

Headspace법에 의한 솔향의 분석

이미정 · 정은주 · 이신조 · 조지은 · 이양봉[†] · 조현종* · 윤정로**

부경대학교 식품생명공학부 · 수산식품연구소

*농협중앙회 식품연구소

**강릉대학교 식품과학과

Comparisons of Volatile Compounds Extracted from *Pinus densiflora* by Headspace Analysis

Mi-Jeong Lee, Eun-Joo Jung, Shin-Jo Lee, Ji-Eun Cho, Yang-Bong Lee[†],
Hyeon-Jong Cho* and Jungro Yoon**

Faculty of Food Science & Biotechnology/Institute of Seafood Science,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

*National Agricultural Cooperative Federation Food Research Institute,

**Dept. of Food Science, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

Abstract

Volatile compounds from three parts of needles, sprouts and twigs in *Pinus densiflora* were extracted by solid phase microextraction (SPME) and dynamic headspace analysis (DHA), separated by gas chromatography, and identified by using mass selective detector and Kovat's retention index. The amounts of monoterpenes isolated by SPME and DHA were 66.7% and 14.3% in needles, 90.6% and 0.7% in sprouts, and 90.6% and 1.2% in twigs, respectively. The amounts of sesquiterpenes detected only by SPME were 25.8% in needles, 4.4% in twigs and 1.5% in sprouts. And the amounts of oxygenated terpenes isolated by SPME and DHA were 4.7% and 79.0% in sprouts, 3.7% and 70.4% in twigs, and 1.0% and 50.7% in needles, respectively. The kinds of volatile compounds isolated by SPME were similar to those by solvent extraction, but the number of compounds identified to have a boiling point below 50°C by DHA was larger than that of SPME.

Key words: volatile compounds, *Pinus densiflora*, solid phase microextraction (SPME), dynamic headspace analysis (DHA)

서 론

최근들어 국민생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 커지면서 건강 지향적인 식품, 소위 기능성 식품이 흥미 있는 분야로 대두되고 있으며(1-5) 이런 기능성 식품 중의 하나로 솔향을 이용한 다양한 식품들이 나오고 있는 실정이다. 지금까지 약리 및 약용에 관한 연구(3-5)와 항균활성 및 천연 보존료의 일환으로 김치의 가식기간을 연장시키고자 하는 솔잎즙이나 솔잎 추출물의 첨가 등에 관한 연구(6-8)가 이루어지고 있는 실정이며, Lee 등(9)과 Cho 등(10)은 *Pinus densiflora*를 이용하여 여러 가지 용매 추출법을 통한 휘발성 성분을 분리, 동정한 결과를 이미 보고한 바 있다. 또한 William 등(11)은 β -pinene의 isomerization에 대한 이론을, Gerald 등(12)은 camphene, 3-carene, limonene, α -terpinene과 같은 terpene 류의 열분해에 대해 보고하였다.

식물체에 존재하는 미량성분에 대해 정성과 정량분석을

하고자 하면 우선 분리하고자 하는 성분을 여러 방법의 전처리 과정을 거쳐 추출하는 것이 첫 단계이다. 이런 추출과정 중에 용매를 이용하는 것이 대표적이나, 용매를 이용하면서 열을 가하면 열에 약한 향기 성분이 파괴되거나 일부성분은 물에 의하여 가수분해되는 까닭에 향의 손실뿐만 아니라 변질을 초래하게 된다(13-16). 또한, 용매로 추출하는 경우 용매를 회수하기 위하여 가열하여야 하며 이때 향기성분의 소실과 아울러 용매가 잔존한다는 문제점이 남아 있다. 그러나, headspace법을 이용하여 추출을 행하는 경우, 비교적 낮은 온도에서도 추출이 이루어지므로 목적하는 유용물질의 변질을 최소화할 수 있고, 천연 그대로의 향을 분석할 수 있으며, 용매가 잔존하지 않는 그대로의 향에 좀 더 접근할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 solid phase microextraction과 dynamic headspace sampler 장치를 이용하여, 솔의 잎, 새순, 가지로부터 휘발성 성분을 추출하고 분리, 동정함으로써 솔향의 이용 기능성의 증대 및 솔향의 기능성에 관여하는 성분

[†]Corresponding author. E-mail: yblee2@hanmail.net
Phone: 82-51-620-6427. Fax: 82-622-9248

을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 재료는 *Pinus densiflora*(2엽송) 1년생으로 부산 근교에서 4월 초순경에 채취한 것이며, 가지, 잎, 새순 부분으로 구분하고, 각각 10 g씩을 1 cm 크기로 균일하게 절단하여 시료병(4.0 cm diameter×4.5 cm height)에 넣어 고무마개와 알루미늄 캡으로 밀봉하여 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

솔가지에서 동정된 성분 중 12개의 순수 물질인 α -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinol, β -caryophyllene, α -humulene은 Sigma(Sigma, St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였고, camphene, β -pinene, thujone은 Aldrich(Aldrich Chem. Co., WI, USA)에서, terpinolene은 Junsei(Junsei Chem. Co., Tokyo, Japan)로부터 구입하여 정성분석에 사용하였다.

Solide phase microextraction 장치를 이용한 향 추출 시료를 밀봉한 채로 50°C에서 30분간 가열하면서, solid phase microextraction(SPME, Supelco 5-7300, USA) 장치를 이용하여 headspace 부분을 차지하고 있는 휘발성 성분을 fiber(100 μ m polydimethylsiloxane coating of manual red holder)에 흡착시켰다. 흡착이 끝난 후, GC(Hewlett Packard 5890, Avondale, PA, USA)의 주입구에 SPME를 삽입하고, fiber를 내려서 5분간 탈착시켜 분리, 동정하였다.

Dynamic headspace analysis를 이용한 향 추출

Dynamic headspace sampler(DHS, LSC 3000, Tekmar, OH, USA)를 GC에 부착시켜 사용하였다. 시료를 밀봉한 상태로 50°C에서 30분간 가열하면서, 질소가스를 불어넣어 purge시키고, Tenax chemical column에 휘발성 성분을 흡착시켰다. 흡착된 휘발성 성분들은 -150°C로 유지되는 cryogenic focussing interface로 탈착되고, 180°C까지 승온시켜 GC에 주입되었다.

GC/MSD 분석

GC에 주입된 총 휘발성 성분은 GC-MSD에 의해 분리, 동정하였고, GC 오븐과 mass selective detector(MSD, Hewlett Packard 5972, Avondale, USA)의 작동 조건은 다음과 같다. GC 오븐의 온도 조건은 초기온도 30°C에서 5분간 머무른 다음 분당 3°C씩 승온하다가 200°C에서 5분간 머물렀다. Column은 HP-5(30 m×0.25 μ m×0.32 mm)를 사용하였다. 휘발성 성분의 동정은 MSD를 사용하였고, NBS 75KL(NIST/EPA/MSDC)의 mass spectrum의 기준자료와 비교 분석하여 각각의 휘발성 성분을 동정하였다. MSD의 작동조건으로 ion source 280°C, ionization voltage는 70 eV, mass scan의 범위(mass/charge)는 20~300 a.m.u이었고, scanning rate는 1.0

scan/sec, electron multiplier voltage는 1670 V였다.

결과 및 고찰

SPME법에 의한 솔의 부위별 휘발성 성분의 분석

SPME 장치를 이용한 솔의 부위별 추출물은 Fig. 1과 같이 휘발성 성분의 조성비는 Table 1에 나타내었다. Terpenoid 종류의 화합물은 신선한 솔의 향을 이루는 휘발성 성분인데, 솔의 휘발성 성분 중에 대부분을 차지하는 것은 terpenes으로 크게 limonene(C₁₀H₁₆)과 같은 hydrocarbons의 구조를 한 것과 geraniol(C₁₀H₁₈O)과 같은 산소를 함유하고 있는 oxygenated terpenes으로 나눌 수 있다(13). SPME를 이용한 솔의 휘발성 성분을 hydrocarbons과 oxygenated terpenes으로 나누어 살펴보면, 먼저 잎의 경우는 각각 92.5%와 1.0%로 나타났고, 새순부위에서는 92.1%와 4.7%, 가지의 경우는 95.0%와 3.7%를 나타내고 있었다. 본 연구에서 분리·동정된 hydrocarbons은 monoterpenes과 sesquiterpenes이 주를 이루었는데, 먼저 monoterpenes의 함량을 부위별로 살펴보면, 새순과 가지의 경우는 90.6%로 거의 대부분을 차지하고 있었고, 잎의 경우는 66.7%를 나타내었다. Sesquiterpenes의 함량은 잎이 25.8%, 가지 4.4%로 나타났으며, 새순은 1.5%로 가장 낮게 나타났다. 솔잎은 monoterpenes과 sesquiterpenes의 비율이 약 2.6:1로 나타났으나, 새순 부위와 가지에서는 mono-

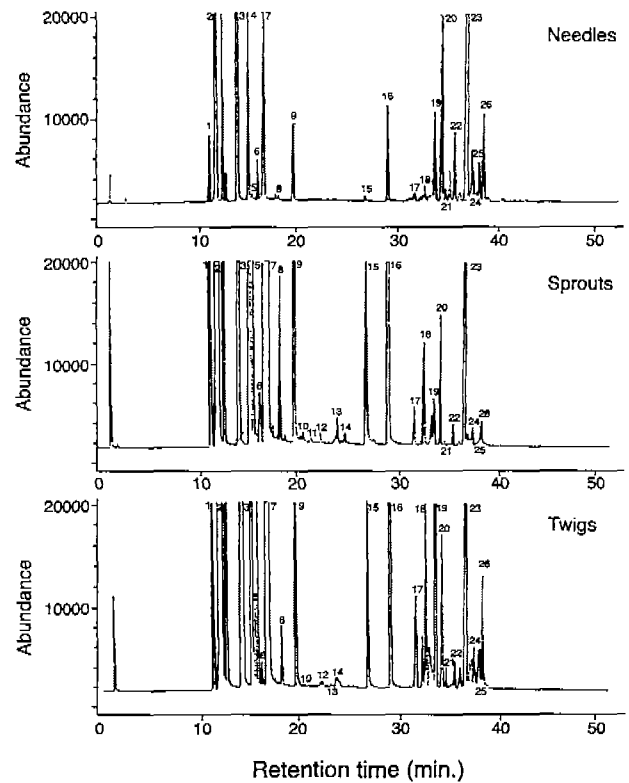


Fig. 1. Gas chromatograms of headspace volatiles in three parts of *Pinus densiflora* by SPME.

Table 1. Volatile compounds identified from *Pinus densiflora* by solid phase microextraction

Peak no. ¹⁾	Compound	RI	Needle	Sprout	Twig
1	α -Pinene ^{P2)}	921	0.6 ³⁾	0.66	0.48
2	Camphene ^P	933	23.81	22.25	- ⁴⁾
3	β -Pinene ^P	962	30.70	6.99	-
4	β -Myrcene ^P	982	0.07	6.47	6.14
5	α -Phellandrene ^T	987	0.40	0.47	0.12
6	α -Terpinene ^P	997	6.79	0.12	0.04
7	Limonene ^T	1013	0.06	51.02	-
8	γ -Terpinene ^P	1045	0.70	0.20	0.09
9	Terpinolene ^P	1073	-	2.40	0.73
10	(-)-Thujone ^T	1090	-	0.01	-
11	1-Methyl-4-(1-methylethyl)-2-cyclohexen-1-ol ^T	1106	-	0.01	-
12	Borneol ^T	1154	-	0.02	0.01
13	4-Methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol ^T	1165	-	0.04	0.04
14	Terpineol ^T	1181	-	0.02	0.01
15	4-(1,1-Dimethylethyl)-benzenemethanol ^T	1227	0.06	1.10	0.32
16	Bornyl acetate ^T	1275	0.93	3.54	3.33
17	α -Cubebene ^T	1336	0.09	0.07	0.17
18	Copaene ^T	1361	0.07	0.17	0.44
19	Longifolene ^T	1385	0.96	0.08	1.49
20	β -Caryophyllene ^P	1401	4.55	0.20	0.27
21	Unknown	1411	0.15	0.01	0.04
22	α -Humulene ^P	1436	0.74	0.04	0.07
23	Germacrene D ^T	1466	19.36	0.97	1.99
24	Deriv. ⁵⁾ of naphthalene ^T	1487	0.27	0.03	0.08
25	Unknown	1501	0.47	0.05	0.08
26	Deriv. of naphthalene ^T	1510	0.92	0.04	0.22

¹⁾These numbers are the same numbers in Fig. 1.

²⁾T&P means tentatively and positively identified by MS only and MS&RI, respectively.

³⁾Unit is peak area %.

⁴⁾"-" means not detected or less than the peak area of 1.0×10^3 .

⁵⁾Deriv. is derivative.

terpenes이 주를 이루고 있었고, 이에 비해 oxygenated terpenes의 함량이 4~5배 정도 높은 것으로 나타났다.

각각의 부위별 솔향 조성을 살펴본 결과, 먼저 솔잎에서는 β -pinene이 30.7%로 가장 우위를 차지하였고, 다음은 camphene 23.8%, germacrene D 19.4%, limonene 6.8%, β -caryophyllene 4.6%의 순이었다. β -Pinene, camphene, limonene은 monoterpenes의 일종이고, germacrene D와 β -caryophyllene은 sesquiterpenes이다. 새순 부위에서는 limonene이 51.0%로 전체 휘발성 성분 중 반을 차지하였고, 다음은 camphene이 22.3%, β -pinene 7.0%, β -myrcene 6.1%, bornyl acetate 3.3%의 순으로 나타났다. 새순과 가지부위는 솔잎과 달리 산소를 함유하고 있는 bornyl acetate가 포함되어져 있었고, 나머지 성분들은 모두 monoterpenes인 것으로 나타났다.

SPME를 이용한 휘발성 성분의 분석결과는 전보(7)에서 n-hexane을 이용한 추출결과와 비슷한 경향을 나타내었고, 실험에 사용한 시료의 양이 반으로 감소한데 비하여 결과치는 대부분의 성분들이 2배 이상 높았다. 이는 용매로 인한 농축과정에서의 휘발성 성분의 손실과 GC에 주입시 고온의 injector에서의 휘발성 성분의 손실이 줄어들어 기인한 것으로 생각된다.

DHA법에 의한 솔의 부위별 휘발성 성분 분석

DHA법을 이용한 솔의 각 부위별 휘발성 성분은 Fig. 2에

나타나 있고, 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 분리·동정한 솔의 휘발성 성분은 hydrocarbons과 oxygenated terpenes으로 나누어 살펴보면, 먼저 잎에서는 각각 14.3%와 50.7%로 나타났고, 새순 부위에서는 0.7%와 79.0%, 가지는 1.2%와 70.4%를 나타내고 있었다. 앞부분에서 언급한 SPME의 결과에서는 hydrocarbons이 90%이상을 차지하고 있었던 것과는 현저하게 다른 경향을 나타내었으며, hydrocarbons의 구성 성분 또한 전혀 다른 결과를 보이고 있었다. 먼저 monoterpenes의 함량을 부위별로 살펴보면 잎의 경우는 14.3%를 차지하였고, 가지 부위는 1.2%였고, 새순 부위는 0.7%를 차지하는 반면, sesquiterpenes의 함량은 잎과 가지, 새순 부위 모두에서 나타나지 않았다. 그러나 산소를 함유하고 있는 terpenes의 함량은 새순 부위가 79.0%로 가장 높게 나타났으며, 가지 부위에서 70.4%로 나타났고, 잎은 50.7%를 차지하였다.

솔향 조성을 살펴보면, 솔잎에서는 4-(1,1-dimethylethyl)-benzenemethanol이 33.0%로 가장 우위를 차지하였고, bornyl acetate가 16.8%, γ -terpinene 8.7%, β -myrcene 5.5%, borneol 0.7%의 순으로 나타났고, 새순 부위에서는 솔잎과 마찬가지로 4-(1,1-dimethylethyl)-benzenemethanol 성분이 56.5%의 가장 높은 조성비를 나타내었으며, bornyl acetate가 21.7%, borneol 0.8%, β -myrcene 0.4%, γ -terpinene 0.2%를 나타내어 새순에서의 휘발성 성분 조성비는 다른 부위에 비

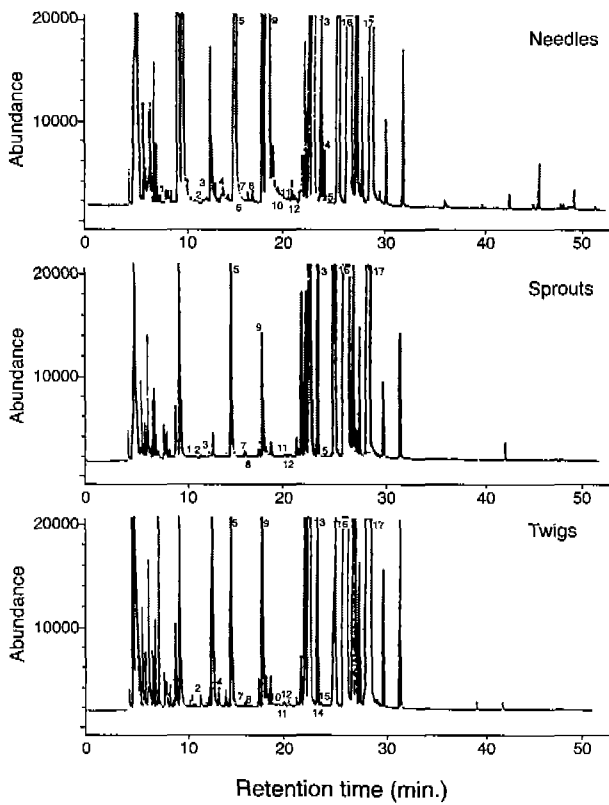


Fig. 2. Gas chromatograms of headspace volatiles in three parts of *Pinus densiflora* by DHA.

해 성분들간의 격차가 아주 큰 것을 알 수 있었다. 가지 부위에서는 솔잎과 새순부위와는 달리 bornyl acetate가 37.7%로 가장 우위를 차지하였으며, 4-(1,1-dimethylethyl)-benzenemethanol 32.3%, γ -terpinene 0.7%, β -myrcene 0.5%, borneol 0.4%의 순으로 나타났다. 이처럼 세 부위 모두에서 조성비가 높은 성분들의 종류가 같은 것으로 나타났고, monoterpenes인 γ -terpinene과 β -myrcene의 상대적 조성비가 새순과 가지 부위에서는 아주 낮게 나타났다.

SPME와 DHA에 의한 솔향 분석 결과 비교

SPME와 DHA의 결과를 terpenes의 구성 성분에 따라 monoterpenes, sesquiterpenes, oxygenated terpenes으로 나누어 조성비를 Table 3에 나타내었다. 두 가지의 headspace 법을 비교하면, monoterpenes의 조성은 잎의 경우가 각각 66.7%와 14.3%를 차지하였고, 새순은 90.6%와 0.7%, 가지에서는 90.6%와 1.2%를 차지하는 것으로 나타났다. Sesquiterpenes의 함량은 SPME의 경우 잎에서 25.8%, 가지 4.4%, 새순 1.5%로 나타났고, DHA의 결과에서는 전혀 나타나지 않거나, 아주 낮게 나타났다. 산소를 함유하고 있는 terpenes의 함량은 새순 부위가 4.7%, 79.0%로 나타났으며, 가지 부위는 3.7%와 70.4%, 잎에서는 1.0%와 50.7%를 각각 차지하였다. 일반적으로 대부분의 식물체에서 얻어진 terpenes을 함유하고 있는 essential oils에 있어서 독특한 향에 영향을 미치는 것은 alcohol 또는 ester 등을 포함하는 oxygenated terpenes

Table 2. Volatile compounds identified from *Pinus densiflora* by dynamic headspace analysis

Peak no. ¹⁾	Compound	RI	Needle	Sprout	Twig
1	α -Pinene ²⁾	921	- ³⁾	-	-
2	Camphene ^P	933	-	-	0.02
3	β -Pinene ^P	962	0.02 ⁴⁾	0.01	0.02
4	β -Myrcene ^P	982	0.04	-	0.03
5	α -Phellandrene ^T	987	5.48	0.44	0.49
6	α -Terpinene ^P	997	0.01	-	-
7	Limonene ^P	1013	-	0.01	0.01
8	γ -Terpinene ^P	1045	0.01	-	-
9	Terpinolene ^P	1073	8.74	0.23	0.65
10	(-)-Thujone ^P	1090	0.02	-	0.01
11	1-Methyl-4-(1-methylethyl)-2-cyclohexen-1-ol ^T	1106	0.01	0.01	0.01
12	Borneol ^T	1154	0.08	0.01	0.01
13	4-Methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol ^T	1165	0.68	0.82	0.36
14	Terpineol ^T	1181	0.06	-	0.01
15	4-(1,1-Dimethylethyl)-benzenemethanol ^T	1227	0.01	-	0.01
16	Bornyl acetate ^T	1275	33.02	56.46	32.27
17	α -Cubebene ^T	1336	16.81	21.69	37.74
18	Copaene ^T	1361	-	-	-
19	Longifolene ^T	1385	-	-	-
20	β -Caryophyllene ^P	1401	-	-	-
21	Unknown	1411	-	-	-
22	α -Humulene ^P	1436	-	-	-
23	Germacrene D ^T	1466	-	-	-
24	Deriv. ⁵⁾ of naphthalene ^T	1487	-	-	-
25	Unknown	1501	-	-	-
26	Deriv. of naphthalene ^T	1510	-	-	-

¹⁾ These numbers are the same numbers in Fig. 2.
²⁾ T&P means tentatively and positively identified by MS only and MS&RI, respectively.
³⁾ "-" means not detected or less than the peak area of 1.0×10^3 .
⁴⁾ Unit is peak area %.
⁵⁾ Deriv. is derivative.

Table 3. Comparisons of terpene contents among headspace volatile compounds isolated from needles, sprouts and twigs by SPME¹⁾ and DHA²⁾

Pine sources	Monoterpenes ³⁾		Sesquiterpenes		Oxygenated terpenes	
	SPME	DHA	SPME	DHA	SPME	DHA
Needles	66.7 ⁴⁾	14.3	25.8	- ⁵⁾	1.0	50.7
Sprouts	90.6	0.7	1.5	-	4.7	79.0
Twigs	90.6	1.2	4.4	-	3.7	70.4

¹⁾SPME means solid phase microextraction.

²⁾DHA means dynamic headspace analysis.

³⁾Various classes of compounds in volatile pine.

⁴⁾Unit is peak area %.

⁵⁾"-" means not detected or less than the peak area of 1.0×103.

으로 알려져 있는데(14,15), DHA에 의한 분석결과를 보면, oxygenated terpenes이 각 부위에서 최소 50%에서 최대 약 80%까지 차지하는 것으로 나타났다. 이것으로 보아 oxygenated terpenes은 purge & trap에 의한 Tenax column에 포집되는 정도가 아주 뛰어난 것으로 판단된다. 전술한 바와 같이 Fig. 1과 Fig. 2를 비교해보면, 같은 headspace법을 이용하였는데도 SPME와 DHA의 분석방법에 따른 결과가 현저하게 다르다는 것을 알 수 있었다. SPME의 결과를 나타낸 Fig. 1은 각 성분을 나타내는 peak들의 조성은 이전의 Likens-Nickerson 장치를 이용한 동시 증류 추출(6)이나 여러 가지 용매를 이용한 추출 결과에서 100°C이상에서는 분리되지 않았지만, 50°C 이하에서 15개의 성분들이 더 분리되었다. 다시 말하면, SPME장치를 이용하여 분석하였을 때는 sesquiterpenes과 같은 100°C 이상의 고비점 화합물들이 나타났었는데, Tenax column이 장치되어 있는 DHS를 이용한 결과에서는 germacrene D는 purge & trap장치의 Tenax column으로 분리할 수 없으나 용매 추출에 의해 분리되어질 수 있다는 연구보고(16)와 일치하는 것으로 나타났다. DHA의 결과에서 나타난 50°C 이하의 저비점 화합물, 즉 monoterpenes이하의 분자량을 가지는 성분들에 대해서는 더 많은 연구가 이루어져야 하며, headspace법에 의한 출향 분석은 출향의 품질 개선을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

Pinus densiflora(2엽송) 1년생을 채취하여 가지, 잎, 새순 부분으로 구분하고, 시료병에 넣어 밀봉한 뒤, solide phase microextraction(SPME)과 dynamic headspace analysis(DHA)를 이용하여 휘발성 성분을 분리, 동정하였다. SPME와 DHA의 결과를 terpenes의 구성 성분별에 따라 monoterpenes과 sesquiterpenes, oxygenated terpenes으로 나누어 조성비를 살펴보면, monoterpenes의 조성은 잎의 경우 각각 66.7%와 14.3%, 새순은 90.6%와 0.7%, 가지에서는 90.6%와 1.2%로 나타났다. Sesquiterpenes의 함량은 SPME의 결과에서만, 잎이 25.8%, 가지 4.4%, 새순 1.5%로 나타났다. 산소를 함유하고 있는 terpenes의 함량은 새순 부위가 4.7%, 79.0%로 나타났다. 가지 부위는 3.7%와 70.4%, 잎에서 1.0%와 50.7%

를 각각 차지하였다. SPME의 결과는 이전의 용매추출을 통한 결과와 다소 비슷한 양상을 보였으며, DHA의 결과는 100°C 이상의 고비점 화합물들이 나타나지 않은 반면, 50°C이하의 저비점 화합물이 15개 더 분리되었다.

감사의 글

본 연구는 1997~1999년도 보건 의료 기술 연구 개발 사업 (HMP-97-F-3-0007)의 지원에 의하여 이루어진 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 지성규 : 기능성 식품. 광일문화사, 서울, p.100 (1992)
2. 정연강, 백홍근 : 기능화시대를 맞는 식품산업. 신한 종합연구소, 서울, p.7 (1991)
3. Lee, Y.H., Choi, Y.S. and Lee, S.Y. : The cholesterol-lowering effects of the extract from *Pinus strobus* in chickens. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **25**, 188-192 (1996)
4. Kang, Y.H., Park, Y.K., Oh, S.R. and Moon, K.D. : Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **27**, 978-984 (1995)
5. Lee, Y.H., Shin, Y.M., Cha, S.H., Choi, Y.S. and Lee, S.Y. : Development of the health foods containing the extract from *Pinus strobus* leave. *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **25**, 379-383 (1996)
6. Choi, M.Y., Choi, E.J., Lee, E., Cha, B.C., Park, H.J. and Rhim, T.J. : Effect of pine needle (*Pinus densiflora* Seib. et Zucc.) sap on kimchi fermentation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 899-906 (1996)
7. Oh, Y.A., Choi, K.H. and Kim, S.D. : Changes in enzyme activities and population of lactic acid bacteria during the kimchi fermentation supplemented with water extract of pine needle. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 244-251 (1998)
8. Oh, Y.A., Kim, S.D. and Kim, K.H. : Effect of addition of water extract of pine needle on tissue of kimchi. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 461-470 (1998)
9. Lee, M.J., Lee, Y.B., Kwon, H.S. and Yoon, J. : Isolation and identification of volatile compounds extracted from twigs of *Pinus densiflora* with Likens-Nickerson apparatus. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 568-573 (1998)
10. Cho, J.E., Lee, M.J., Lee, Y.B. and Yoon, J. : Comparisons of volatile compounds of *Pinus densiflora* on kinds of extraction solvent and part of pinus. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 973-979 (1999)
11. Willian, R., Humberto, M.S. and Wagner, B.D. : On the iso-

- merization of β -pinene: a theoretical study. *J. Molecular Structure*, **544**, 213-220 (2001)
12. Gerald, W., Richard, W., Leonard, L., Catherine, S. and William, B. : Thermal degradation of terpenes: Camphene, 3-carene, limonene, α -terpinene. *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 4029-4033 (1999)
 13. Haagen-Smit, A.J. : The chemistry, origin and function of essential oils in plant life. In *The Essential Oils*, Guenther, E. (ed.), Robert E. Krieger Pub. Co, New York, p.11 (1972)
 14. Eskin, N.A.M. : Terpenoids and flavonoids. In *Plant Pigments, Flavors and Texture : The Chemistry and Biochemistry of Selected Compounds*, Academic press, New York, p.65 (1979)
 15. Fisher, C. and Scott, T.R. : Flavour compounds. In *Food Flavours : Biology and Chemistry*, The royal society of chemistry, Cambridge, UK, p.15 (1997)
 16. Terry, E.A. and Roy, T. : Flavor science-sensible principles and techniques. American Chemical Society Professional Reference Book, Washington, DC, p.134 (1993)

(2001년 9월 28일 접수; 2001년 12월 13일 채택)