

침엽수 판재의 VOCs 방산특성 및 심신안정 효과¹

이희영² · 박상범^{† 2} · 김은일³ · 이상민² · 박종영²

VOCs Emission Characteristics and Psychological Effects of Interior Decorated Conifers¹

Hee-Young Lee² · Sang-Bum Park^{† 2} · Eun-Il Kim³ ·

Sang-Min Lee² · Jong-Young Park²

ABSTRACT

This study examined the emission characteristics and psychological effects of volatile organic compounds (VOCs) emitted from wooden boards made of *Pinus densiflora* and *Chamaecyparis obtusa*, conifer commonly found in Korean forests. Boards made of those species were used to decorate interior of a test room. Different proportions of interior (20%, 40%, 60%, 80% and 100% against the entire interior of the room) were decorated. Electroencephalogram and VOCs in the test room were measured 24 hours after interior decorated. As the results, when 40% of interior of the room decorated with both species of boards, the largest amount of alpha wave was detected. For board made of *P. densiflora*, as the proportion of interior decorated increased both natural VOCs(NVOCs) and anthropogenic VOCs(AVOCs) were increased. on the other hand, When interior decorated with board made of *C. obtusa*, little differences in VOCs with different area of interior decorated was detected. Board made of *P. densiflora* emitted a slightly higher amount of AVOCs than boards made of *C. obtusa*. NVOCs emitted from board made of *P. densiflora* was three to fifteen times more than NVOCs emitted from board made of *C. obtusa*.

Keywords: *Pinus densiflora*, *Chamaecyparis obtusa*, VOCs, wooden panels, indoor air quality.

1. 서론

최근 에너지 절약을 위한 건물의 고기밀화·고단열화에 따른 환기량 감소 등에 의해 각종 건축내장재 및 생활용품에서 발생하는 휘발성 성분 등에 의해 실내공기질이 악화되고 있다. 하루의

1. 논문접수: 2008. 10. 24.

2. 국립산림과학원 임산공학부 Department of Forest Product, Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea.

3. 전남대학교 산림환경조경학부 Division of Forest Resources and Landscape Architecture, Chonnam National University, Kwangju, Korea.

† Corresponding author: Sang-Bum Park(E-mail: parksb@forest.go.kr).

대부분을 실내에서 생활하는 현대인들은 이러한 실내오염물질에 노출되어 있으며, 새집증후군(Sick House Syndrome, SHS) 및 빌딩증후군(Sick Building Syndrome, SBS)등의 문제로 건강을 위협당하고 있다(Ingrosso, G. 2002). 또한 대기오염 증가로 호흡기계통 질환이 증가되고, 실제 2000년 이후 천식 및 아토피 환자수가 늘어나고 있다(건강보험통계연보, 2003).

현재 삶의 질 향상과 더불어 건강과 직접적인 관련이 있는 생활공간에 대한 관심도가 증대되면서, 친환경 소재들이 큰 인기를 끌고 있다. 친환경적 주거환경을 지향하는 추세에 따라 목재의 실내자재 사용이 증가하는 추세이다. 특히 수목에는 피톤치드(Phytoncide)라는 천연의 휘발성 성분이 방출되는데 진정작용, 스트레스 완화효과 및 쾌적한 수면에 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 아토피를 악화시키는 원인이 되는 실내의 곰팡이나 진드기 등의 항균 및 방충에 효과적인 것으로 알려져 있으며, 이러한 삼림욕 효과는 활엽수보다 침엽수에서 방향성 정유성분의 함량이 높아 더 효과적인 것으로 보고되고 있다(강하영, 2003).

실내에 목재 자재를 도입한다면, 직접 산이나 숲을 찾지 않고도 삼림욕과 유사한 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 즉 우리나라 산림에서 흔히 볼 수 있는 침엽수재인 소나무와 편백을 실내에 도입함으로써 목재에서 방출되는 향과 더불어 자연스런 나뭇결을 제공하여 인체의 쾌적성은 높아질 것이다. 또한, 목재의 내장면적비율에 따른 인체의 영향을 뇌파와 이미지평가를 통해 분석하였다. 이와 관련하여 본 연구에서는 목재의 실내도입 시 어느 정도의 함량이 적절한지를 알아보기 위해 내장면적을 달리하며 여기서 방산되는 휘발성 성분의 함량 및 특성에 대해 알아보았다. 목재를 실생활에 적용하는데 있어 본 연구를 기초 자료로 사용하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2-1 공시재료

본 연구에 사용한 수종은 침엽수재인 편백(*Chamaecyparis obtusa*; 42년) 및 소나무(*Pinus densiflora*; 38년)는 벌채, 제재한 목재를 기건 상태로 제공받았으며, 실험 전까지 항온항습실(50%RH, 24℃)에 보관하였다. 마감 후 벽체용 루바 형태(7.5~10.4cm×60cm×1.2cm)로 제작하여 실험에 사용하였다. 소나무와 편백 판재의 외관은 Fig. 1과 같다.

2-2 침엽수 판재의 내장면적에 따른 뇌파분석 및 이미지 평가

2종의 침엽수 판재를 총 시험실 면적에 대한 비율별(20%, 40%, 60%, 80%, 100%)로 도입하여 실험에 임하였다. 피험자들은 20대 후각기능이 정상인 남녀 대학생 각 10명씩 총 20명을 대상으로 실시하였으며, 피험자들은 실험 전 샴푸 및 향이 첨가된 화장품의 사용을 금지하였다. 뇌파 분석결과, 여자 피험자의 경우 각 개인별 편차로 인하여 일정한 경향을 읽을 수가 없어 본 연구에서는 남자만을 대상으로 검토하였다.

방산되는 휘발성 성분에 대한 뇌파분석은 WEEG-32 (LAXTHA, Korea)를 이용하여 국제 10-20법(Ten-twenty electrode system; Jasper, 1958)에 의해 실시하였다. 즉 6개의 전극(Fp1, Fp2, C3, C4, O1, O2)을 활성전극으로 귀볼(A1 or A2)을 불관전극으로 뇌파를 측정하였다. 측정 조건은 time constant 0.3초, filter 60Hz, gain 1K, 초당 sample수 256으로 하였다. 또한 향을 흡

입하기 전후의 뇌파를 비교 분석하기 위해 각 전극별 피험자의 흡입 전 10초간 데이터와 흡입 후 10초간의 데이터의 평균값을 구하고, 이 평균값을 합하여 a -파의 총량을 구하였다. 이미지 평가는 Osgood 등(1975)의 SD법(semantic differential method)을 이용하여 설문지를 작성한 후, 제시 형용사 쌍에 대하여 7단계로 회답하도록 하였다. 내장면적에 따라 노출된 휘발성 성분에 대한 피험자들이 느끼는 자극성, 쾌적성, 만족도에 대해 설문조사를 실시하였다. 측정실의 온도는 24℃, 습도는 50%로 설정하여 동일조건 상에서 측정이 이루어지도록 하였다.

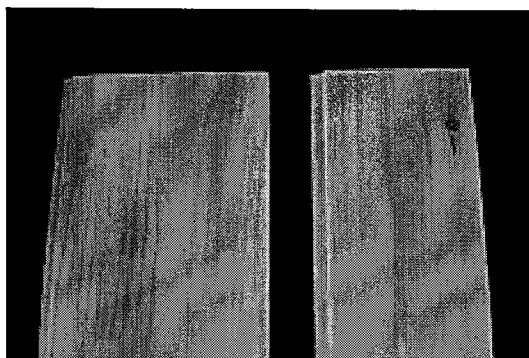


Fig. 1. The vertical section of *P. densiflora*(a) and *C. obtusa*(b).

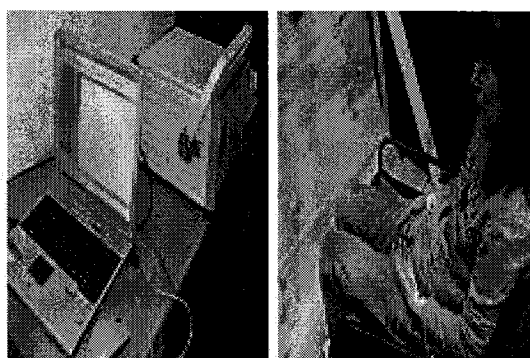


Fig. 2. Measurement of EEG(Electroencephalography).

2-3 침엽수 판재의 내장면적에 따른 휘발성화합물의 분석

소나무와 편백 판재의 내장면적에 따른 휘발성유기화합물의 방출특성을 조사하기 위하여 무늬목을 부착한 철제 프레임에 스테인레스제 박판을 내장하여 일정한 크기의 기밀성 챔버(가로 1m×세로 1m×높이 1.9m)를 제작하였으며, 총 면적은 1.9m²이었다.

챔버 내에 기건 상태의 편백 및 소나무 판재를 챔버의 전체 면적에 따른 비율별(20%, 40%, 60%, 80% 및 100%)로 동시에 설치한 후, 24시간 경과한 다음 판재에서 방출되는 VOC(휘발성유기화합물)을 포집하여 분석하였다. 또한 두 종의 침엽수 판재 설치 및 휘발성 성분의 포집은 일주일 안에 이루어졌다. 휘발성성분은 측정실의 온도는 24℃, 습도는 50%로 하여 뇌파측정 시와 동일한 조건으로 하였다.

휘발성 성분은 고체흡착관(Tenax TA, Supelco, USA)에 펌프(MP-Σ30H, Sibata, Japan)를 연결하여 0.1L/min의 유량으로 20분간 2L를 채취하였다. 고체흡착관에 흡착된 VOC는 열탈착 장치(STD 1000, DANI, Italy)에서 1차적으로 열탈착 한 후 GC/MSD로 주입하여 분석하였다. 크로마토그램 상에서 검출되는 동정 가능한 천연 식물성분 유래의 천연 VOC(Natural VOC) 및 인공 화학물질 유래의 인공 VOC(Anthropogenic VOC)는 각각의 표준물질을 단계적으로 회석하여 검량선을 작성하였으며, Retention time 및 Wiley library database를 이용한 Mass spectrum과 비교하여 동정 및 정량하였다. 또한 n-Hexane에서 n-Hexadecane까지의 범위에서 동정 불가능한 기타 화합물(Other VOC)은 톨루엔으로 환산하여 함량을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 침엽수 판재의 내장면적에 따른 뇌파분석 및 이미지 평가

두 종의 침엽수 판재의 각 설치비율별 α -파 총량의 변화를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 편백 판재의 경우 내장면적에 따른 특이적인 경향을 찾을 수 없었으나, 설치면적이 40%일 때 다른 설치비율보다 α -파 총량이 가장 높았으며 향 흡입 전후의 값 차이가 가장 크게 나타났다. 또한 소나무 판재의 경우 편백에서와 같이 40%에서 향 흡입 전후의 값 차이가 가장 크게 나타나 α -파의 증가가 가장 크다는 것을 알 수 있었다.

전극 부위에 따른 α -파를 비교한 결과, 2종의 판재의 경우 전두엽(Fp1, Fp2)부분에서는 α -파의 변화를 확인하기 어려웠으며, 후두엽(O1, O2)부위에 α -파가 현저히 증가하는 것을 확인하였다. 외부자극에 뇌가 반응할 때 후두부는 주로 자극의 물리적인 형태를 인지하는 과정을 수행하는 반면, 전두부는 자극에 대한 수행 반응을 평가하는 등의 다소 고차원적인 기능을 수행하는 것으로 알려져 있다(Lorig, 2000). 또한 민 등(2003)의 보고에서는 향과 관련한 전문직에 종사하는 자를 대상으로 향 자극 시 전두엽부분에서 주된 반응을 확인하였다. 본 연구는 일반인인 피험자를 대상으로 하였기 때문에 전두엽의 활성화보다는 후두엽의 물리적인 인지에 의한 결과로 판단된다.

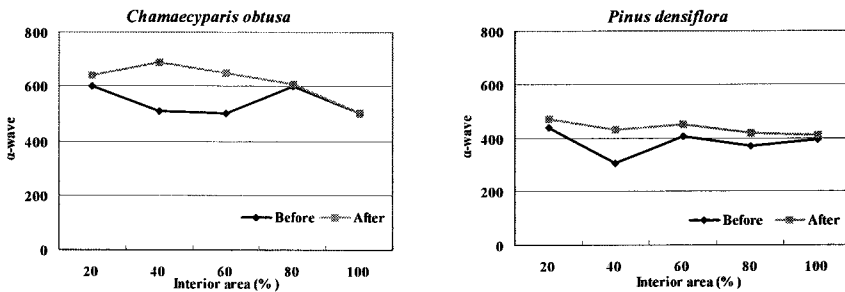


Fig. 3. Total α -wave of two species on different interior area.

2종의 침엽수 판재에 대한 이미지 평가 결과는 Fig. 4에서 보는바와 같이 만족도 및 쾌적성은 유사한 패턴을 가지는 반면 자극성은 상반되는 경향을 나타내었으며, 이는 편백 판재 설치 시에 두드러지게 나타났다. 편백 판재를 100% 설치한 경우를 제외하고는 자극성이 적은 것으로 나타나 긍정적인 이미지를 제공하는 것으로 판단된다. 특히 40% 설치 시 가장 자극성이 적은 것으로 인식되었으며, 소나무 판재에 비해 자극성이 적은 것으로 나타났다. 소나무 판재의 경우 설치비율이 증가할수록 자극적인 향으로 인식하는 경향을 나타내어, 실내설치 시 적정수준의 판재도입을 고려해야 될 것으로 보인다.

편백 판재는 모든 비율에서 쾌적한 것으로 나타났으며, 설치비율이 증가할수록 서서히 감소하였다. 소나무 판재의 경우에도 쾌적한 향의 이미지를 가지고 있으며 40% 및 60% 설치 시 높은 쾌적성을 나타내었으며, 80% 설치 시 급격히 감소하였으나 편백보다 쾌적성이 강한 향으로 나타났다. 편백 판재 및 소나무 판재 모두에서 총 면적의 40% 설치 시 만족도가 가장 높은 것으로

나타났으며, 편백은 20%, 60%, 80%, 100%순으로, 소나무는 60%, 100%, 80%, 20%순으로 감소하였다. 또한 소나무 판재가 편백 판재에 비해 상대적으로 높은 만족도를 보였고, 전반적인 이미지 평가에 있어서도 높은 값을 나타내었다.

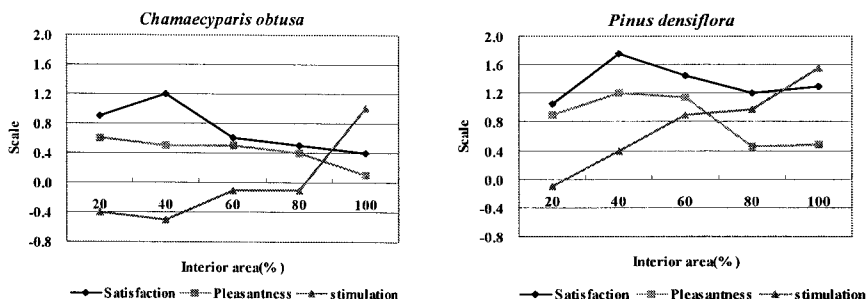


Fig. 4. The psychological effect of two species.

3-2 내장면적에 따른 휘발성유기화합물의 변화

2종의 침엽수 판재는 내장면적 증가에 따른 휘발성유기화합물의 함량변화는 Table 1과 Table 2에 제시하였다. 편백 판재의 경우 AVOC 및 NVOC의 함량은 내장면적(비율)에 따른 특별한 경향은 나타나지 않았으며, OVOC 및 TVOC에서는 내장면적 80%를 제외하고는 증가하는 경향을 나타내었다. 반면, 소나무 판재의 경우 전체면적에 따른 판재의 내장면적이 증가할수록 NVOC, OVOC 및 TVOC 함량이 증가하는 경향을 나타내었고, AVOC 역시 증가하였으나 증가 폭이 미미하였다. 그러나 내장면적이 배로 증가한다고 해서 휘발성물질의 함량이 배로 증가하는 것은 아니었다.

편백 판재를 설치한 경우 5종의 AVOC는 실내공기질 권고 기준치보다 현저히 낮게 나타났다. 또한 소나무 판재는 benzene을 제외한 나머지 4종에 AVOC에 대해서 기준치 이하 값을 나타내었으며, 편백 판재에 비해 높은 함량을 보였다.

소나무 판재의 NVOC는 편백의 3~15배 정도의 방출량을 보였고, 두 판재 모두 α -pinene 및 β -pinene이 가장 많은 함량을 차지하는 것으로 나타났다. 소나무 판재의 NVOC는 모든 내장면적에서 TVOC의 50% 이상을 차지하는 것으로 나타났고, 본 실험에서 정량된 NVOC는 α -humulene을 제외하고 monoterpene류 이므로, 주로 monoterpene류로 구성되어 있다는 것을 알 수 있었다. 그에 반해 편백 판재의 경우 TVOC에 대한 NVOC의 비율이 10~26%로 상당히 적은 부분을 차지하였다. 이 등(2008)의 연구에서 편백에서 방출되는 휘발성화합물의 구성은 terpenoids가 59% 정도 차지하며, 그 중 sesquiterpene류가 34%, monoterpene류가 22%를 구성되어 있다고 보고하였다. 즉 소나무 판재에 비해 편백 판재의 OVOC의 함량의 비율이 현저히 높은 것은 편백의 OVOC 중 동정되지 못한 sesquiterpene류가 일부 포함되어 있는 것으로 보인다.

본 연구에서만 보더라도 수종에 따라 동정된 NVOC의 구성성분이 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 특히 NVOC는 terpenoids류가 주를 이루며, 이는 mevalonate경로 및 MEP (2-C-methyl-D-erythritol-4-phosphate) 경로를 통해 축합반응 및 테르펜합성효소에 의해 형성되어 식물의 분비기관 내에 저장되었다가 방출이 이루어진다(Aharonil *et al*, 2005). 또한 *Pinus*

radiata 내 수지 분포에 대한 연구에서 목재의 변재보다 심재, 뿌리 쪽으로 갈수록 높은 함량을 나타낸다고 보고하였다(Kininmonth et al. 1991). 즉 설치한 판재의 내장면적 뿐만 아니라 수지구나 수지세포가 분포된 위치나 함량에 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 이와 같은 영향은 소나무보다 편백에서 뚜렷하게 나타났다.

Table 2. Comparison of volatile components of interior decorated conifers

Compounds	Concentration($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (24 hrs.)									
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>					<i>Pinus densiflora</i>				
	20%	40%	60%	80%	100%	20%	40%	60%	80%	100%
Benzene	6.63	14.88	12.32	3.59	16.60	38.60	19.71	37.17	30.50	39.40
Toluene	59.79	114.29	98.25	50.05	129.63	106.93	100.62	135.21	159.66	199.76
Ethylbenzene	21.21	44.93	23.40	19.99	78.95	33.25	23.26	37.06	40.50	49.13
Xylene	46.73	61.27	44.74	45.05	166.09	72.11	53.78	76.95	76.25	96.42
Styrene	4.58	11.58	6.77	0.56	8.66	17.63	13.99	24.15	29.19	37.62
Anthropogenic VOC	138.94	246.95	185.48	119.25	399.93	268.52	211.35	310.53	336.10	422.33
α -Pinene	82.62	357.75	226.37	158.48	635.53	643.85	943.66	1718.42	1914.96	2184.02
Camphene	4.78	9.31	6.16	5.42	12.27	19.77	26.95	68.93	89.15	118.35
β -Pinene	23.56	44.66	26.83	20.30	64.05	216.94	360.46	804.94	893.52	1109.66
β -Myrcene	4.86	7.04	6.42	5.52	10.25	47.82	92.99	231.69	220.62	336.56
1-Phellandrene	¹⁾ -	-	-	-	-	12.41	22.95	53.42	57.42	83.98
δ 3-Carene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -Terpinene	-	-	-	-	-	2.88	8.22	18.93	20.38	31.78
p -Cymene	2.68	6.64	8.07	2.26	9.10	13.19	14.52	48.84	52.01	69.58
dI -Limonene	18.04	40.11	38.13	22.19	68.99	-	-	-	-	-
γ -Terpinene	2.13	2.15	2.17	1.11	2.33	3.23	5.46	16.68	14.92	24.54
α -Humulene	2.53	3.86	4.84	5.58	6.46	2.88	3.56	4.57	6.42	9.05
Natural VOC	139.74	464.88	310.93	218.60	799.88	997.35	1493.70	2988.91	3271.19	3973.43
Other VOC	1104.57	1436.41	2145.52	1644.20	1912.77	601.56	1126.99	2354.95	2249.74	3311.33
Total VOC	1383.24	2148.24	2641.93	1982.05	3112.59	1867.43	2832.05	5654.39	5857.03	7707.09

¹⁾Not detected.

4. 결론

본 연구는 침엽수재인 편백 판재와 소나무 판재를 이용하여 실내에 도입할 경우, 인간에게 미치는 심리적 효과 및 내장면적에 따른 휘발성 물질의 방산특성에 대해 알아보았다.

1) 2종의 침엽수 판재의 각 설치비율별 α -파의 총량을 분석한 결과, 내장면적 증가에 따른 특이적인 경향을 찾을 수 없었다. 40% 설치 시 다른 설치비율보다 α -파의 총량이 가장 크게 나타났다. 향 흡입 전후의 값 차이가 가장 크게 나타나 α -파의 증가가 가장 크다는 것을 알 수 있었다.

2) 편백 판재의 향은 자극성이 적고 쾌적한 이미지로 인식되었고, 40% 설치 시 가장 자극성이 적으며 쾌적한 것으로 인식되었다. 소나무 판재의 경우 설치비율이 증가할수록 자극적으로 인

식하는 경향을 나타내었으며, 40% 및 60% 설치 시 높은 쾌적성을 보였다. 전반적인 만족도에 있어서 두 판재 모두 40% 설치 시 만족도가 가장 높은 것으로 나타났다.

3) 내장면적 증가에 따른 휘발성유기화합물의 함량변화를 보면 편백은 특이적인 경향을 나타내지 않은 반면, 소나무는 비율이 증가할수록 휘발성물질도 함께 증가하였다. 두 판재 모두 α -pinene 및 β -pinene이 가장 많은 함량을 차지하는 것으로 나타났다.

본 실험에서는 침엽수 판재의 실내 도입 시 내장면적 40%가 가장 적당한 것으로 나타났고, 설치한 판재의 내장면적 뿐만 아니라 수지구나 수지세포가 분포된 위치나 함량에서도 영향을 많이 받는 것으로 사료된다. 또한 침엽수재에서 발생하는 휘발성 성분 중 주요 화합물에 대해 심리적 효과분석이 추가적으로 이루어진다면, 휘발성 성분분석만으로도 긍정적인 효과에 대한 추론이 가능할 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- 강하영. 2003. 피톤치드의 비밀. 역사넷.
건강보험통계연보. 2003. 국민건강보험공단.
민병찬, 진승현, 강인형, 전광진, 김철중. 2003. 향 자극에 따른 직업별 뇌파의 상호 정보량 분석. 한국감성과학회지. 6(1): 39-45.
Aharoni, A., M. A. Jongsma and H. J. Bouwmeester. 2005. Volatile science? Metabolic engineering of terpenoids in plants. Trends in plant sci. 10(12): 594-602.
Ingrosso, G. 2002. Free radical chemistry and its concern with indoor air quality: an open problem. Microchemical Journal. 73: 221-236.
Jasper, J. 1958. Report of committee on methods of clinical exam in EEG. Electroencephal Clin Neurophysiol. 10: 370-375.
Kininmonth, J. and L. Whitehouse. 1991. Properties and Uses of New Zealand Radiata Pine. Forest Res. Inst. Rotorua, NZ. 1: 216.
Lee H. Y., S. B. Park, S. M. Lee and S. Y. Park. 2008. Improvement of indoor air quality by wooden wall panels. 2008 International symposium and annual meeting of the KSABC. p.140.
Lorig, T. S. 2000. The application of electroencephalographic techniques to the study of human olfaction : a review and tutorial. Int. J. Psychophysiol. 36: 91-104.
Osgood, C. E. and G. J. Suci. 1957. Factor analysis of meaning. In J. G. Snider & C. E. Osgood (Ed.), Semantic Differential Technique. Chicago: Aldine Publishing Co.