

## Likens-Nickerson 장치로 추출한 솔가지의 휘발성 성분의 분리 및 동정

이미정 · 이양봉<sup>†</sup> · 양지영 · 권혜순\* · 윤정로\*\*

부경대학교 식품공학과

\*농협 농산물가공기술연구소

\*\*강릉대학교 식품과학과

### Isolation and Identification of Volatile Compounds extracted from Twigs of *Pinus densiflora* with Likens-Nickerson Apparatus

Mi-Jeong Lee, Yang-Bong Lee<sup>†</sup>, Ji-Young Yang, Hye-Soon Kwon\* and Jungro Yoon\*\*

Dept. of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

\*Inst. for Agri. Food Tech., Nat'l Agric. Coop. Fedn., Kyonggi-do 411-707, Korea

\*\*Dept. of Food Science, Kangnung University, Kangwon-do 210-702, Korea

#### Abstract

Volatile compounds in *Pinus densiflora* were extracted with Likens-Nickerson apparatus for three hours, and were separated and identified by gas chromatography(GC) and mass selective detector (MSD). Twenty six compounds were isolated from *Pinus densiflora*, identified by GC-MSD and twelve compounds were confirmed by matching retention times of the pure compounds. The main volatile compounds were terpenoids such as limonene(36.2%), β-pinene(16.9%), β-myrcene(12.6%) and α-pinene(10.9%), and the total amount of these main compounds was 367.9μg per 1g of pine twigs.

**Key words:** volatile compounds, *Pinus densiflora*, Likens-Nickerson apparatus

#### 서 론

생활의 수준이 높아질수록 전장에 더 많은 관심을 기울이는 경향을 보이는 요즘, 건강 지향적인 기능성 식품의 개발이 활발히 이루어지고 있다(1). 또한, 식물체의 휘발성 성분은 식품과 화장품, 천연보존료 등의 방면에서 그 이용 가능성에 대해서도 같은 실정이다. 특히 천연물 및 전통적으로 전해 오는 한약재에 많이 이용되고 있으며(2-5), 이들 중의 플라보노이드, 알카로이드 등의 항균활성에 대한 연구가 다수 보고되어 있다(6). 그러나 수많은 화합물들이 혼재된 추출물중 특정 성분을 단리하여 검색하여야 하는 어려움으로 인하여 대부분 용매 추출물을 이용한 항균활성이거나, 항암활성을 증명하는 정도이다(7). 그 중 좋은 예로 솔잎은 예로부터 간장질환, 위장질환, 신경계질환, 순환기계질환, 피부질환 등의 치료에 효과가 있다고 알려져 있어 현재 건강식품, 차 등 한방과 식품 분야에서 여러 가지 형태

의 제품으로 활발히 이용되고 있다(8,9). 솔잎의 성분으로는 크게 정유성분, 플라보노이드, 수지 등으로 분류할 수 있으며, 수분 58.1%, 당질 19.6%, 섬유소 13.3%, 단백질 4.5%, 지질 3.9%, 회분 0.6%가 함유되어 있다고 보고된 바 있다(10,11). 솔잎의 독특한 향으로 인해 솔잎 음료를 시판하는 예도 있으나, 솔의 향기 성분에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 소나무의 종류별로 솔잎의 oil성분을 분석, 비교한 결과(12) 주요한 부분을 차지하고 있는 성분들이 모두 terpene류이었고 이것이 향기 성분에 관여하고 있다는 것은 여러 문헌을 통해서 확인된 사실이다(12,13). 본 연구에서는 솔가지를 시료로 이용하였는데, terpene류의 화합물이 솔잎, 솔가지에서 생합성 되므로 그 성분의 변동이 품종별, 계절별 차가 크기 때문에 시료의 선택이 중요하다.

본 연구에서는 Likens-Nickerson 장치를 이용하여 솔가지로부터 솔의 향기 성분을 추출하고 분리, 동정 함으로써 솔향의 이용 가능성의 증대 및 솔향의 기능성

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

해명에 일조하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 재료는 *Pinus densiflora*(2엽송) 1년생 솔가지로 강릉 오대산 근처에서 10월 초순경에 채취한 것이며, 각 20g씩을 0.5cm 크기로 균일하게 잘라서 3회 반복 실험하였다. 솔가지에서 동정된 성분 중 12개의 순수 물질은  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinene, limonene,  $\gamma$ -terpinene, terpineol,  $\beta$ -caryophyllene,  $\alpha$ -humulene은 Sigma사로부터 구입하였고, camphene,  $\beta$ -pinene, thujone은 Aldrich사에서, terpinolene은 Junsei사로부터 구입하여 정성분석에 사용하였다.

### Likens-Nickerson 장치를 이용한 향 추출

본 연구에는 향의 용매 추출시 일반적으로 널리 사용되는 Likens-Nickerson 장치(Simultaneous steam distillation and solvent extraction apparatus, Catalog NO. 523010-0000, Kontes, USA)를 사용하였다. 추출 초기의 휘발성 성분의 외부로의 손실을 막기 위하여 먼저 응축기에 -5°C의 냉각수를 순환시켰다. 시료용 둥근 플라스크(1000ml)에 솔가지를 0.5cm 크기로 자른 시료(1년생 솔가지)를 20g을 넣고 증류수 500ml를 첨가하였다. 그리고, 용매용 둥근 플라스크(100ml)에는 ethyl ether를 50ml 넣고, 시료가 들어 있는 플라스크를 먼저 가열하였다. 이때의 온도는 130°C로 하고 넘치지 않도록 주의한다. 시료가 끓기 시작하면 ethyl ether가 들편에 온도를 높여서 ethyl ether가 활발히 증발할 수 있도록 60~70°C로 유지시켰다. 이후 약 2시간 가량 추출을 지속한 후 ethyl ether가 들편 플라스크를 분리하여 질소가스를 불어넣어 응축시킨다. 그리고 난 후, 10μl syringe를 이용하여 sandwich기법으로 정확히 1㎕를 GC에 주입하였다.

### GC/MSD 분석

GC의 주입부에 주입된 총휘발성 성분은 GC-MSD에 의해 분리·동정하였고 GC오븐(HP-5890 plus)과 MSD(HP-5972)의 작동 조건은 Table 1에 나타내었다.

### 휘발성 물질의 정성·정량분석과 sniffing test

GC-MSD에 의해 분리된 26개 휘발성 성분 중 12개의 순수 물질을 구입하여 동정과 정량에 사용하였다.

Table 1. GC-MSD conditions for analysis of volatile compounds from *Pinus densiflora*

Column	: HP-5 crosslinked 5% phenyl methyl silicone capillary (30m × 0.25mm × 0.25μm)
Carrier gas	: He, 1ml/min
Split ratio	: 50 : 1
Temp. program	: Initial temp. : 30°C Initial time : 0 min Rate : 1°C/min Final temp. : 180°C Final time : 0 min
Injection port temp.	: 250°C
Solvent delay	: 3 min
Mass range	: 33~300a.m.u.
Ionization V.	: 70eV
Electron multiplier V.	: 1658.8V
Mass spectrum library	: NBS75K.L(Wiley)

원액에 대한 냄새의 표현을 위해 5명에 의해 코로 관능검사가 실시되었고, 순수 물질의 확인 후 네 가지 주요 성분인 limonene,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -pinene의 농도 계산은 GC-FID를 사용하여 순수 물질의 농도를 계산하여 시료 1g당 compounds의 μg수로 정량분석 하였다.

## 결과 및 고찰

### GC-MSD에 의한 분석 결과

Fig. 1은 Likens-Nickerson 장치로 추출한 솔가지의 향기 성분의 total ion chromatogram이다.

분리된 26개의 성분 중 GC-MSD만으로 분리, 동정한 것은 3-carene,  $\alpha$ -phellandrene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-2-cyclohexen-1-ol, 5-caranol, borneol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol, 4-(1,1-dimethylethyl)-benzenemethanol, bornylacetate,  $\alpha$ -cubebene, copaene, longifolene, germacrene D, derivative of naphthalene 2종 등 14개와 GC-MSD로 동정한 후, 순수 물질을 구입하여 확인한 12개를 합하여 26개가 동정되었다. Table 2는 Fig. 1의 결과를 retention index와 peak area로 정리한 것이고, 향 특성도 기술하였다.

주요 휘발성 성분의 농도 및 조성을 Table 3에 나타내었다. 이들 4개의 성분은 총 휘발성 성분 중 76.6%를 차지하였으며 그 조성과 함량은 limonene의 경우가 36.2%, 171.0μg/g으로 가장 많았고 총 pinene의 함량은 134.6μg/g이었다.

### 휘발성분의 구조와 생성

Fig. 2는 본 연구에서 확인된  $\alpha$ -pinene, camphene,

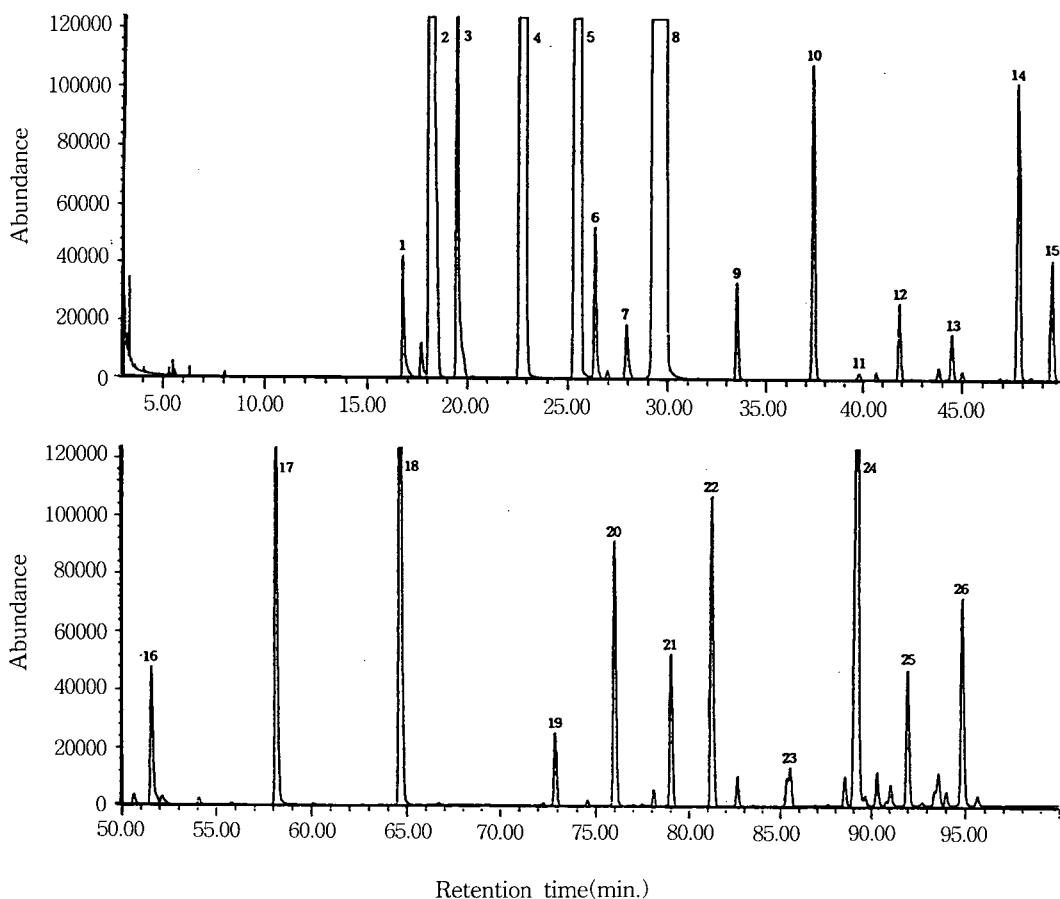


Fig. 1. Total ion chromatogram of volatile compounds separated from twigs of *Pinus densiflora* with Likens-Nickerson apparatus.

$\beta$ -pinene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinene, limonene,  $\gamma$ -terpinene, terpinolene, thujone, terpineol,  $\beta$ -caryophyllene,  $\alpha$ -humulene 등 12개 compounds의 구조식이다.

구조식을 보면 알 수 있듯이 terpene류를 이루는 기본이 되는 isoprene이 2~3개 결합하여 구성하고 있는 것을 알 수 있다.  $\alpha$ -Pinene, camphene,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -terpinene, limonene,  $\gamma$ -terpinene, terpinolene, thujone, terpineol 등은 isoprene이 2개 결합한 monoterpenes이고,  $\beta$ -caryophyllene과  $\alpha$ -humulene은 3개가 결합한 sesquiterpene이다. Isoprene의 결합할 때의 원칙은 head to tail 결합인데, myrcene 구조에서 쉽게 볼 수 있다. Germacrene D는 sesquiterpenes의 한 종류로서 가열시  $\gamma$ - or  $\delta$ -cadinane,  $\alpha$ -amorphane,  $\alpha$ - or  $\gamma$ -muurolane으로 전환하고, 빛에 의해  $\beta$ -bourbonene으로 바뀐다(14). Germacrene D는 purge & trap 장치의 Tenax column으로 분리할 수 없으나 용매 추출에 의해 분리되어질 수 있다는 연구 보고가 있다(14). 본

연구에서는 용매 추출장치인 Likens-Nickerson 장치로 germacrene D가 분리·동정되었다.

#### 휘발성 성분의 동정과 그 함량

Terpenoid 종류의 화합물은 신선한 수풀의 향을 이루는 휘발성 성분인데 그 휘발성 성분의 조성은 나무의 품종과 계절과 부위에 따라 다르게 나타난다고 한다.

본 연구에서는 주요 4개의 compounds 중 limonene이 가장 많았는데, 김(12)이나 손과 황(15)의 연구 결과에서는  $\alpha$ -pinene과  $\beta$ -pinene이 항상 우위를 차지하는 현상을 보였다고 보고하고 있다. 이런 차이의 원인이 품종별, 부위별, 계절별에 의한 것인지 또는 분석 방법에 의한 것인지를 비교, 검토하였다.

품종별 차이에 관한 연구에서 김(12)은 9월에 채취한 세 종류의 솔잎을 비교·분석하였는데, 그 결과는 다음과 같이 나타났다. *P. densiflora* 종은  $\alpha$ -pinene(24.5

Table 2. Volatile compounds identified from twigs of *Pinus densiflora* by Likens-Nickerson apparatus

Peak no. <sup>1)</sup>	Identified compounds <sup>2)</sup>	Retention index	Peak area ( $\times 10^6$ )	Aroma description <sup>3)</sup>
1	3-Carene <sup>T</sup>	905	3.2	-
2	$\alpha$ -Pinene <sup>P</sup>	921	120.5	Strong piny
3	Camphene <sup>P</sup>	933	13.6	Peppermint
4	$\beta$ -Pinene <sup>P</sup>	962	162.4	Strong piny
5	$\beta$ -Myrcene <sup>P</sup>	982	118.3	Chopped grassy
6	$\alpha$ -Phellandrene <sup>T</sup>	987	4.1	-
7	$\alpha$ -Terpinene <sup>P</sup>	997	2.0	Gasoline
8	Limonene <sup>P</sup>	1013	343.4	Orange
9	$\gamma$ -Terpinene <sup>P</sup>	1045	2.8	Gasoline
10	Terpinolene <sup>P</sup>	1073	9.9	Peppermint
11	Thujone <sup>P</sup>	1090	Trace <sup>4)</sup>	Weak oriental medicine
12	1-Methyl-4-(1-methyl ethyl)-2-cyclohexen-1-ol <sup>T</sup>	1106	2.3	-
13	5-Caranol <sup>T</sup>	1127	1.4	-
14	Borneol <sup>T</sup>	1154	11.0	-
15	4-Methyl-1-(1-methyl ethyl)-3-cyclohexen-1-ol <sup>T</sup>	1165	4.0	-
16	Terpineol <sup>P</sup>	1181	5.1	Singy
17	4-(1,1-Dimethylethyl)-benzenemethanol <sup>T</sup>	1227	13.4	-
18	Bornyl acetate <sup>T</sup>	1275	23.3	-
19	$\alpha$ -Cubebene <sup>T</sup>	1336	2.4	-
20	Copaene <sup>T</sup>	1361	9.7	-
21	Longifolene <sup>T</sup>	1385	5.5	-
22	$\beta$ -Caryophyllene <sup>P</sup>	1401	11.6	Weak aroma
23	$\alpha$ -Humulene <sup>P</sup>	1436	Trace	Weak medicinal
24	Germacrene D <sup>T</sup>	1466	31.2	-
25	Deriv. <sup>5)</sup> of naphthalene <sup>T</sup>	1487	5.0	-
26	Deriv. <sup>5)</sup> of naphthalene <sup>T</sup>	1510	7.9	-

<sup>1)</sup>These numbers are the same numbers in Fig. 1.<sup>2)</sup>T stands for the compound identified tentatively by only GC-MSD, and P means the compounds identified positively by GC-MSD and matching retention time with the pure chemical.<sup>3)</sup>Aroma characteristics were described by smelling pure chemicals purchased from chemical companies.<sup>4)</sup>Trace is less than the peak area of  $1.0 \times 10^6$ .<sup>5)</sup>Deriv. is derivative.Table 3. Composition and concentration of major volatile compounds from twigs of *Pinus densiflora*

Compounds	Composition (peak area% <sup>1)</sup> )	Concentration ( $\mu\text{g/g}$ <sup>2)</sup> )
$\alpha$ -Pinene	10.9 $\pm$ 1.6 <sup>3)</sup>	49.6 $\pm$ 4.6
$\beta$ -Pinene	16.9 $\pm$ 3.5	85.0 $\pm$ 3.4
$\beta$ -Myrcene	12.6 $\pm$ 2.5	62.3 $\pm$ 3.3
Limonene	36.2 $\pm$ 5.7	171.0 $\pm$ 5.4
Total	76.6 $\pm$ 12.7	367.9 $\pm$ 15.9

<sup>1)</sup>Peak area% of each compound is calculated by the formula shown below.

$$\text{peak area\%} = \frac{\text{peak area of the compound}}{\text{total peak area} - \text{solvent peak area}} \times 100$$

<sup>2)</sup>Concentration is  $\mu\text{g}$  of the pure compound/g of the sample of twigs.<sup>3)</sup>Mean  $\pm$  standard deviation(n=3)%, limonene(15.5%), myrcene(6.3%), terpinolene(4.8%)의 순으로 51.1%이었고, *P. rigida*종은  $\beta$ -pinene

(29.9%),  $\alpha$ -pinene(16.7%), limonene(10.8%), myrcene(8.3%)의 순으로 65.7%이었으며, *P. koraiensis*종은  $\alpha$ -pinene(28.7%), camphene(10.5%), limonene(10.4%), terpinolene(10.2%)의 순으로 59.8%이었다. 앞에서 보듯이, 주요 성분의 종류부터가 달랐고, 그 함량 또한 일관성을 찾기가 어려운 것을 알 수 있다. 앞의 분석에서 분명한 것은 *P. densiflora*종과 *P. koraiensis*종은 주요 성분 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 성분이  $\alpha$ -pinene이라는 점에서 일치하였고, *P. rigida*종과 *P. thunbergii*종은  $\beta$ -pinene이라는 점에서 서로 공통된 결과를 보였다. 이처럼 두 연구에서 주요 성분의 주를 이루고 있는 성분이 pinene인데 비해 본 연구에서는 limonene이 주된 성분으로 나타났으며, 이는 아마도 시료의 차이에 기인된 것으로 생각된다. 즉, 그들은 솔잎을 이용하였지만, 본 연구에서는 솔가지를 이용하였기 때-

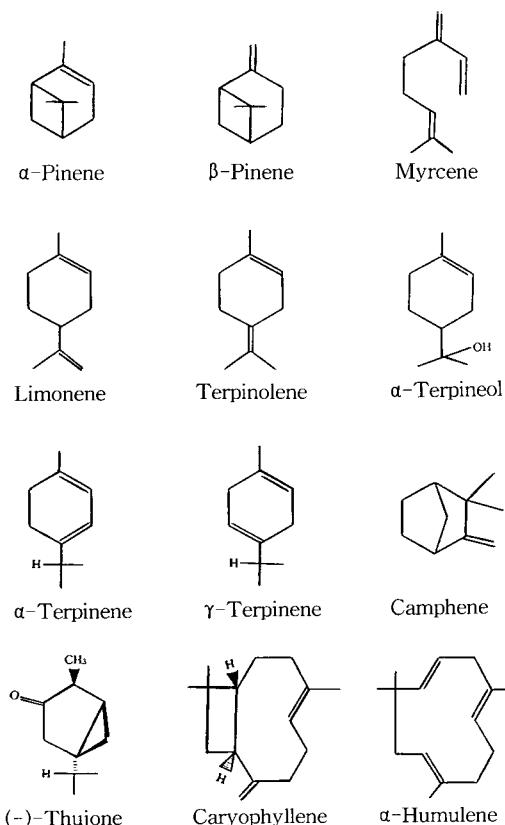


Fig. 2. Chemical structures of the pure compounds identified positively from twigs of *Pinus densiflora*

문이라 추측되나 이 점에 대하여는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

계절별 차이에서 손과 황(15)은 *P. densiflora*종을 4월, 7월, 9월에 채취하여 서로 비교·분석하였다. 4월에는  $\alpha$ -pinene(26.1%),  $\beta$ -phellandrene(13.2%), 3-carene(8.2%),  $\beta$ -caryophyllene(7.5%)의 순으로 55.0%이었고, 7월에는  $\alpha$ -pinene(21.1%),  $\beta$ -phellandrene(13.1%),  $\beta$ -caryophyllene(11.2%), germacrene D(8.8%)의 순으로 54.2%이었고, 9월에는  $\alpha$ -pinene(23.0%),  $\beta$ -caryophyllene(10.5%),  $\beta$ -phellandrene(7.5%), 3-carene(7.1%)의 순으로 48.1%이었다. 손 등(15)의 결과는  $\alpha$ -pinene이 가장 많은 비중을 차지하고 있었다. 주요 네 성분의 구성면에서는 4월과 9월이 같았고, 7월은 앞의 것에 비추어 보았을 때, 3-carene 대신에 germacrene D가 차지하고 있었다. 여기서, 추정할 수 있는 것은 주요 성분의 종류는 시기별로 별 변화가 없었고, 그 성분들의 조성면에서 약간의 차이를 보였다.

부위별 차이의 연구에서 최(13)는 *P. densiflora*종을 이용해서 솔잎 부분과 솔방울의 주요 성분을 비교해 보

았는데, 앞의 것은  $\alpha$ -pinene(16.0%),  $\beta$ -caryophyllene(12.5%),  $\beta$ -phellandrene(5.7%), germacrene D(5.5%)의 순으로 39.7%로 나타났고, 후자의 경우에는  $\beta$ -phellandrene(19.3%), sabinene(9.6%),  $\beta$ -caryophyllene(7.6%), camphene(5.7%)의 순으로 42.2%로 나타났다. 본 연구에서는 앞에서 언급된 것처럼 솔가지자를 이용했는데, limonene(36.2%),  $\beta$ -pinene(16.9%),  $\beta$ -myrcene(12.6%),  $\alpha$ -pinene(10.9%)의 순으로 76.6%에 달했다. 솔잎 부분과 솔방울의 주요 성분이 차지하는 전체에 대한 %는 대략 비슷하게 나왔는데, 본 연구 결과인 솔가지자는 거의 2배에 가까운 상당한 차이를 보였다.

분석 방법의 차이 중 column의 극성이 다른 것에 의한 차이의 연구에서 김(12)은 column의 종류를 SF-96(FS)(nonpolar)와 Carbowax-20M(polar)을 선택하여 서로 비교하였다. SF-96(FS)을 이용한 결과는 Carbowax-20M에 비해 많은 성분을 분리했으므로 비교적 확실한 분리능을 가진 것으로 김(12)은 판단하고 있었다. 그들의 주요 성분을 비교해 보면(*P. densiflora*종을 선택했음), nonpolar인 SF-96(FS)에서는  $\alpha$ -pinene(24.5%), limonene(15.5%), myrcene(6.3%), terpinolene(4.8%)의 순으로 51.1%이었고, polar인 Carbowax-20M에서는  $\alpha$ -pinene(29.5%),  $\beta$ -phellandrene(16.6%), myrcene(8.6%), terpinolene(6.1%)의 순으로 60.8%이었다. 본 연구에 이용된 column은 HP-5(ME)로 SF-96(FS)에 가까운 nonpolar를 이용했는데, Carbowax-20M에 의한 결과에 비해 비슷한 경향을 보였다. 그러나, 앞의 경우들과 마찬가지로 주요 네 성분이 차지하는 비율에서 상당한 차이를 여전히 보이고 있었다.

여기까지 다른 연구 결과와 많은 비교를 해보았는데, 항상 pinene성분이 limonene보다 많은 %를 차지하는 경향을 보이고 있었다. 그러나 본 연구 결과에서는  $\alpha$ -pinene과  $\beta$ -pinene 성분을 합치면 27.8%로 limonene(36.2%)보다 적게 차지하였다. 한편 시료 20g으로부터 추출된 주요 성분의 양(Table 3의 농도에서 20배 함)을 보면  $\alpha$ -pinene 1.0mg,  $\beta$ -pinene 1.7mg,  $\beta$ -myrcene 1.2mg limonene 3.4mg으로 각각 나타났으며, pinene 총 함량(2.8mg)은 limonene(3.4mg)보다 적은 것을 알 수 있었다.

이 네 가지 주요 성분 이외에 비록 그 농도(peak area)는 약하지만, 냄새 한계값(threshold)이 높아 솔향의 품질에 영향을 주는 휘발성 성분 및 미동정되었던 성분에 관한 연구가 향후 이루어질 계획으로 있다. 이는 솔향의 상품화 및 품질 개선을 위한 기초 자료로 사용될 수 있으며 더 나아가 조향기술의 발전에도 기여할 수 있으리라 생각된다.

## 요 약

1년생 솔가지(*P. densiflora*)의 향기 성분을 Likens-Nickerson 장치를 이용해서 약 3시간 동안 추출하였고, 그 추출물을 GC-MSD를 통해 26개의 성분으로 분리·동정하였으며, 그들 중에 12개의 성분은 순수 물질을 이용하여 확인했고, 주요 4가지 성분은  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\beta$ -myrcene, limonene 등 4개의 terpene류이고, 전체 성분의 76.6%를 차지하였다. 각각의 성분이 차지하는 비율을 보면, limonene 36.2%,  $\beta$ -pinene 16.9%,  $\beta$ -myrcene 12.6%,  $\alpha$ -pinene 10.9%로 나타났고, 이들의 총량은 시료 1g당 367.9 $\mu$ g이었다.

## 감사의 글

본 연구는 1997년도 보건의료 기술연구 개발사업(HMP-97-F-3-0007)의 지원에 의하여 이루어진 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- 정연강, 백홍근 : 기능화시대를 맞는 식품산업. 신한종합연구소, 서울, p.7(1991)
- Bae, K. H. and Byun, J. H. : Screening of leaves of higher plants for antibacterial action. *Kor. J. Pharmacognosy*, **18**, 1(1987)
- 남상해, 양민석 : 산국 추출물의 항균력. *한국농화학회지*, **38**, 269(1995)

- 박종철, 유영범, 이종호, 김남재 : 한국산 식용 식물의 화학성분 및 생리활성(4). *한국영양식량학회지*, **23**, 116(1994)
- 박옥연, 장동석, 조학래 : 한약재 추출물의 항균효과 검색. *한국영양식량학회지*, **21**, 91(1992)
- Schultz, T. P., Boldin, W. D., Fisher, T. H., Nicholas, D. D., McMurtrey, K. D. and Pobanz, K. : Structure fungicidal properties of some 3- and 4-hydroxylated stilbenes and bibenzyl analogues. *Phytochemistry*, **31**, 3081(1992)
- 강정미, 차인호, 이영근, 류홍수 : 어성초 휘발성 정유성분의 동정과 분획물의 향특성 및 항균활성 - I. 어성초의 휘발성 정유성분의 동정. *한국식품영양과학회지*, **26**, 209(1997)
- 강유한, 박용곤, 오상룡, 문광덕 : 솔잎과 쑥추출물의 기능성 검토. *한국식품과학회지*, **27**, 978(1995)
- 신민교, 정보섭 : 향약생약대사전. 영림사, 서울, p.10(1990)
- 농촌영양개선연수원 : 식품성분표. 농촌진흥청, p.19(1991)
- 임경채 : 조림학본론. 향문화, 서울, p.271(1992)
- 김용택 : Pine heedle oils의 성분 조성과 그 함량. 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 6월(1987)
- 崔秋二富 : 소나무의 정상잎, 피해잎 및 솔방울의 테르페노이드 성분분석. 강원대학교 농학석사학위논문, 2월(1993)
- Teranishi, R. and Kint, S. : Sample Preparation. In "Flavor Science; Sensible Principles and Techniques" Acree, T. E. and Teranishi, R.(eds.), American Chemical Society Professional Reference Book, Washington, D. C., p.143(1993)
- 손정오, 황병호 : 주요 침엽수 정유의 테르페노이드 성분 분석 -수종별 테르페노이드 성분의 비교-. *임산에너지*, **10**, 97(1990)

(1998년 3월 30일 접수)