | — ⁵⁾ | — | — | 23.58±5.85 ^b | 35.45±3.08 ^a | — | MS, RI |
| β-Chamigrene | 1470 | — | — | 105.77±33.68 ^a | — | — | 27.06±2.50 ^b | MS, LRI |
| Germaacene D | 1474 | — | 627.90±111.29 ^a | 142.30±10.63 ^c | 426.46±39.32 ^b | 585.24±54.26 ^a | — | MS, LRI |
| β-Selinene | 1479 | — | — | 149.31±19.58 ^a | — | 98.14±8.22 ^b | 42.81±5.47 ^c | MS, LRI |
| β-Cubebene | 1482 | — | 106.91±51.40 | — | — | — | — | MS, RI |
| γ-Curcumene | 1486 | — | 6.85±5.08 | — | — | — | — | MS, RI |
| α-Curcumene | 1490 | — | 90.46±15.10 | — | — | — | — | MS, LRI |
| α-Muurolene | 1494 | 235.70±19.77 ^a | 28.77±2.51 ^c | — | 7.8±0.94 ^d | 54.56±5.85 ^b | — | MS, RI |
| α-Selinene | 1497 | — | — | — | — | 18.32±1.06 ^b | 74.6±82.62 ^a | MS, LRI |
| β-Himachalene | 1499 | — | — | 113.44±12.64 ^a | — | — | 12.04±1.04 ^b | MS, LRI |
| Germaacene A | 1501 | 145.24±30.78 ^a | — | — | — | 22.61±3.16 ^b | — | MS, LRI |
| β-Bisabolene | 1508 | — | 34.29±4.04 ^d | 186.11±13.89 ^a | 90.82±12.75 ^c | — | 140.12±11.34 ^b | MS, RI |
| γ-Cadinene | 1513 | 456.28±89.31 ^a | 209.61±23.57 ^b | — | 149.73±12.46 ^c | 50.73±8.87 ^c | — | MS, LRI |
| δ-Cadinene | 1524 | 1,084.25±26.77 ^a | 7.32±2.11 ^d | — | 101.14±10.97 ^b | 57.18±9.03 ^c | — | MS, LRI |
| α-Bisabolene | 1544 | — | 36.26±2.05 | — | — | — | — | MS, RI |
| Germaacene B | 1554 | 127.73±13.16 ^a | 41.18±2.79 ^b | — | 12.35±1.19 ^d | 19.57±3.9 ^e | — | MS, LRI |
| Caryophyllene oxide | 1580 | — | — | — | 19.67±1.23 | — | — | MS |
| Azulene | 1772 | 65.89±0.15 ^b | — | — | 95.83±5.37 ^a | — | — | MS |
| Miscellaneous (4) | | | | | | | | |
| 2-Ethylfuran | 720 | 1,368.68±248.59 ^a | 5.64±2.64 ^e | 1.46±0.24 ^d | 18.68±1.81 ^b | — | — | MS, LRI |
| Toluene | 760 | 526.90±33.07 ^a | 263.66±18.98 ^b | 258.04±16.24 ^b | 200.13±12.27 ^c | 115.49±13.51 ^e | 178.06±6.95 ^d | MS, RI |
| Styrene | 890 | — | — | — | 3.46±2.29 ^{ab} | 2.51±0.69 ^b | 4.43±0.32 ^a | MS, RI |
| 2-sec-Butyl-3-methoxy-pyrazine | 1173 | — | 5.23±2.81 ^b | 1.63±1.19 ^c | — | 1.22±0.39 ^c | 43.34±0.75 ^a | MS, LRI |
| Alcohols | | 1,433.29 | 590.24 | 0.51 | 580.59 | 211.81 | 2.73 | |
| Aldehydes | | 8,850.95 | 815.14 | 262.98 | 5,537.86 | 477.64 | 282.76 | |
| Esters | | 228.98 | 37.25 | 135.81 | 627.06 | 420.67 | 112.63 | |
| Hydrocarbons | | 1,360.39 | 574.17 | 515.74 | 796.20 | 622.52 | 765.74 | |
| Ketones | | 79.82 | — | — | 134.92 | — | 13.73 | |
| Monoterpene | | 35,326.26 | 20,239.55 | 20,232.23 | 51,640.95 | 30,404.57 | 18,063.21 | |
| Monoterpene alcohols | | 180.12 | 37.75 | 28.13 | 4.91 | 51.67 | 11.99 | |
| Monoterpene aldehydes | | 65.78 | 17.82 | 40.09 | 28.41 | 58.39 | 60.14 | |
| Monoterpene esters | | 255.31 | 66.04 | 19.06 | 38.01 | 222.35 | 68.20 | |
| Monoterpene ketones | | — | 5.58 | 9.02 | — | 8.88 | 94.16 | |
| Sesquiterpenes | | 9,843.36 | 3,171.47 | 3,179.92 | 3,012.42 | 4,635.12 | 1,834.71 | |
| Miscellaneous | | 1,895.58 | 274.53 | 261.13 | 222.27 | 119.22 | 225.83 | |

¹⁾Values with different superscripts in the same row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾RI, retention indices determined on the basis of van den Dool and Kratz (van den Dool and Kratz, 1963) after injection of a n-alkane series (C6-C24) under the same conditions.

³⁾Values are means (area counts $\times 1,000,000$) of three analyses ($n=3$) with mean \pm standard deviation.

⁴⁾MS, RI was identified with mass spectral data and retention indices (RI) of an authentic compound; MS, LRI was identified with mass spectral data and retention indices of published literatures (MSDC, 1974; Jennings and Shibamoto, 1980; Sadtler Research Laboratories, 1985); MS was identified with only Wiley 8 (399,383 spectrum) mass spectral data.

⁵⁾Not detected.

p에 비해 비교적 낮게 나타났다. Chung 등(13)은 방풍의 건조 뿌리를 수증기 증류하여 얻은 essential oil의 휘발성분을 분석한 연구에서 heptanal이 가장 많이 검출되었으나 SPME로 휘발성 성분을 포집한 본 연구에서는 hexanal이 가장 높은 뿌리의 휘발성분이었다. 반면 3월 방풍나물의 줄기에서는 heptanal이 검출되지 않았고 잎에 비해 뿌리가 유의적으로 높았으며, 7월에는 잎과 줄기에서는 전혀 검출되지 않았으나 뿌리에서는 다른 aldehydes 류에 비해 비교적 높게 나타난 것을 알 수 있었다. Leaf aldehyde로 알려진 C6의 (*E*)-2-hexenal과 hexanal 등 화합물은 국화과의 꽃잎 향에 기여하고(27), methyl butanal 류는 달콤한 향에 기여하는 물질로 보고되었다(28). (*E*)-2-Hexenal과 hexanal은 사과(29), 산초나무 잎 및 초피나무 잎(30) 등에서도 검출되었다. (*Z*)-2-Hexenal은 풀냄새를 나타내는 물질로 향균력을 나타낸다고 알려져 있다(31).

확인된 ester 류의 휘발성 물질을 살펴보면 ethyl acetate는 잎, 줄기, 뿌리에서 모두 검출되었으며 3월에는 잎에서, 7월에는 뿌리에서 높게 나타났다. Ethyl acetate는 과일 및 꽃잎 등에서 빈도가 높게 검출이 되는 물질로 휘발성이 높아 최소감지농도가 낮으며, fruity, pineapple, sweet, pleasant 등의 향미 특성을 갖는다(32). 3월 방풍나물의 잎과 줄기에서는 검출되지 않았으나 7월 잎과 줄기에서는 1-octen-3-yl acetate가 높게 나타났다. 1-Octen-3-yl acetate는 신선한 버섯 향을 나타내며 최소감지농도가 0.09 ppm으로 휘발성이 높은 성분이다(33). 대부분의 ester 류는 ethyl acetate를 제외하고는 3월보다 7월에 더 많이 나타났다.

Hydrocarbon 류는 잎, 줄기, 뿌리 세 부위에서 공통으로 나타난 주성분이 hexane이었고 부위에 따라 양적인 차이가 있었으며, 그 외 수확시기에 관계없이 세 부위에서 모두 검출된 성분은 3-methyl pentane, undecane으로 나타났다. Hydrocarbon 류는 모두 5~9종 확인되었는데 hydrocarbon은 많은 양이 함유되어 있을지라도 향미에 대한 영향은 미미하다고 알려져 있다(34). Ketone 류의 경우 방풍에서는 종류나 양적으로 가장 적게 나타났다.

Monoterpene은 탄소수가 10개인 terpene으로 식물체에 존재하고 대부분 정유의 주요 성분으로 향료 원료로 이용된다(35). Monoterpene 류는 총 20종으로 잎 15종, 줄기 16종, 뿌리 15종이 검출되었으며, 3월과 7월 모두 세 부위에서 가장 높게 나타난 성분은 β -pinene으로 잎이 가장 높았고 다음으로 줄기, 뿌리 순이었다. 3월의 경우 잎과 줄기에서 많이 검출된 성분으로는 β -pinene 외 α -pinene, β -myrcene, p-cymene, dl-limonene이었으며, 잎이 줄기에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). Monoterpene 류는 다른 휘발성분에 비해 불안정하여 분해되기 쉬워 향미가 부여된 식품에서 식품의 품질을 저하시키거나 저장성을 낮추기도 한다(36). 예로서 limonene은 자동 산화되어 carvone과 carveol로 전환되어 terpene-like 불쾌취를 생성한

다(37). 또한 monoterpene의 수용액에 자외선을 조사할 때 limonene과 terpinolene은 감소하는 반면 p-cymene은 증가였다(38). 뿌리의 주된 성분은 역시 β -pinene이었으나 잎과 줄기에 비해 유의적으로 낮았고($P < 0.05$), β -phellandrene 성분은 잎과 줄기에 없는 성분이나 뿌리에 많은 양이 함유되어 있었으며, α -phellandrene 성분은 잎과 줄기에 비해 뿌리에 유의적으로($P < 0.05$) 높게 나타났음을 알 수 있었다. Chung 등(13)은 방풍의 건조뿌리에서 α -phellandrene 성분의 함량이 높게 나타났음을 보고하였으며 본 연구에서도 높게 나타났다. 3-Carene과 (*Z*)-ocimene은 잎에서만 검출되었으며, α -thujene은 줄기와 뿌리에서만 검출되었다. 7월의 경우 잎과 줄기에서 β -pinene 다음으로 높게 나타난 성분은 β -phellandrene, β -myrcene 순이었으며, 뿌리의 경우 camphene, β -pinene, p-cymene 순으로 높게 나타났다. Balsam 향 성분인 myrcene과 무색의 방향성 오일로 강한 솔나무 향을 나타내는 β -pinene은 방풍에 향긋한 좋은 향을 부여하는 것으로 볼 수 있으며, 또한 로즈마리, 과슬리, 바질, 장미 등에서 주로 검출되는 β -pinene은 통증을 조절하는 작용을 하고, 항염증 작용(4,39), 항산화 및 항균 작용(29) 등을 나타내는 것으로 보고되었다. Limonene은 감귤류에 함유된 대표적인 물질이며 강한 향기를 지니면서 쉽게 휘발되는 특성을 지니고 있어 향료 및 essence의 주요한 성분으로 이용된다(40). α -Pinene은 후추(41), 라임(42), 올레오레진(43)에, β -caryophyllene은 계피(44)나 인도산 후추(45)에 함유되어 있으며, β -phellandrene과 limonene은 항산화 작용(46,47), camphene은 향 돌연변이 효과(48)를 나타내는 것으로 보고되었다. 앞서 연구가 이루어진 식물, 즉 생강과 생강나무(1), 천궁(49), 양하(50), 산초나무 잎과 초피나무 잎(30), 사철쭉(51), 더덕(19), 홍화꽃(52), 미나리(53), 배초향(54), 인삼(55), 수삼과 백삼(56), 황벽, 황련, 애기똥풀(57)의 대부분에서 β -pinene, myrcene, α -pinene, γ -terpinene, p-cymene, limonene, α -phellandrene, γ -terpinene, β -caryophyllene, camphene 등의 terpene 류가 종류나 양만 약간 차이가 있을 뿐 주요 향기성분으로 나타났으며, 본 연구에서도 terpene 류가 방풍의 주요 향기성분으로 방풍의 향기에 많은 영향을 줄 것으로 판단된다.

Monoterpene alcohols은 lavandulol이 다른 성분에 비해 3월 잎에서 많이 검출되었으나 다른 성분들은 비교적 낮게 나타났다. Monoterpene aldehydes 역시 아주 낮게 나타났다. Monoterpene esters는 sabinyl acetate가 3월의 잎과 줄기, 7월의 줄기와 뿌리에서 나타났다. 비터멜론(58), 망고(59), 향쭉(60) 등에서 sabinyl acetate가 확인되었는데 salvia lavandulifolia의 정유에서 검출된 sabinyl acetate는 설치류에서 낙태에 영향을 준다는 보고도 있다(61). Monoterpene ketones 또한 대부분 낮게 나타났다.

Sesquiterpene 류의 경우 3월과 7월 모두 잎에서는 (*E*)-caryophyllene이 가장 높게 나타났고, 두 번째로 많이 검출

된 성분으로 3월에는 acoradiene, δ -cadinene이었으며, 7월에는 germacrene D, β -cubebene으로 나타났다. 3월과 7월의 줄기와 뿌리 모두 β -elemene이 가장 높게 나타났으며, 줄기의 두 번째의 주요 성분으로 3월에는 germacrene D, (*E*)-caryophyllene 순으로 높았고, 7월에는 α -copaene, (*E*)-caryophyllene 순으로 나타났다. 뿌리의 경우 다음 주요 성분으로 3월에는 β -cedrene, (*E*)-caryophyllene이었으며, 뿌리는 (*E*)-caryophyllene으로 나타났다. (*E*)-Caryophyllene은 향신료로 사용되는 백리향 잎에서 woody, oak (62), 산초에서는 pleasant plum, sweet 향으로 나타난다 (63). 또한 화장품이나 향신료의 원료로 이용되며(64), 향신료 가운데 allspice, 계피 및 후추에 함유된 성분으로 알려져 있다(65). β -Elemene은 주로 이노제, 두통해소를 조절하며, 천연 항암성분으로 널리 알려져 있다(66,67). Monoterpene의 경우 방향성이 높은 테에 비하여 sesquiterpene은 향이 강하지 않은 편으로 알려져 있는데(68), 본 연구의 경우 monoterpene 류가 sesquiterpene 류보다 수적으로 낮으나, 양적으로 보면 훨씬 많은 양을 함유하고 있어 방풍의 향에 monoterpene 류의 성분들이 주요하게 영향을 미칠 것으로 추측된다.

기타 성분으로 3월의 잎에는 2-ethylfuran, toluene 성분이 함유되어 있었으며, 줄기와 뿌리에는 잎에 함유된 2-ethylfuran, toluene 외 2-*sec*-butyl-3-methoxypyrazine 성분이 함유되었다. 7월에는 toluene이 세 부위에서 가장 높게 나타났으며 특히 잎과 뿌리가 줄기에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

전체적으로 3월의 잎에는 β -pinene > α -pinene > β -myrcene > hexanal > dl-limonene > p-cymene > (*E*)-caryophyllene > (*E*)-2-hexenal 순으로 높게 나타났고, 줄기는 β -pinene > α -pinene > p-cymene > β -myrcene > dl-limonene > β -elemene > germacrene D > hexanal 순이었다. 뿌리의 경우 β -pinene > β -myrcene > β -phellandrene > α -pinene > p-cymene > α -phellandrene > β -elemene > α -terpinene > β -cedrene 순으로 나타났다. 7월의 잎은 β -pinene > β -phellandrene > β -myrcene > α -pinene > (*E*)-2-hexenal > α -phellandrene > hexanal > α -terpinene > γ -terpinene 순이었으며, 줄기는 β -pinene > β -phellandrene > β -myrcene > α -pinene > β -elemene > α -copaene > α -terpinene > γ -terpinene > p-cymene 순으로 나타났다. 뿌리는 camphene > β -pinene > p-cymene > α -thujene > α -terpinene > β -myrcene > β -elemene > α -phellandrene > hexane 순으로 나타났다.

방풍의 수확시기별, 부위별 화합물

Table 2는 방풍의 수확시기별, 부위별로 전체 화합물의 종류별로 확인된 휘발성분 수를 종합 정리한 결과를 나타내었다. 전체적으로 화합물의 수는 7월에 수확된 잎에 가장 많았으며, 다음으로 3월에 수확된 줄기, 7월에 수확된 줄기

Table 2. Compounds of chemical class identified in each part of *Peucedanum japonicum* Thunberg

| Class of compounds | March | | | July | | |
|-----------------------|-------|------|------|------|------|------|
| | Leaf | Stem | Root | Leaf | Stem | Root |
| Alcohols | 7 | 3 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| Aldehydes | 15 | 11 | 10 | 14 | 7 | 9 |
| Esters | 1 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| Hydrocarbons | 7 | 7 | 5 | 8 | 9 | 9 |
| Ketones | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| Monoterpenes | 15 | 13 | 14 | 14 | 16 | 15 |
| Monoterpene alcohols | 4 | 5 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| Monoterpene aldehydes | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Monoterpene esters | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 |
| Monoterpene ketones | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Sesquiterpenes | 16 | 24 | 16 | 20 | 21 | 16 |
| Miscellaneous | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Total | 72 | 75 | 63 | 78 | 73 | 69 |

순으로 나타났다. 3월에 수확된 방풍의 잎에는 sesquiterpene 류가 가장 많았고 다음으로 aldehydes 류와 monoterpenes 류가 동일하게 나타났으며, 줄기와 뿌리에는 sesquiterpene 류, monoterpenes 류, aldehydes 류 순으로 나타났다. 7월에 수확된 방풍의 잎은 sesquiterpene 류가 가장 많고 aldehydes 류와 monoterpenes 류가 동일하게 나타난 반면, 줄기는 sesquiterpene 류, monoterpenes 류, hydrocarbons 순으로 나타났다. 뿌리는 sesquiterpene 류가 가장 많았으며, 다음으로 monoterpenes 류로 나타났다. Chung 등(13)은 갯기름 나물의 건조된 뿌리의 향기성분을 측정된 결과 65종의 화합물이 검출되었다고 보고하였으나 본 연구에서는 3월에 63종, 7월에 69종으로 나타나 약간의 차이를 나타냈다. 화합물의 종류 또한 동일하지 않았는데 이는 수확지역, 건조 상태, 추출방법, 분석방법 등에 의한 차이에 기인한 것으로 판단된다.

요 약

전남 여수시 금오도에서 재배된 방풍나물을 3월과 7월에 수집하여 잎, 줄기, 뿌리로 나누어 휘발성 향기성분을 SPME 법으로 추출하여 GC/MS로 분석하였다. 3월에 수확된 방풍의 잎은 72종, 줄기는 75종, 뿌리는 63종이 동정되었고, 7월에 수확된 방풍의 잎은 78종, 줄기는 73종, 뿌리는 69종이 동정되었다. 이를 종류별로 분류하면 alcohols(1~7종), aldehydes(7~15종), esters(1~4종), hydrocarbons(5~9종), ketones(1~2종), monoterpenes(13~16종), monoterpene alcohols(1~5종), monoterpene aldehydes(2~4종), monoterpene esters(1~4종), monoterpene ketones(1~2종), sesquiterpenes(16~24종), 기타 화합물(2~3종)로 구성되었다. 방풍의 주요 휘발성 향기성분은 다

른 화합물에 비해 monoterpene 류가 상대적으로 비율이 높았고 3월의 잎과 줄기는 β -pinene, α -pinene, β -myrcene 순으로 높게 나타났으며, 뿌리는 β -pinene, β -myrcene, β -phellandrene 순으로 높게 나타났다. 7월의 잎과 줄기는 β -pinene, β -phellandrene, β -myrcene 순으로 높게 나타났고, 7월의 뿌리는 camphene, β -pinene, p-cymene 순으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Hwang SH, Choi SJ, Hwang YS, Lim SS. 2013. Comparison analysis of essential oils composition in difference parts from *Lindera obtusiloba* BL. according to the season by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). *Kor J Pharmacogn* 44: 30-40.
- Ahn KM. 2007. The effect of aroma inhalation method using sweet orange essential oil on stress. *J Kor Soc Cosm* 13: 1121-1129.
- Seo HK, Park KS. 2003. A study on the effects of aroma inhalation method using Claysage essential oil on stress in middle aged women. *Kor J Women Health Nurs* 9: 61-69.
- Lim SS, Lee YS, Han S, Chung KH, Lee SH, Shin KH. 2008. GC/MS analysis of volatile constituents from native *Schizandra chinensis*. *Kor J Hort Sci Technol* 26: 476-483.
- Buchbauer G, Jirovetz L, Jäger W, Dietrich H, Plank C. 1991. Aromatherapy: evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. *Z Naturforsch C* 46: 1067-1072.
- Zheng GQ, Kenny PM, Lam LKT. 1993. Potential anticarcinogenic natural products isolated from lemongrass oil and galanga root oil. *J Agric Food Chem* 41: 153-156.
- Park SJ, Yu MH, Kim JE, Lee SP, Lee IS. 2012. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of supercritical fluid extracts and marc extracts from *Cinnamomum verum*. *J Life Sci* 22: 373-379.
- Shin KH, Kang SS, Chi HJ. 1992. Analysis of the coumarin constituents in *Peucedanii radix*. *Kor J Pharmacogn* 23: 20-23.
- Kim SJ, Chin YW, Yoon KD, Ryu MY, Yang MH, Lee JH, Kim J. 2008. Chemical constituents of *Saposhnikovia divaricata*. *Kor J Pharmacogn* 39: 357-364.
- Park NK, Lee SH, Chung SH, Park SD, Choi BS, Lee WS. 1995. Effects of fertilization and mulching on yield and quality of *Peucedanum japonicum* THUNBERG. *Korean J Medicinal Crop Sci* 3: 16-20.
- Kang SK, Oh TW, Kim JW, Park YK. 2013. Effect of the water extract of *Peucedani Japonici Radix* on ovalbumin-induced allergic asthma in mice. *Kor J Herbology* 28: 1-7.
- Kim KN, Choi MJ, Lee Y, Cho SH. 2013. The protective and recovery effects of *Peucedanum japonicum* Thunberg for vascular dementia. *J Oriental Neuropsychiatry* 24: 123-130.
- Chung HS, Park JY, Ahn YH, Lee S, Shin KH. 2009. Analysis of essential oil from Perennial Herbaceous plants. *Korean J Medical Crop Sci* 17: 179-186.
- Van Den Dool H, Kratz PD. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J Chromatogr* 11: 463-471.
- Lee KH, Park HC, Her ES. 1998. *Statistics and data analysis method*. Hyoil Press, Seoul, Korea. p 253-296.
- Hatanaka A. 1996. The fresh green odor emitted by plants. *Food Rev Int* 12: 303-350.
- Lee MS, Chung MS. 2001. Analysis of volatile flavor compounds from the leaves of *Eucommia ulmoides*. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 359-366.
- Ryu KH, Lee HJ, Park SK. 2012. Studies on the effect of low winter temperatures and harvest times on the volatile aroma compounds in green teas. *Korean J Food Sci Technol* 44: 383-389.
- Lee SP, Kim SK, Choi BS, Lee SC, Kim KU. 1995. Growth and aromatic constituents of wild and domesticated *Codonopsis lanceolata* growth at two different region. *Korean J Crop Sci* 40: 587-593.
- Salas JJ, Garcia-Gonzalez DL, Aparicio R. 2006. Volatile compound biosynthesis by green leaves from an *Arabidopsis thaliana* hydroperoxide lyase knockout mutant. *J Agric Food Chem* 54: 8199-8205.
- Wang Y, Finn C, Qian MC. 2005. Impact of growing environment on chickasaw blackberry (*Rubus* L.) aroma evaluated by gas chromatography olfactometry dilution analysis. *J Agric Food Chem* 53: 3563-3571.
- Alasalvar C, Taylor KD, Shahidi F. 2005. Comparison of volatiles of cultured and wild sea bream (*Sparus aurata*) during storage in ice by dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 49: 2616-2622.
- Nakamura K, Iida H, Tokunaga T. 1980. Separation and identification of odor in oxidized sardine oil. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 46: 355-360.
- Mahattanatawee K, Perez-Cacho PR, Davenport T, Rouseff R. 2007. Comparison of three lychee cultivar odor profiles using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-sulfur detection. *J Agric Food Chem* 55: 1939-1944.
- Cho IH, Lee SM, Kim SY, Choi HK, Kim KO, Kim YS. 2007. Differentiation of aroma characteristics of pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.) of different grades using gas chromatography-olfactometry and sensory analysis. *J Agric Food Chem* 55: 2323-2328.
- Majcher MA, Jeleń HH. 2007. Effect of cysteine and cystine addition on sensory profile and potent odorants of extruded potato snacks. *J Agric Food Chem* 55: 5754-5760.
- Choi SH. 2001. Volatile aroma components of Korean semi-fermented teas. *Korean J Food Sci Technol* 33: 529-533.
- Choi SH, Im SG, Bae JE. 2006. Analysis of aroma components from flower tea of German chamomile and *Chrysanthemum boreale* Makino. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 768-773.
- Lee HJ, Park ER, Kim KS. 2000. Volatile flavor components in various varieties of apple (*Malus pumila* M.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 597-605.
- Cho MG, Kim H, Chae YA. 2003. Analysis of volatile compounds in leaves and fruits of *Zanthoxylum schinifolium* siebold et Zucc. & *Zanthoxylum piperitum* DC. by headspace SPME. *Korean J Medicinal Crop Sci* 11: 40-45.
- Koyasako A, Bernhand RA. 1983. Volatile constituents of the essential oil of kumquat. *J Food Sci* 48: 1807-1812.
- Callejón RM, Morales ML, Troncoso AM, Silva Ferreira

- AC. 2008. Targeting key aromatic substances on the typical aroma of sherry vinegar. *J Agric Food Chem* 56: 6631-6639.
33. Maga JA. 1981. Mushroom flavor. *J Agric Food Chem* 29: 1-4.
34. Hsleh TCY, Williams SS, Vejaphan W, Meyers SP. 1989. Characterization of volatile components of menhaden fish (*Brevoortia tyrannus*) oil. *J Am Oil Chem Soc* 66: 114-117.
35. Chemical Dictionary Compilation Committee. 1989. *Chemical dictionary*. Kyoritsu Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan. p 285A.
36. Chouchi D, Barth D, Reverchon E, Porta GD. 1996. Bigarade peel oil fractionation by supercritical carbon dioxide desorption. *J Agric Food Chem* 44: 1100-1104.
37. Ziegler M, Brandauer H, Ziegler E, Ziegler G. 1991. A different aging model for orange oil: deterioration products. *J Essent Oil Res* 3: 209-220.
38. Iwanami Y, Tateba H, Kodama N, Kishino K. 1997. Changes of lemon flavor components in an aqueous solution during UV irradiation. *J Agric Food Chem* 45: 463-466.
39. Sousa OV, Silvério MS, Del-Vechio-Vieira G, Matheus FC, Yamamoto CH, Alves MS. 2008. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of the essential oil from *Eremanthus erythropappus* leaves. *J Pharmacy Pharmacology* 60: 771-777.
40. Hisara K, Takemasa M. 1998. *Spice science and technology*. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA. p 70-80.
41. Jirovetz L, Buchbauer G, Ngassoum M. 1997. Investigation of the essential oils from the dried fruits of *Xylopiya aethiopica* West African Peppertree and *Xylopiya parviflora* from Cameroon. *Ernährung* 21: 324-325.
42. Dugo P, Mondello L, Lamonica G, Dugo G. 1997. Characterization of cold-pressed key and persian lime oils by gas chromatography, gas chromatography/mass spectroscopy, high-performance liquid chromatography, and physico-chemical indices. *J Agric Food Chem* 45: 3608-3616.
43. Mariotti JP, Tomi F, Casanova J, Costa J, Bernardini AF. 1997. Composition of the essential oil of *Cistus ladaniferus* L. cultivated in Corsica (France). *Flavour Fragrance J* 12: 147-151.
44. Jayaprakasha GK, Rao LJ, Sakariah KK. 1997. Chemical composition of the volatile oil from the fruits of *Cinnamomum zeylanicum* Blume. *Flavour Fragrance J* 12: 331-333.
45. Shankaracharya NN, Jaganmohan RL, Pura NJ, Nagalakshmi S. 1997. Characterization of chemical constituents of Indian long pepper (*Piper longum* L.). *J Food Sci Technol* 34: 73-75.
46. Kelen M, Tepe B. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. *Bioresour Technol* 99: 4096-4104.
47. Crowell PL. 1997. Monoterpenes in breast cancer chemoprevention. *Breast Cancer Res Treat* 46: 191-197.
48. Kim JO, Kim YS, Lee JH, Kim MN, Rhee SH, Moon SH, Park KY. 1992. Antimutagenic effect of the major volatile compounds identified from mugwort (*Artemisia asiatica nakai*) leaves. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 308-313.
49. Hong CU, Kim MK, Kim CS, Kim NG. 2001. Essential oil composition of umbelliferous herbs. *Korean J Food & Nutr* 14: 10-14.
50. Lee JW, Chon SU, Han SK, Choi DG, Ryu J. 2007. Effects of antioxidant and flavor components of *Zingiber mioga* Rosc. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15: 203-209.
51. Lee JH, Choi HS, Chung MS, Lee MS. 2002. Volatile flavor components and free radical scavenging activity of *Cnidium officinale*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 330-338.
52. Chung MS. 2007. Changes in the volatile compounds of *Artemisia capillaris* essential oil during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 413-422.
53. Choi SH, Im SI, Jang EY, Choi YS. 2004. Volatile components of flower and seed of safflower. *Korean J Food Sci Technol* 36: 196-201.
54. Rhee HJ, Koh MS, Choi OJ. 1995. A study on the volatile constituents of the water dropwort. *Korean J Soc Food Sci* 11: 386-395.
55. Lee BY, Yuk JS, Oh SR, Lee HK. 2000. Aroma pattern analysis of various extracts of *Agastache rugosa* O. Kuntze by electronic nose. *Korean J Food Sci Technol* 32: 9-16.
56. Kim MW, Park JD. 1984. Studies on the volatile flavor components of fresh ginseng. *Korean J Ginseng Sci* 8: 22-31.
57. Jung JS. 2013. Analysis of volatile compounds in *Phellodendron amurense Ruprecht*, *Coptis japonica Makino*, and *Chelidonium majus var. asiaticum* by TD GC/MS. *Textile Sci Engineering* 50: 275-281.
58. Binder RG, Flath RA, Mon TR. 1989. Volatile components of bittermelon. *J Agric Food Chem* 37: 418-420.
59. MacLeod AJ, Snyder CH. 1985. Volatile components of two cultivars of mango from Florida. *J Agric Food Chem* 33: 380-384.
60. Blagojević P, Radulović N, Palić R, Stojanović G. 2006. Chemical composition of the essential oils of serbian wild-growing *Artemisia absinthium* and *Artemisia vulgaris*. *J Agric Food Chem* 54: 4780-4789.
61. Fournier G, Pages N, Cosperec I. 1993. Contribution to the study of *Salvia lavandulifolia* essential oil: potential toxicity attributable to sabiny acetate. *Planta Med* 59: 96-97.
62. Diaz-Maroto MC, Diaz-Maroto Hidalgo IJ, Sánchez-Palomo E, Pérez-Coello MS. 2005. Volatile components and key odorants of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil extracts obtained by simultaneous distillation-extraction and supercritical fluid extraction. *J Agric Food Chem* 53: 5385-5389.
63. Jiang L, Kubota K. 2004. Differences in the volatile components and their odor characteristics of green and ripe fruits and dried pericarp of Japanese pepper (*Xanthoxylum piperitum* DC.). *J Agric Food Chem* 52: 4197-4203.
64. Fujimaki M. 1982. *Goryonoziten*. Asakurasouten, Tokyo, Japan. p 151.
65. Steffen A. 1969. *Perfume and flavor chemical (Aroma Chemicals)* [1]. The Author Publishing, Montclair, NJ, USA. p 584.
66. Choi YH. 2003. Studies on the isolation and analysis of Korean golden varnish (Hwangchil) exudates of *Dendropanax morbifera* lev. *MS Thesis*. Hanbat National University, Daejeon, Korea. p 1-50.
67. Peng X, Zhao Y, Liang X, Wu L, Cui S, Guo A, Wang W. 2006. Assessing the quality of RCTs on the effect of beta-elemene, one ingredient of a Chinese herb, against malignant tumors. *Contemp Clin Trials* 27: 70-82.
68. Heath HB. 1978. *Flavor technology, profiles, products, application*. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT, USA. p 284.