

# 편백잎추출수의 실내 가습시 휘발성유기화합물 방출 특성<sup>1</sup>

이 민<sup>2</sup> · 박 상 범<sup>2,†</sup> · 이 상 민<sup>2</sup> · 이 희 영<sup>3</sup> · 길 덕 한<sup>4</sup>

## Emission Characteristics of Volatile Organic Compounds by Humidifier with Using Hinoki Cypress Extracts<sup>1</sup>

Min Lee<sup>2</sup> · Sang-Bum Park<sup>2,†</sup> · Sang-Min Lee<sup>2</sup> · Hee-Young Lee<sup>3</sup> · Duck-Han Kil<sup>4</sup>

### 요 약

건축재료와 생활용품으로부터 방출되는 실내공기 오염물질들로 인한 피해가 증가하고 있는 현실점에서 친환경 제품에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 관심 속에 피톤치드에 대한 효능이 알려지면서 다양한 방법으로 사용되고 있다. 피톤치드를 다량 함유한 편백잎 증류추출수의 가습시 발생하는 휘발성유기화합물의 방출특성을 GC-MS를 이용하여 그 효과를 조사하였다. 편백잎추출수 가습시 115종의 화합물이 검출되었다. 검출된 화합물들은 aromatic compound, terpenoid, alkane, ketone, ester, aldehyde, alcohol, acid, miscellaneous compound류로 분류하였으며 aromatic compound류(13종, 38%)와 terpenoid류(23종, 33%) 화합물이 다른 화합물류에 비해 높은 비율로 검출되었다. Aromatic compound류 경우 편백잎추출수에 의한 추가 화합물은 검출되지 않아 그 영향이 없는 것으로 판단되며, terpenoid류 경우 편백잎추출수 가습시 10% 정도 증가하였고 7종의 화합물이 추가로 검출되었다. 편백잎추출수 가습시 방출된 terpenoid류 화합물들은 항균, 방충, 방부 효력뿐만 아니라 항고혈압성과 항암에 효과가 있는 것으로 알려져 있어 건강에 도움을 줄 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

Since the air contamination by air pollutants from indoor construction materials and daily supplies has been increased in recent decades, the public interest of using environmentally friendly products and improving indoor air quality also attracted much attention. As known as effects of phytoncide, it has been used in construction materials and daily supplies with various method. In this study, hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) was used because of its high contents of phytoncide. The leaves of hinoki cypress (*C. obtusa*), which generated by pruning, were extracted by steam distillation, and then used as humidification water source. Volatile organic compound (VOC) from *C. obtusa* were char-

<sup>1</sup> Date Received July 29, 2014, Date Accepted September 5, 2014

<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea

<sup>3</sup> 관세청 중앙관세분석소. Central Customs Laboratory and Scientific Service, Korea Customs Service, Seoul, Korea

<sup>4</sup> (주)농부가. Nongbuga Co., Ltd, Tongyeong, Korea

<sup>†</sup> 교신저자(corresponding author): 박상범(e-mail: parksb@forest.go.kr)

acterized by GC-MS (Gas chromatograph-Mass spectrophotometry) in order to evaluate effects and risks of using *C. obtusa* extracts. Total 86 types and 116 types of VOC were detected from distilled water (DI water) and *C. obtusa* extracts, respectively. Aromatic compounds (DI water: 13 types, 53%; *C. obtusa* extracts: 13 types, 38%) and terpenoids (DI water: 16 types, 23%; *C. obtusa* extracts: 23 types, 33%) were detected more diverse types and higher amount than other compound categories. No additional aromatic compounds were found from *C. obtusa* extracts, so *C. obtusa* extracts did not affect on aromatic compounds emission. However, in terpenoids, total amount of emission from *C. obtusa* extracts increased to 33% from 23% (DI water) and 7 more types of compounds were found from *C. obtusa* extracts. Especially, from *C. obtusa* extracts, terpinen-4-ol was emitted 71 times higher than DI water. During the humidification with *C. obtusa* extracts, emitted terpenoid compounds were well known for higher anti-bacterial, anti-insect, and anti-septic functions, but also these had anti-hypertensive and anti-cancer activities. Therefore, terpenoids from *C. obtusa* extracts can help to improve public health by using humidifier.

**Keywords :** hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*), extractives, volatile organic compound, humidification, terpenoid

## 1. 서 론

산업 발전으로 인해 공해물질의 발생이 증가하였고 이러한 공해물질은 대기 중에 오랫동안 존재하고 있어 현대인들의 건강과도 밀접한 관계가 있다. 실내 건축자재와 각종 생활용품들로부터 방출되는 유해물질로 인한 호흡기계통 및 피부질환이 증가함에 따라 현대인들의 실내공기질에 대한 관심이 증가하고 있다(Choi *et al.* 2007; Jang *et al.* 2002; Taylor *et al.* 2001). 실제로 2000년 이후 천식 및 아토피 환자수가 늘어나고 있는 것으로 보고되고 있으며, 이러한 질환의 증가는 현대인들의 실내거주 시간이 늘어남에 따라 실내오염물질에 노출빈도가 높아지기 때문이다(WHO 2001).

현재 실내 건축 마감재와 가구재로 널리 쓰이고 있는 중밀도섬유판(MDF), 파티클보드(PB)는 접착제로부터 폼알데하이드가 방출된다. 이를 줄이기 위한 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있지만 이러한 문제를 완벽하게 해결할 수는 없는 실정이다. 또한 폼알데하이드를 사용하지 않는 무기계 보드(석고보드, 시멘트보드, 질석보드, 마그네슘보드)로부터 폐암 발병원인으로 알려진 라돈의 방출로 실내 건축재료의 친환경화가 더욱 필요한 실정이다(Park *et al.* 2014).

삶의 질 향상과 더불어 건강과 직접적인 관련이 있는 생활공간에 대한 관심도가 증대되면서 친환경 소재들이 큰 인기를 끌고 있는데, 그중에 가장 보편

적이며 인기를 끌고 있는 소재가 목재이다. 이러한 목재 가운데 주목을 받는 수종은 편백이다. 편백(*Chamaecyparis obtuse*)은 1904년에 일본으로부터 국내에 도입되어 주로 제주도 및 남부지방에 분포하고 있으며 국토녹지사업으로 2000년대부터 꾸준히 조림되고 있다. 2013년 산림청 통계에 따르면 2012년 국내 조림면적은 20,039 ha이며, 이 중 편백은 1,872 ha로 약 9.3%를 차지하고 있다. 현재 편백은 다양한 용도로 사용되어 지고 있는데, 이 중 원목의 경우 내장재나 가구재로 쓰이고 있는 추출성분으로 이용되어 지고 있다. 또한 편백은 피톤치드의 함유량이 많은 수종으로 알려져 있다(Lee 2007).

최근에는 편백 정유성분이 항산화효과, 항생효과, 미백효과, 타감효과 등 다양한 생리활성을 나타내며, 진정작용, 스트레스 완화효과 및 쾌적한 수면에 도움을 주는 것으로도 알려져 있으며(Kim *et al.* 2004; Park *et al.* 2005; Yaeno *et al.* 2003; Gwak *et al.* 2006; Park *et al.* 2008), 아토피를 악화시키는 원인이 되는 실내의 곰팡이나 진드기 등의 항균 및 방충에도 효과적인 것으로 알려져 있다(Hwang *et al.* 2008). 또한, 원목의 열건조 과정에서 발생하는 다양한 휘발성유기화합물(volatile organic compounds)들을 포함한 응축수를 조사한 결과, 항진균 및 항산화 활성을 보인다는 결과가 보고되었다(Cronn *et al.* 1983; McDonald and Wastney 1995; Seo and Lee 2012).

이와 더불어 편백 가지치기로 발생된 폐 편백잎을 저온수증기 증류법으로 추출하여 얻은 추출액에서 폼알데하이드 제거효과를 확인하였으며, 편백잎추출수를 가습액으로 사용하려는 연구도 진행되었다(Kim and Gwak 2013; Seo *et al.* 2013; Kil 2008). 편백잎추출수는 편백 고유의 향기를 지닌 투명한 추출수로 편백 정유의 기능적 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 따라서 본 연구는 건조한 겨울철 실내의 습도를 조절하여 위해 사용되는 가습기의 가습 용액에 편백잎추출수를 첨가하였을 때 가습 시 발생하는 휘발성분의 변화를 조사하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 편백잎추출수

본 실험에서는 사용한 편백잎추출수는 편백의 가지치기 후 발생된 잎을 채취하여 분쇄 후 사용하였다. 특허(No. 10-0868801)에 의거하여 분쇄된 편백잎과 물을 1 : 4 비율로 혼합하여 70~80℃로 가열 후 발생된 수증기를 냉각장치에서 액화한 것을 사용하였다(Kil 2008). 편백잎추출수를 이용한 가습 시 1 : 3 비율로 증류수에 희석하여 사용하였으며 실내공기질 변화를 알아보기 위해 대조구로 증류수를 사용하였다.

### 2.2. 실내공기 포집

실내공기질 변화 측정 실험은 천장과 벽은 황토몰탈에 피톤치드벽지, 바닥재는 무늬목 치장 합판 플로어링 보드를 설치한 일반 가정집에서 진행하였으며, 실험 가정집의 면적은 61.2 m<sup>2</sup>이었다. 측정 시 사용한 가습기(NHV-5082C, Novita, Korea)는 초음파 진동식으로 시중에 판매되는 것을 구매하여 사용하였다.

실내공기 포집시 시험실은 적정 실내온도범위인 20℃로 설정하였고, 신축공동주택의 실내공기질 측정방법에 준하여 실시하였다(Ministry of Environment Announcement no.2004-80). 즉 실내공기 포집장치는 벽으로부터 1 m 이상 떨어진 위치에서 바닥



Fig. 1. Picture of the test room.

면으로부터 1.2~1.5 m 정도 높이의 시험실 중앙에 설치하였다(Fig. 1). 창문과 문을 모두 개방한 상태에서 30분간 환기 시킨 후, 외부공기가 유입될 수 있는 모든 창문과 문을 닫은 후 가습기를 가동하여 5시간 밀폐상태를 유지한 다음, 30분간 실내공기를 포집하였다. 휘발성유기화합물(VOCs)은 고체 흡착관(Tenax TA, Supelco, USA)에 펌프(MP-Σ30H, Sibata, Japan)를 연결하여 0.1 l/min의 유량으로 2회 채취하였다.

### 2.3. 휘발성유기화합물 분석 및 동정

고체 흡착관에 흡착된 휘발성유기화합물은 열탈착장치(STD 1000, DANI, Italy)에서 1차로 280℃에서 15분간 열탈착시켜 -10℃로 유지된 저온 농축관(cold trap)으로 농축한 다음, 2차로 300℃에서 15분간 열탈착하여 GC/MSD로 주입하였다(Table 1). 휘발성유기화합물 분석에는 GCMS-QP2010 (Shimadzu, Japan)을 이용하였으며, VB-1 capillary column (60 m length × 0.32 mm i.d. × 1.00 μm film thickness, Valco instruments. Co., USA)을 사용하였다. Split ratio는 30으로 하였고, 이동상인 He의 선속도는 1.0 ml/min로 조정하였다. 오븐온도는 40℃에서 5분간 머문 후 220℃까지 4℃/min 속도로 승온한 다음 10분간 머물도록 조정하여 총 분석시간이 60분이 되도록 설정

**Table 1.** Thermal desorption condition and GC/MS condition

TD (STD 1000, DANI, Italy) condition		GC/MSD (GCMS-QP2010, SHIMADZU, Japan) condition	
Purge temp. and time	: 40℃, 0.5 min	Column	: VB-1 (60 m × 0.32 mm × 100 μm, Valco Inc. Co., USA)
Desorb time and flow	: 15 min, 50 ml/min	Injection temp.	: 250℃
Desorb temp.	: 280℃	Injection mode	: Split (1 : 10)
Cold trap holding time	: 15 min	Initial temp.	: 40℃ (Hold time: 5 min)
Cold trap holding temp.	: 300℃	Oven ramp rate	: 3 ℃/min
Cold trap high temp.	: 0℃	Final temp.	: 250℃ (Hold time: 5 min)
Cold trap packing	: Texax-TA	Flow	: 1.00 ml/min
Split	: No	Ion source temp.	: 200℃
Valve temp.	: 210℃	Interface temp.	: 250℃
Transfer line temp.	: 250℃	Mass range	: 30~350 m/z

하였다. MSD 분석 조건은 capillary direct interface 온도, 250℃; ion source 온도, 200℃; ionization energy, 70eV; mass range, 35~350 amu로 설정하였다 (Table 1).

크로마토그램 상에서 검출된 휘발성화합물은 표준물질의 retention indices 및 Wiley library database (Wiley7 library, SHIMADZU co.)를 이용하여 mass spectrum과 비교하여 동정하였고, 동정된 화합물은 상대적인 피크면적비율로 나타내었다. 추가적으로 실내공기오염 권고기준물질에 해당하는 benzene, toluene, ethyl benzene, xylene 및 styrene 등 5종의 VOC에 대해서 표준물질을 단계적으로 희석하여 작성된 검량선( $R^2 = 0.999$ )으로 정량하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 초음파가습 공기의 휘발성유기화합물

실내에서 초음파가습기를 이용하여 증류수와 희석된 편백잎추출수를 가습하였을 때 온습도는 증류수 19℃, 60%RH, 편백잎추출수 18℃, 65%RH로 겨울철 최적 온습도 범위에 포함되는 것을 알 수 있었다. 증류수를 초음파가습기로 가습 시, 실내공기 중에 분

포되어 있는 휘발성유기화합물은 총 86종이 검출되었으며 이 중에서 동정이 가능한 화합물의 개수는 총 54종이었고, 편백잎추출수를 사용한 경우에는 총 115종의 화합물이 검출되었는데 이 중에 67종의 물질이 동정되었다. Lim *et al.* (2013)에 의하면 편백잎에서 연속 수증기 추출법으로 분리한 정유에서 72종의 성분과 이중 48종을 동정하였다. 본 실험에서 보다 많은 성분이 검출된 것은 실내 내장재 및 생활용품으로부터 방출된 것으로 판단된다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 증류수와 편백잎추출수 가습공기에서 동정된 화합물류들 중에서는 aromatic compounds가 각 13종씩, terpenoids가 23종(편백잎추출수)과 16종(증류수)이 나타났다. 동정된 화합물의 수를 기준으로 편백잎추출수를 가습기를 통해 방산을 하였을 경우 증류수에 비해서 terpenoides 7종, alkane, ketone, ester 각 1종, alcohols 4종의 화합물이 추가 검출되었다. 또한 편백잎추출수에서 16종의 미지화합물이 검출되었는데, 그중 7종의 terpenoides는 편백잎추출수에 기인한 것으로 판단된다.

증류수와 편백잎추출수를 이용한 가습기 가동 시 발생하는 휘발성유기화합물의 peak area를 기준으로 백분율로 계산해 Figs. 3과 4에 나타내었다. 가습 증류수에서는 aromatic compounds가 52% (xylene

편백잎추출수의 실내 가습시 휘발성유기화합물 방출 특성

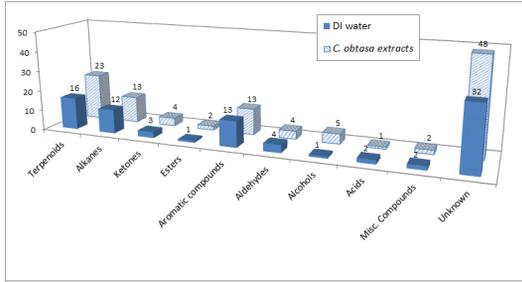


Fig. 2. Number of volatile organic compounds emitted from the humidifier with DI water and hinoki leaf extracts.

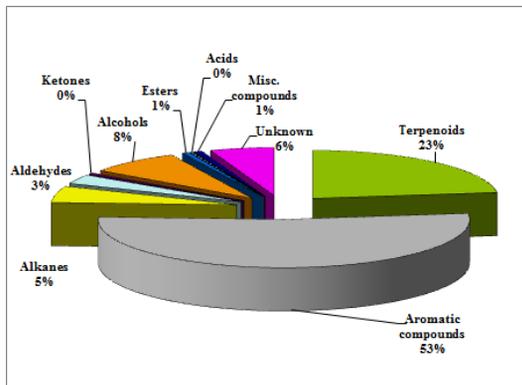


Fig. 3. Proportion of volatile organic compounds from DI water by humidifier.

34%, ethylbenzene 7%, toluene 6%), terpenoids가 23%로 높은 분포를 나타내었다(Fig. 3). 대부분의 aromatic compounds는 무늬목 치장 합판 플로어링 보드로부터 발생된 것으로 추정되며, terpenoids는 벽 마감재인 피톤치드 벽지와 바닥재에서 방출된 것으로 생각된다. 또한, 32종의 미지 화합물은 그 농도가 6% 미만으로 실내공기질에 큰 영향은 미치지 않을 것으로 판단된다.

편백잎추출수 가습 시에도, aromatic compounds의 비율이 가장 높게 나타났으나 전체 휘발성 성분비율은 증류수 가습 때보다 낮은 38%로 나타났다. Terpenoids는 10% 증가한 33%를 alcohol류는 7% 증가한 15%를 나타내었다(Fig. 4). Terpenoids와 alco-

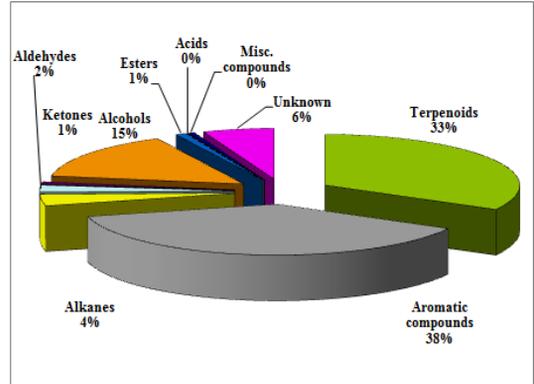


Fig. 4. Proportion of volatile organic compounds from the C. obtusa extracts by humidifier.

hols는 편백잎추출수에서 방출된 것으로 판단된다. 기존에 발표된 논문(Lee *et al.* 2008)에서 실내에 사용된 목재의 terpenoids의 비율이 매우 높았던 것과 비교하여 본 연구에서는 낮은 수준이었다. 이는 기체 상으로 방산된 terpenoids 자체만의 비율을 조사하였던 기존의 연구와는 달리 본 연구에서는 가습기를 사용함으로써 미세 물입자와 함께 분무가 이루어짐으로써 휘발성이 강한 terpenoids의 확산이 쉽게 이루어지지 않아서 나타난 결과로 생각된다(Park 2007).

### 3.2. Aromatic compounds와 Terpenoids 성분 분포

증류수와 편백잎추출수를 가습하였을 때 실내에 방출된 휘발성유기화합물 중 가장 많은 종류와 방출량을 보인 aromatic compounds와 terpenoids의 세부 화합물들을 Table 2에 나타내었다. 동일한 13종의 aromatic compounds가 증류수와 편백잎추출수 가습 용액에서 검출되었고, Terpenoids류 경우 증류수에서는 16종 그리고 편백잎추출수에서는 23종의 화합물이 검출되었다(Fig. 2).

증류수 가습 시 방출된 aromatic compounds 중에서 *m*-Xylene이 46.10%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 *o*-Xylene이 17.18%로 나타났다. 그 외에 toluene과 ethylbenzene이 10~13%를 차지하였으며,

**Table 2.** Chemical compositions of aromatic compounds and terpenoids in DI water or *C. obtusa* extracts

Compounds	RT*	Distilled water		<i>C. obtusa</i> Extracts	
		peak area (%)	(%)	peak area (%)	(%)
<b>Aromatic compounds</b>					
Benzene	10.83	2.09	3.84	1.27	3.26
Toluene	15.77	5.73	10.53	6.89	17.71
Ethylbenzene	20.48	7.24	13.30	5.10	13.11
m-Xylene	20.84	25.09	46.10	16.79	43.16
Styrene	21.79	1.61	2.96	1.09	2.80
o-Xylene	21.98	9.35	17.18	6.23	16.02
Isopropylbenzene	23.57	0.18	0.33	0.14	0.36
n-Propylbenzene	24.90	0.27	0.50	0.17	0.44
1,3,5-Trimethylbenzene	25.49	0.40	0.74	0.29	0.75
Phenol	25.84	0.47	0.86	0.21	0.54
1,2,4-Trimethylbenzene	26.64	1.17	2.15	0.28	0.72
Acetophenone	29.22	0.41	0.75	0.22	0.57
Naphthalene	34.67	0.40	0.74	0.23	0.59
		<b>54.42</b>	<b>100.00</b>	<b>38.90</b>	<b>100.00</b>
<b>Terpenoids</b>					
$\alpha$ -Pinene	24.53	8.65	36.39	5.49	16.28
$\beta$ -Pinene	26.42	2.22	9.34	1.47	4.36
$\beta$ -Myrcene	26.61	0.55	2.31	0.25	0.74
l-Phellandrene	27.42	0.11	0.46	0.33	0.98
$\delta$ 3-Carene	27.82	3.75	15.78	2.63	7.80
$\rho$ -Cymene	28.03	1.41	5.93	0.91	2.70
dl-Limonene	28.47	1.28	5.38	1.38	4.09
$\beta$ -Phellandrene	28.49	2.74	11.53	2.42	7.17
$\gamma$ -Terpinene	29.68	-	-	0.33	0.98
Terpinolene	30.98	0.08	0.34	0.21	0.62
Linalool	31.12	-	-	0.11	0.33
Ocimene	32.31	-	-	0.33	0.98
Camphor	33.08	-	-	0.06	0.18
l-Borneol	34.22	-	-	0.33	0.98
Terpinen-4-ol	34.41	0.16	0.67	11.44	33.92
(-)- $\alpha$ -Terpineol	34.79	0.96	4.04	1.62	4.80

Table 2. Continued

Compounds	RT*	Distilled water		<i>C. obtusa</i> Extracts	
Isobornyl acetate	38.47	0.06	0.25	2.35	6.97
$\alpha$ -Terpinyl acetate	40.58	-	-	0.91	2.70
Junipene	43.66	1.34	5.64	0.74	2.19
Germacrene D	45.90	-	-	0.10	0.30
$\alpha$ -Muurolene	46.01	0.10	0.42	0.07	0.21
$\gamma$ -Cadinene	46.49	0.17	0.72	0.11	0.33
$\delta$ -Cadinene	46.61	0.19	0.80	0.14	0.42
		<b>23.75</b>	<b>100.00</b>	<b>33.72</b>	<b>100.00</b>

\* RT: retention time

benzene (3.84%), styrene (2.96%), 1,2,4-Trimethylbenzene (2.15%) 등도 검출되었다. 편백잎추출수를 가습한 경우, 증류수만 가습하였을 때와 유사하게 *m*-Xylene (43.16%), *o*-Xylene (16.02%), toluene (17.71%), ethylbenzene (13.11%) 등이 주로 검출되었으며, 역시 미량의 benzene (3.26%), styrene (2.80%), 1,2,4-Trimethylbenzene (0.72%) 등도 검출되었다. 공통적으로 두 경우 모두 xylene류가 50% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. Benzene, toluene, ethylbenzene, xylene (BTEX)는 단핵방향족 탄화수소로 대표되는 화합물로서 휘발유의 주요 구성성분이며 다양한 화학 공업에서 용매 및 공정 원료로 널리 사용되고 있는 물질들이다. 그래서 BTEX는 시험실 제작에 사용된 자재인 벽지와 바닥재에서 기인한 것으로 판단이 된다. 또한 두 시험실의 aromatic compounds의 방출특성을 비교한 결과, 편백잎추출수에서 총 방출량은 약 16% 정도로 낮았지만 방출된 화합물들의 구성 비율은 증류수만 가습하였을 때와 유사한 경향을 보였다.

Terpenoids의 경우 증류수에서 16종, 편백잎추출수에서 23종이 동정이 되었으며 그 방출량은 편백잎추출수가 약 10% 정도 높았다(Table. 1). 증류수 가습 시험실에서 동정된 16종의 화합물에서  $\alpha$ -Pinene과  $\beta$ -Pinene이 각 8.65%와 2.22% 방출비율을 나타냈으며,  $\delta$ 3-Carene (3.75%),  $\beta$ -Phellandrene (2.74%),

junipene (1.34%)도 검출되었다.  $\alpha$ -Pinene과  $\beta$ -Pinene 방출량의 합은 terpenoids 방출량의 약 45%를 차지하였고, 이것은 시험실 제작에 사용된 피톤치드벽지와 바닥재로부터 방출된 것으로 판단된다.

반면 편백잎추출수 가습 시험실의 경우, 증류수 가습 시험실과 비교하여 다소 낮은  $\alpha$ -Pinene (5.49%),  $\beta$ -Pinene (1.47%),  $\delta$ 3-Carene (2.63%),  $\beta$ -Phellandrene (2.42%), junipene (0.74%) 등이 검출되었고, 증류수 가습 시험실에서 검출되지 않은  $\gamma$ -Terpinene, linalool, ocimene, camphor, 1-Borneol,  $\alpha$ -Terpinyl acetate, germacrene D, terpinen-4-ol 등도 검출되었다. 그중 극미량 검출되었던 terpinen-4-ol의 방출량이 0.16%(증류수)에서 11.44%(편백잎추출수)로 증가하여 총 terpenoids 방출량은 약 10% 증가하였다.  $\alpha$ -Pinene,  $\beta$ -Pinene, terpinen-4-ol의 방출량의 합은 terpenoids 방출량의 약 54%를 차지하였고, terpinen-4-ol 자체만으로도 33.92%를 차지하였다. 이러한 terpenoids 농도의 증가는 명백하게 편백잎추출수에 의한 것으로 판단된다. 또한 Lim *et al.* (2013)의 연구에서 편백잎 수증기 추출 정유의 주요 성분은 terpinenyl acetate와 terpinen-4-ol이 각각 11.04%와 10.01%로 가장 높게 검출이 되었으며 그 다음 순으로 bornyl acetate (7.57%),  $\gamma$ -terpinene (6.02%), elemol (5.16%), limonene (4.23%), sabinene (4.19%),  $\beta$ -eudesmol (4.39%), carene (3.42%),  $\beta$ -myrcene

**Table 3.** Changes of the criteria substances of indoor air quality by *C. obtusa* extracts (Unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Compounds	Distilled water	<i>C. obtusa</i> extracts	Limitation
Benzene	3.67	3.69	30 (KR)
Toluene	5.86	12.88	1000 (KR)
Ethyl benzene	8.96	10.50	360 (KR)
Xylene	41.81	46.31	700 (KR)
Styrene	1.80	2.04	300 (KR)
TVOC	118.98	200.51	400 (JP)

\*: KR=Korea, JP=Japan

(3.29%), widdrene (3.27%), camphene (2.07%), cymene (2.3%),  $\alpha$ -terpineol (2.28%), cadinen (2.45%), guaiol (2.58%), beyerene (2.21%),  $\alpha$ -thujene (1.71%), isolekene (1.57%), calamenene (1.56%), cedrol (1.44%),  $\alpha$ -Thujene (1.35%) 순으로 나타났다. 이러한 편백잎추출수의 자체성분과 비율을 실내공기 가습시 방출되는 성분과 비율과 비교하였을 때 유사한 결과를 나타냄으로서 초음파 가습으로 인한 주요 유효성분의 손실은 없는 것으로 판단된다.

Terpenes은 isoprene 골격( $\text{C}_5\text{H}_8$ ) 단위가 연속적으로 부가반응을 통해 생성된 화합물로서 mono-( $\text{C}_{10}$ ), sesqui-( $\text{C}_{15}$ ), di-( $\text{C}_{20}$ ), tri-( $\text{C}_{30}$ ), tetra-( $\text{C}_{40}$ ) 단위로 이루어진다(Sjostrom 2003). 이 중 monoterpenoids는 독특한 향을 가진 휘발성물질로 식물 정유(essential oil)의 주성분으로 수증기 증류 또는 kraft pulping 과정으로 얻을 수 있으며 곤충에 대한 기피효과 및 독성 등 생태학적 효능을 발휘하며, 최근에는 항균활성, 고혈압완화, 염증억제 및 천식완화 등의 다양한 생리적 및 약리적 기능 또한 보고되었다(Calabrini *et al.* 2004; Hart *et al.* 2000; Lahlou *et al.* 2002). 또한, Wang *et al.* (2005)과 Li *et al.* (2005)은 항암효과와 항증식성에 있어서도 좋은 결과를 확인하였다.

편백잎추출수에서 검출된 terpenoids 중에서  $\gamma$ -Terpinene은 다양한 식물들로부터 추출이 가능한 화합물이며, 복숭아 향기를 가지는  $\alpha$ -Terpinyl acetate는 음식의 향료로 사용되며, Linalool은 무색 투명한 액체로 특이한 향기를 가져 오렌지유 및 화정유의

조합, 사탕, 청량음료, 베이커리 제품, 휴잉겜에 사용되며, 1-Borneol은 줄음방지에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 camphor는 흥분 강심제, 자극, 진통, 방부제, 곰팡이 방지제, 살충제, 훈향, 향장품, 방충제 등으로 사용되고 있다(Mann *et al.* 1994). 특히 방출 농도가 높았던 terpinen-4-ol의 경우 소염제로서의 효능이 입증되었으며, 항고혈압성능으로 강압제로의 사용도 시도된 바 있다(Lahlou *et al.* 2003; Hart *et al.* 2000). 이러한 terpenoids를 다량 함유한 편백잎추출수를 가습제로 첨가하여 사용함으로써 실내공기의 쾌적성과 다양한 효능을 부여할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3. 실내오염물질 성분 분포

편백잎추출수에서 방출된 천연 휘발성물질 중에는 benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, styrene과 같은 5종의 실내공기오염 권고기준물질도 함유되어 있었으며, 그 정량 결과는 Table 2와 같다. 증류수 및 편백잎추출수를 가습한 시험실 모두에서 실내공기질 권고기준치 이하를 나타내었지만 편백잎추출수를 사용한 경우 증류수에 비해 약간 높은 함량을 나타내어 실내오염물질에 대한 저감효과는 없는 것으로 나타났다. 또한, 2008년부터 시행된 악취방지법에서 법적 규제물질로 지정된 14종의 악취물질 중 styrene을 제외한 다른 물질은 검출되지 않았다.

## 4. 결 론

본 연구는 실내공기질 개선의 한 방법으로 피톤치드 함유량이 높다고 알려진 편백잎추출수를 희석하여 일반 초음파가습기에 사용하였을 때 실내공기로 방출되는 휘발성유기화합물을 동정함으로써 편백잎추출수의 영향을 알아보고자 하였다. 대조구로 사용된 증류수 가습 시험실에서 모두 86종의 화합물이 검출되었으며 이 중 54종이 동정되었다. 동정된 화합물들 중 aromatic compounds가 13종, terpenoids가 16종, alkanes이 12종 검출되었다. 반면에 편백잎추출수 가습 시험실의 경우, 모두 115종의 화합물이 검출되었으며, 이 중에서 67종이 동정 가능했다. 23종의 terpenoids가 동정되었으며, alkanes과 aromatic compounds가 각각 13종씩 동정되었다. 또한, 편백잎추출수 가습 시 4종의 alcohols와 16종의 미지화합물이 추가로 검출되었다. 증류수 가습 시험실 공기의 각 화합물들의 방출량을 비교해보면 aromatic compounds의 방출량이 terpenoids에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 편백잎추출수 가습 시험실의 경우, aromatic compounds의 방출량이 terpenoids 보다 5% 높았다. Aromatic compounds의 경우 증류수와 편백잎추출수 가습에 따른 차이는 없는 것으로 나타나 편백잎추출수로부터 추가적으로 방출되는 aromatic compounds는 없는 것으로 판단되며, terpenoids의 경우 편백잎추출수 가습 시 7종의 화합물이 추가로 검출되었다. 이러한 결과는 기존 Lim *et al.* (2013)의 편백잎추출수의 성분 및 비율과 비교하였을 때 주요 성분인 terpinen-4-ol에 있어서 큰 변화는 없는 것으로 나타나 가습으로 인한 손실은 없는 것으로 판단된다. 특히 terpinen-4-ol 등 편백잎추출수에서 방출된 terpenoids는 항균, 방충, 방부 효력뿐만 아니라 항고혈압성과 항암에 효과가 있어 실내공기오염에 의한 다른 피해를 상쇄시킬 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 편백잎추출수의 가습으로 인한 미량 성분의 경우 검출이 되지 않았다. 또한 실내오염물질 중 권고기준물질인 5종(benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, styrene)에 대한 편백잎추출수에 의한 영향을 조사한 결과, 이들 물질에 대한 저감효과는 없는 것

으로 나타났다.

## REFERENCES

- Calcabrini, A., Stringaro, A., Toccaceli, L., Meschini, S., Marra, M., Colone, M., Salvatore, G., Mondello, F., Aracia, G., Molinari, A. 2004. Terpinen-4-ol, the main component of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil inhibits the in vitro growth of human melanoma cells. *Journal of Investigative Dermatology*. 122: 349-360.
- Choi, J.H., Park, C.W., Lee, C.H. 2007. A study of histamine content in food in Korea. *Korean Journal of Dermatology*. 45: 768-771.
- Cronn, D., Truitt, S., Chmpbell, M. 1983. Chemical characterization of plywood veneer dryer emission. *Atmospheric Environment* 17: 201-211.
- Generated During the Drying Process of *Chamaecyparis obtuse*. *Korean Journal of Microbiology*. 48(4): 305-308.
- Gwak, K.S., Park, M.J., Jeung, E.B., Chang, J.W., Choi, I.G. 2006. Comparison of antifungal activities of monoterpenes and sesquiterpenes in essential oil from *Chamaecyparis obtuse* against dermatophytes. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 34(3): 46-55.
- Hart, P.H., Brand, C., Carson, C.F., Riley, T.V., Prager, R.H., Finlay-Jones, J.J. 2000. Terpinen-4-ol, the main component of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil), suppresses inflammatory mediator production by activated human monocytes. *Inflammation Research*. 49(11): 619-626.
- Hwang, J.K., Lee, K.J., Yang, H.J., Park, K.M. 2008. Protection and detoxification effects of oriental herb extract mixture on TCDD-Induced oxidative stress. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 37: 294-301.
- Jang H.S. 2002. Diagnosis and treatment of atopic

- dermatitis. Journal of the Korean Academy of Family Medicine. 23: 831-840.
- Kil, D.H. 2008. Manufacturing of humidification water from *Chamaecyparis obtuse* leaf extractives. Korea patent No.10-0868801.
- Kim, H.K., Kim, B.C., Shin, C.G., Jeong, S.I., Kim, H.J., Ju, Y.S. 2004. Susceptibility of oral bacteria to essential oil of *Artemisia capillaris* Thunb. Korean Journal of Oriental Medicine. 25: 121-128.
- Kim, H.S., Han, S.K., Mang, J.Y. 2009. Evaluations on the deodorization effect and antibacterial activity of *Chamaecyparis obtuse* essential oil. Korean Journal of Odor Research and Engineering. 8(3): 111-117.
- Kim, M.H., Gwak, H.O. 2013. Formaldehyde remove by phytoncides from *Chamaecyparis obtuse* leaf extractives. 30th meeting of Korea Society of Waste Management pp. 86.
- Korea Forest Service. 2013. Statistical yearbook of forestry. Annual report No. 11-1400000-000001-10.
- Lahlou, S., Figueiredo, A.F., Magalhães, P.J.C., Leal-Cardoso, J.H. 2002. Cardiovascular effects of 1, 8-cineole, a terpenoid oxide present in many plant essential oils, in normotensive rats. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 80(12): 1125-1131.
- Lahlou, S., Interaminense, L.F.L., Leal-Cardoso, J.H., Duarte, G.P. 2003. Antihypertensive effects of the essential oil of *Alpinia zerumbet* and its main constituent, terpinen-4-ol, in DOCA-salt hypertensive conscious rats. Fundamental & Clinical Pharmacology. 17(3): 323-330.
- Lee, H.J. 2007. Antioxidant activity and compositions of *Chamaecyparis obtuse* leaf extractives. Korea Forest Research Institute. Research achievement book No. 194 pp. 6-7, Seoul, Korea.
- Lee, H.Y., Park, S.B., Lee, S.M., Park, J.Y. 2008. Improvement of indoor air quality by wooden wall panels. Journal of Applied Biological Chemistry. 51(5): 234-235.
- Lim, G.S., Kim, R., Cho, H., Moon, Y.S., Choi, C.N. 2013. Comparison of volatile compounds of *Chamaecyparis obtusa* essential oil and its application on the improvement of atopoc dermatitis. Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal. 28(2): 115-122.
- Li, X., Wang, G., Zhao, J., Ding, H., Cunningham, C., Chen, F., Li, Q.Q. 2005. Antiproliferative effect of  $\beta$ -elemene in chemoresistant ovarian carcinoma cells is mediated through arrest of the cell cycle at the G2-M phase. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS. 62(7-8): 894-904.
- Mann, J., Davidson, R.S., Hobbs, J.B., Banthorpe, D.V., Harborne, J.B. 1994. Natural products: their chemistry and biological significance. Longman Scientific & Technical. Harlow, UK.
- McDonald, A., Wastney, S. 1995. Analysis of volatile emissions from kiln drying of radiate pine. Vol. 3, pp. 431-436. In proc 8th International symposium of wood pulping chemistry. Helsinki, Finland.
- McDonald, A., Dare, P., Gifford, J., Steward, D., Riley, S. 2002. Assessment of air emissions from industrial kiln drying of *Pinus radiata* wood. Holz als Roh-und Werkstoff 60: 181-190.
- Ministry of Environment Announcement no.2004-80. The methods for indoor air quality measurement of multi-utility facilities. South Korea.
- Park, J.K. 2007. Effects of ultrasonic humidifier on the change in relative humidity of indoor apartment during wintertime. Korea Society of Environmental Administration. 13(1): 25-34.
- Park, M.J., Choi, W.S., Min, B.C., Kim, H.Y., Kang, H.Y., Choi, I.G. 2008. Antioxidant activities of essential oils from *Chamaecyparis obtusa*.

- Journal of The Korean Wood Science and Technology 36(6): 159-167.
- Park, M.J., Lee, S.M., Gwak, K.S., Jeung, E.B., Chang, W.J., Choi, I.G. 2005. Investigation of active antifungal compounds of essential oil from *Chamaecyparis obtusa* against dermatophytes, *microsporum canis* and trichophyton mentagrophytes. Journal of The Korean Wood Science and Technology 33(3): 72-78.
- Park, S.B., Son, D.W., Suh, J.S., Lee, S.M., Kim, J.I., Lee, M., Byeon, H.S., Oh, S.W., Lim, K.H. 2014. Study on performance improvement of wood-based carbonized boards. Research report 14-07. ISBN 978-89-8176-351-0.
- Seo, E.J., Jeong, D.B., Oh, S.C., Kim, K.H., W, E.H., Kim, M.H., Gwak, H.O. 2013. Improvement of formaldehyde remove by phytoncides from *Chamaecyparis obtuse* leaf extractives. Annual Meeting of the Korean Society for Environmental Education. pp. 191-192.
- Seo, Y.J., Lee, J.W. 2012. Antifungal and Antioxidant Activities of Volatile Organic Compounds generated during the drying process of *Chamaecyparis obtuse*. Korean Journal of Microbiology 48(4): 305-308.
- Sjöström, E. 1993. Wood chemistry: fundamentals and applications. Gulf Professional Publishing. London, UK.
- Taylor, M.L., Metcalfe, D.D. 2001. Mast cells in allergy and host defense. Allergy and Asthma Proceedings. 22: 115-119.
- Wang, G., Li, X., Huang, F., Zhao, J., Ding, H., Cunningham, C., Li, Q.Q. 2005. Antitumor effect of  $\beta$ -elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death. Cellular and Molecular Life Sciences CMLS, 62(7-8), 881-893.
- World Health Organization. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva, Switzerland: WHO.
- Yaeno, A., Nakai, Y., Hayakawa, R., Nishino, T. 2003. Antibacterial effect of beta-thujaplicin on Staphylococci isolated from atopic dermatitis. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 51: 113-122.