

## 삼나무 건조 중 발생하는 휘발성 유기화합물 Terpenoids의 분석\*1

이수연\*2 · 광기섭\*2 · 김선홍\*2 · 이전제\*2 · 여환명\*2 · 최인규\*2†

### Analysis of Terpenoids as Volatile Compound Released During the Drying Process of *Cryptomeria japonica*\*1

Su-Yeon Lee\*2 · Ki-Seob Gwak\*2 · Seon-Hong Kim\*2 · Jun-Jae Lee\*2 ·  
Hwanmyeong Yeo\*2 · In-Gyu Choi\*2†

#### 요 약

본 연구는 삼나무의 건조 중 발생하는 Volatile Organic Compounds (VOCs) 중 terpenoids 성분을 분석하기 위해 thermal extractor를 이용하였다. 기존의 건조 조건을 고려하여 27°C, 60°C, 80°C, 100°C, 120°C에서 실험을 실시한 결과 온도 조건이 높아질수록 VOCs와 terpenoids의 방산량이 증가하였다. 방산된 VOCs 중 terpenoids 화합물이 차지하는 비율은 각각의 온도에 대해 87.5%, 81.6%, 83.6%, 90.1%, 97.3%로 특히 100°C와 120°C에서는 90% 이상의 높은 비율을 차지하였다. 상대적으로 가장 높은 비율을 차지하고 있는 성분은  $\delta$ -cadinene이었으며 이 외에도 총 32종류의 다양한 terpenoids 성분이 검출되었다. 특히 방산된 성분들은 모두 탄소 15개로 이루어진 sesquiterpene 류에 속하는 성분으로서 삼나무를 이루는 주요 성분임을 확인하였다. 방산된 sesquiterpenes 화합물의 이용을 모색하고자 피부사상균에 대한 항진균 활성을 한천희석법을 이용하여 평가해 보았다. 그 결과 공시 균주 *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporium gypseum*에 대해 모두 활성을 나타냈다. 시료의 농도가 5000 ppm일 때에는 3 균주에 대해 모두 100%의 활성을 나타냈으며 1000 ppm일 때에는 95.2%, 98.7%, 97.3%의 활성을, 100 ppm일 때에는 90.5%, 43.6%, 85.9%의 활성을 각각 보였다.

\* 1 접수 2010년 1월 15일, 채택 2010년 4월 7일

\* 2 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부, Dept. of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 최인규(e-mail: cingyu@snu.ac.kr)

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the terpenoids of Total Volatile Organic Compounds (VOCs) released during drying of *Cryptomeria japonica* using the thermal extractor (TE). Considering the drying process of *C. japonica*, temperatures of TE were set at 27°C, 60°C, 80°C, 100°C, and 120°C, respectively. As the result, the emission factors of VOCs and terpenoids were increased as temperature increased. The amount of terpenoids included in VOCs emission factors were 87.5%, 81.6%, 83.6%, 90.1%, and 97.3% depending on above temperatures, respectively. Especially at 100°C and 120°C, the amount of terpenoids were measured more than 90%.  $\delta$ -cadinene was the highest yield at each temperature and 32 types of terpenoids were collected. Emitted terpenoids were classified into the sesquiterpene group which consists of 15 carbon sources. These 32 sesquiterpenes were used for determining the useful bioactivity such as antifungal activity by the agar dilution. As the result, they showed the antifungal activity against *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum gypseum*. The 5,000 ppm concentration of terpenoids showed a strong activity with 100% against the 3 fungi. At the 1,000 ppm concentration of terpenoids, the antifungal activities against three fungi were 95.2%, 98.7%, and 97.3%, and their activities were a little inhibited at 100 ppm concentration.

**Keywords:** *Cryptomeria japonica*, VOCs, terpenoids, sesquiterpene,  $\delta$ -cadinene, antifungal activity

## 1. 서 론

삼나무(*Cryptomeria japonica*)는 일본 원산의 상록 교목으로 제주도 지방과 남부지방에 널리 분포되어 있는 수종이다. 현재 삼나무는 내장재, 가구재, 도로용 깔개 등으로 이용되고 있으며 추출성분에 의한 생리 활성 등 목재의 부가가치를 높이기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다(Kofujita *et al.*, 2001; Matsushita *et al.*, 2006). 삼나무 원목을 내장재나 가구재로 이용하기 위해서는 목재 내의 수분을 제거하는 공정 즉 건조 과정을 반드시 거치게 된다. 목재는 건조 과정을 통해 뒤틀림, 수축, 할렬, 변색, 충해 등의 피해를 최소화 할 수 있는데 만약 목재를 정식 건조하지 않을 시 사용 중 건조결함이 발생하여 심각한 손상을 초래할 수 있다(McDonald *et al.*, 2002). 삼나무가 가장 널리 분포되어 있는 제주도 지방의 건조 과정을 살펴보면 일반적으로 온도와 습도를 조절하여 건조시키는 열기건조법을 이용하고 있다. 열기 건조법은 건조실 내 공기의 온도, 습도와 풍속을 완전히 조절

하는 방법으로서 열손실과 열전달의 효율성을 제고 하기 위해 최고온도 82~93°C에서도 건조시킨다. 최근에는 건조시간 단축, 에너지 절약 등의 효과를 고려하여 건구 온도가 100°C를 넘는 고온 열기건조 방법이 침엽수와 활엽수 건조에 사용되고 있다(정 등, 2008).

그런데 목재의 열기 건조 중에 많은 휘발성 유기 화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds)들이 방산 된다는 주장이 보고되고 있다(Crinn *et al.*, 1983; McDonald and Wastney 1995). 건조 과정에 어떠한 약품도 첨가하지 않는 점과 온도를 높이기 위해 열을 가한다는 점을 고려해 볼 때 VOCs가 목재로부터 방산되는 것이라 예상할 수 있다. VOCs는 기타 산업적인 공정을 통해서도 다량 발생하는데 여기에는 포름 알데히드, 벤젠, 페놀 성분들이 다량 속해 있어 대기를 오염시키는 인자로 인식되어 문제가 되고 있다. 하지만 목재 건조 중 발생하는 VOCs 성분에는 terpenoids 화합물들이 많은 부분을 차지하고 있다는 연구들이 보고되고 있다(Englund and Nussbaum,

2000; McDonald *et al.*, 2002). 침엽수 Southern pine 제재목을 115°C에서 고온 열기건조 시킨 결과 휘발성분 중 monoterpenes이 90~95%를 차지하였으며(Ingram *et al.*, 1995) 최근 스웨덴에서는 침엽수 Scot pine과 Norway spruce를 60~65°C로 열기건조를 시킨 결과 acetic acid, formic acid 등의 화합물과 함께 monoterpene이 VOCs에 90% 이상 포함되어 있었다(Englund and Nussbaum, 2000).

Monoterpene을 기본으로 하여 다양한 구조를 이루는 terpenoids는 식물에서 자연 발생하는 이차 대사산물로서 식물 스스로의 생존을 지키고 외부로부터 방어해주는 보호물질로 알려져 왔다(McGarvey and Croteau, 1995; Harborne *et al.*, 1991). 하지만 최근까지 밝혀지는 수 많은 연구결과들에 의하면 terpenoids는 식물 자신의 보호기능을 넘어 인간에게 항염, 항바이러스, 항 박테리아, 면역기능 강화, 진정, 항 알레르기, 방부제 효과 등 유용한 생리활성 효과를 가진다고 보고되고 있어 고부가가치 산업에서 각광을 받고 있는 물질이다(McGarvey and Croteau, 1995; Soliman *et al.*, 1994; Vila *et al.*, 1999). 이러한 terpenoids 화합물의 유용성이 밝혀지고 있지만 현재 삼나무 건조 과정에서는 건조 중 발생하는 terpenoids 화합물이 포함된 VOCs가 따로 포집되지 않고 그대로 공기 중에 방산하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실험실 규모에 맞춰 thermal extractor를 통한 terpenoids 화합물을 분석하고 방산된 terpenoids 화합물의 이용을 모색하고자 피부사상균에 대한 항진균 활성을 평가하여 천연항진균제로서의 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구에 사용된 수종은 제주도에서 생육한 삼나무를 대상으로 하였으며, 서귀포 산림조합 목재가공 공장 에서 제재하였다. 제재한 원목을 심재(heartwood), 번재(sapwood)로 나누어 20 × 10 × 5 mm 크기로 chipping하였다. Chipping된 시료는 수분의 손실을 최소화하기 위해 4°C에서 밀봉 냉장보관 하였다.

### 2.2. Thermal Extractor (TE) 분석

Thermal Extractor (TE) 분석은 소량의 시료를 이용하여 시료로부터 방산되는 휘발성 유기화합물 VOCs (Volatile Organic Compounds)를 포집할 수 있다. Thermal Extractor (TE)를 지정한 온도 27, 60, 80, 100, 120로 가열시킨 후 가열된 thermal extractor chamber에 Chipping된 심재, 번재 각각의 시료(20 × 10 × 5 mm)가 들어있는 유리관을 삽입하였다. 삽입 후 시료로부터 방산되는 휘발 성분은 10분 동안 포집하였고 포집량은 0.5 ℓ로 실시하였다. 이 때 시료로부터 방산된 휘발성 유기화합물은 flowing gas인 고순도 질소(N<sub>2</sub>)에 의해 tenax tube (Supelco, 17.8 cm)에 흡착하였다. Tenax tube는 수분이 제거된 휘발성 유기화합물을 흡착시키고 이후 열 탈착식 가스 크로마토 질량분석기(TDS-GC-MSD, Thermal Desorption Gas Chromatograph Mass Spectrometer)에 의해 흡착된 성분들을 분석하였다.

### 2.3. TDS-GC-MSD

GC (model-Agilent 6890) column은 HP-VOC (60.0 m × 320 μm × 1.8 μm)를, carrier gas는 헬륨을 사용하였다. 온도 조건은 injector 220°C, detector 250°C이었으며, oven 온도는 초기온도 50°C에서 5분간 유지시킨 후 5°C/min씩 승온시켜 최종온도 250 °C까지 상승시킨 후 10분간 유지하였다. Split ratio는 30:1을 사용하였고 mass range는 35~350 m/z이고 EI mode로 분석하였다. 얻어진 시료 피크의 mass data와 표준 library data와의 비교를 통하여 피크의 화합물 구조를 확인하였다.

### 2.4. 응축액 분리

삼나무로부터 휘발된 성분들에 대해 생리활성을 평가하기 위해 cleverger type의 기기를 이용, 증기 증류법으로 응축액 형태의 휘발성분들을 포집하였다. 20 × 10 × 5 mm 크기로 chipping된 심재와 번재 500 g에 증류수 1 ℓ를 첨가하여 100°C의 온도에서 10시간 동안 가열 하여 삼나무 응축액을 포집하였

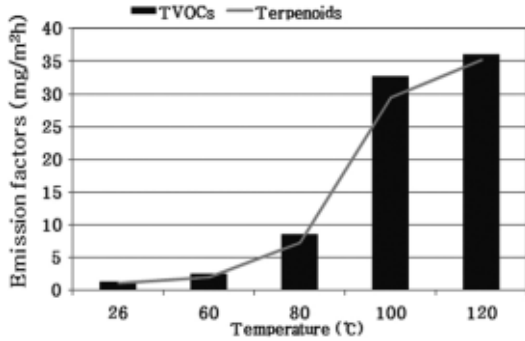


Fig. 1. Emission factors of VOCs and terpenoids released during drying of *C. japonica* in the TE.

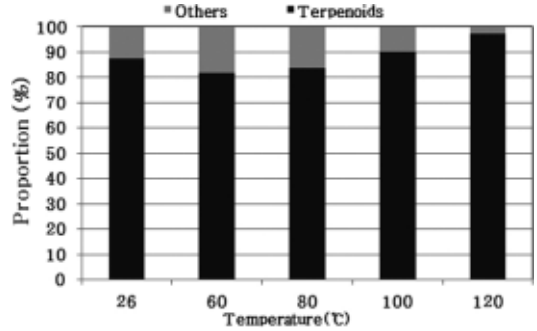


Fig. 2. The relative proportion of terpenoids included in VOCs emission factors.

다. 응축액은 ethyl acetate를 100 ml씩 첨가하여 3회 추출하였고 rotary evaporator를 통해 농축시킨 뒤 sodium sulfate를 이용해 수분을 제거해준 다음 생리 활성 평가를 위해 5°C에서 보관하였다.

## 2.5. 항진균 활성

생리활성 중 항진균 활성 측정을 위해 사용된 균주는 피부사상균으로서 *Trichophyton mentagrophytes* (KCCM 11950), *Trichophyton rubrum* (KCCM 60443), *Microsporum gypseum* 3종을 사용하였다. 각각의 균은 Sabouraud Dextrose Agar (SDA)배지에 도말한 후 26°C에서 선배양시켜 4°C에서 보관하였다. 항진균 활성을 측정하기 위해 한천희석법(agar dilution)을 이용하였다.  $\phi$  50 mm petridish에 최종농도가 100, 1,000, 5,000 ppm이 되도록 각각의 추출물을 SDA 배지에 희석시켜 배지를 만들었다. 그리고 선배양시킨 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *M. gypseum*를 4 mm borer로 뚫어 각각의 plug을 추출물이 함유된 SDA 배지에 접종시켜 26°C에서 배양시켰다. 대조구의 균사 생장이 완료된 후 다음의 식을 이용하여 항진균 활성을 비교하였다.

항진균 활성(%)

$$= \left[ \frac{\{\text{대조구의 균사 성장환 직경(mm)} - \text{처리구의 균사 성장환 직경(mm)}\}}{\text{대조구의 균사 성장환 직경(mm)}} \right] \times 100$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. VOCs와 Terpenoids의 방산량

Thermal Extractor (TE)를 통해 삼나무로부터 방산되는 VOCs의 양을 측정한 결과 온도 조건 27, 60, 80, 100, 120°C에서 1.30, 2.47, 8.64, 32.70, 36.0 mg/m<sup>2</sup>h이 방산되어 온도가 높아짐에 따라 방산량도 증가하는 양상을 보였다(Fig. 1). 방산된 VOCs 중 terpenoids 화합물들이 차지하는 양은 각각의 온도에서 0.95, 1.73, 7.17, 29.47, 35.12 mg/m<sup>2</sup>h로 VOCs 방산과 마찬가지로 온도가 증가함에 따라 방산량 또한 증가하였다. 특히 80°C에서 100°C로 온도가 증가함에 따라 VOCs와 terpenoids의 방산량이 급격히 증가함을 보였는데 이는 Table 1에서 확인할 수 있듯이 80°C에서 100°C로 온도의 증가로 인해 끓는점이 높은 새로운 물질들이 방출되었기 때문이라 판단된다. 이를 비율로 나타내면 VOCs 중 terpenoids가 각각의 온도에서 87.5, 81.6, 83.6, 90.11, 97.33%를 차지하고 있으며 특히 100°C 이상의 온도에서는 terpenoids 화합물이 90% 이상의 높은 비율을 차지하고 있다(Fig. 2).

이처럼 목재의 건조 과정 중 방산되는 VOCs 중 terpenoids 성분이 높은 비율을 차지한다는 결과가 이전의 연구들에 의해서도 밝혀진 바 있다(Englund and Nussbaum, 2000; McDonald *et al.*, 2002). Norway spruce 제재목을 60~65°C로 건조한 결과 목재의 0.04~0.006%에 해당하는 VOCs가 방산되어

Table 1. The relative proportion (% of VOCs) and the retention time of individual compounds emitting from *C. japonica* in TE

Compounds	Relative proportion (%), (Retention time, min)				
	27°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Bicyclo-sesquiphellandrene	5.35(48.08)		6.09(46.51)	8.8(48.09)	4.11(46.68)
Cadina-1,4-diene	3.48(49.40)	1.97(49.52)	3.05(49.34)	3.5(49.40)	0.97(53.58)
Calacorene	0.60(50.20)	0.96(50.30)	0.57(51.01)	0.71(50.19)	0.19(49.71)
Calamenene	8.97(11.67)	6.11(49.10)	11.25(48.91)		5.22(49.10)
Caryophyllene	3.60(44.81)		1.78(44.76)	4.02(44.81)	1.01(44.91)
Copaene	2.39(42.67)	1.10(45.98)	0.98(42.63)	2.81(42.67)	0.61(42.76)
Curcumene		1.10(46.19)			3.40(46.18)
D-Germacrene	2.38(45.86)	5.23(43.12)		0.60(52.42)	0.18(44.61)
Elemol					6.67(50.17)
Epizonaren					
Eremophilene			2.68(47.74)		
Farnesene					
Murolene		5.47(47.67)	9.68(47.49)		
Trans- $\gamma$ -cadinene				1.12(54.00)	
Valencene				1.56(50.07)	1.79(53.91)
Viridiflorene				1.00(54.82)	
$\alpha$ -amorphene				0.30(46.81)	7.00(47.67)
$\alpha$ -cadinene				13.09(47.56)	
$\alpha$ -cadinol					
$\alpha$ -colocarene					
$\alpha$ -copaene					
$\alpha$ -cubebene	10.74(41.39)	2.30(41.48)	2.22(41.35)	30.66(48.85)	10.03(41.47)
$\alpha$ -curcumene			2.15(46.03)	0.43(46.10)	
$\alpha$ -eudesmol		4.01(54.93)	5.92(54.77)		10.51(54.93)
$\alpha$ -humulene	3.60(46.27)		1.86(46.21)	3.05(46.26)	
$\beta$ -bisabolene		8.50(48.07)	1.29(47.06)	0.75(47.13)	12.35(47.23)
$\beta$ -cubebene	2.68(43.03)			6.99(43.02)	
$\beta$ -eudesmene					
$\beta$ -elemene			3.48(42.92)		
$\beta$ -maaliene				0.27(53.72)	
$\delta$ -cadinene	24.77(46.58)	35.05(47.24)	17.78(48.48)	15.74(48.56)	21.52(47.93)
$\delta$ -gurjunene			5.49(50.00)		

이 중 90% 이상이 monoterpene이었으며(Broege *et al.*, 1996), Southern pine을 82°C와 112°C에서 열기 건조한 결과 목재의 0.27%에 해당하는 VOCs가 방산

되었는데 그 중  $\alpha$ -pinene과  $\beta$ -pinene이 90% 이상 차지한다는 보고도 있다(Englund and Nussbaum, 2000). 본 연구를 통해 27°C 이상에서 삼나무로부터

terpenoids 화합물들이 방산된다는 사실을 확인하였으며 방산되는 VOCs 중 terpenoids가 차지하는 비율이 높아 실제 건조 중 발생하는 VOCs 중 terpenoids가 상당부분을 차지할 것이라 예상된다.

### 3.2. 온도별 방산되는 Terpenoids 성분 비교

삼나무로부터 방산된 terpenoids 화합물에 대해 TDS-GC-MSD를 이용하여 정성분석을 실시한 결과 총 32 종류의 terpenoids 성분이 검출되었다. 특히 온도가 증가함에 따라 각각의 온도별로 새로운 성분들이 검출되었는데 상온의 온도 조건 27°C에 비해 60°C에서는 curcumene, murrolene,  $\alpha$ -eudesmol,  $\beta$ -bisabolene이 80°C에서는 eremophilene,  $\alpha$ -curcumene,  $\beta$ -elemene,  $\delta$ -gurjunene이 100°C에서는 trans- $\gamma$ -cadinene, valencene, viridiflorene,  $\alpha$ -amorphene,  $\alpha$ -cadinene,  $\beta$ -maaliene이 120°C에서는 elemol이 새롭게 방산되었다(Table 1). 앞서 언급한 방산량과 비교해 보았을 때, 100°C에서 가장 많은 방산량과 물질이 새롭게 생성됨을 보아 terpenoids 방산에 가장 큰 영향을 미치는 온도일 것이라 판단되었다. 새롭게 생성되는 물질이 있었던 반면 온도에 따라 검출되지 않는 물질도 발견되었다. 60°C와 80°C에서 방산되었던 eremophilene, murrolene,  $\beta$ -elemene,  $\delta$ -gurjunene이 100°C, 120°C에서는 검출되지 않았으며 이는 이성분들이 80°C 이상에서는 흡착되지 않고 높은 온도로 인해 공기 중에 휘발되었을 것이라 판단된다. 검출된 총 32종류의 성분 모두 15개의 탄소로 이루어진 sesquiterpene 류에 속하고 있다. 앞서 밝혀졌던 연구들에 의하면 목재 건조 중 발생하는 terpenoids 성분들은 주로 monoterpene이 높은 비율을 차지한다고 보고되었지만(Cronn *et al.*, 1983; Milota and Lavery, 2003), 본 연구에서는 monoterpene 성분은 검출되지 않았으며 모두 sesquiterpene 화합물이었다. 일반적으로 monoterpene의 끓는점이 sesquiterpene보다 낮아 60°C 이상의 건조 조건에서는 초기에 sesquiterpene보다 먼저 손실된다는 보고가 있었지만(Milota, 2000), 본 실험의 상온에 해당하는 27°C의 결과에서도 monoterpene은 검출되지 않았다. 이는 삼나무 목부를 이루는 주요성분이 sesquiterpene화합

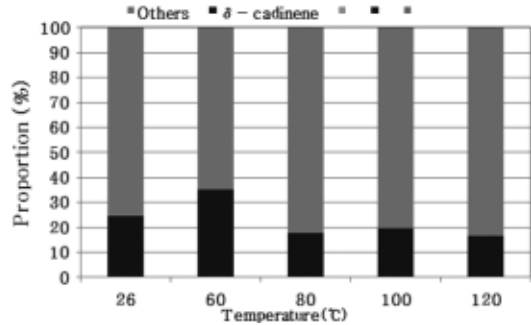


Fig. 3. The relative proportion of terpenoids included in VOCs emission from *C. japonica*.

물임을 예측할 수 있으며 이전 연구에 의하면 sesquiterpenes가 삼나무의 수피, 잎, 변재, 심재에 각각 36.33, 45.16, 49.61, 95.90%를 차지한 반면 monoterpene은 수피와 잎에서만 37.63%, 8.38%를 차지하였고 변재와 심재에서는 각각 0.00%를 차지한다고 보고되었다(Wang *et al.*, 2005). 일반적으로 식물에 함유되어 있는 sesquiterpene은 monoterpene에 비해 함유량도 적고 인공적으로도 합성하기 어려워 사용에 제한이 따르고 있지만 구조의 종류가 다양하고 물질이 갖는 작용과 효능이 monoterpene에 비해 다양하고 광범위하다고 알려져 있다(Mohamed *et al.*, 2001). 본 연구에서는 삼나무 목부를 이루고 있는 32종류의 sesquiterpene 화합물을 확인하였고 화합물이 가지는 효능을 알아보기 위해 항진균 활성 평가를 실시해 보았다.

### 3.3. $\delta$ -Cadinene의 함량 변화

$\delta$ -Cadinene은 주어진 온도 조건 27, 60, 80, 100, 120°C에서 방산되는 terpenoids의 24.7, 35.0, 17.7, 15.7, 21.5%를 차지하여 각각의 온도별로 상대적으로 가장 높은 함량을 차지하고 있다(Fig. 3). 60°C에서 가장 높은 비율을 차지하지만 80°C 이상에서는 그에 비해 낮은 비율을 차지하였다. 이는 60°C 이상으로 온도가 높아짐에 따라 더 많은 종류의 terpenoids 화합물이 방산되었기 때문이라 판단된다(Table 1).  $\delta$ -Cadinene의 방산량을 비교해본 결과 각각의 온도에서 0.05, 0.87, 1.54, 4.75, 8.60 mg/m<sup>2</sup>h로 VOCs,

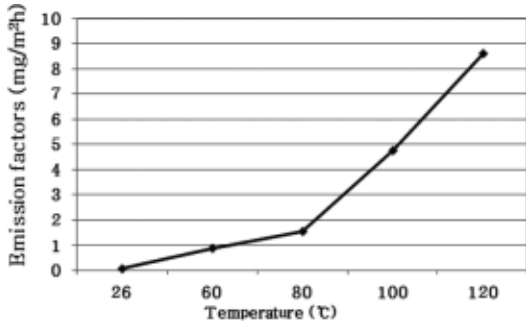


Fig. 4. The emission factors of  $\delta$ -cadinene included in VOCs emission from *C. japonica*.

terpenoids와 같이 온도가 증가할수록 방산량도 증가하였다(Fig. 4).  $\delta$ -Cadinene은 삼나무로부터 방산된 다른 terpenoids와 마찬가지로 sesquiterpene 류에 속하는 성분으로 삼나무 이외에도 편백, *Atlas cedar*, *sandalwood* 등 다양한 식물에 포함되어 있는 성분으로 알려져 있다. 이처럼 다양한 식물에 포함되어 있는  $\delta$ -cadinene은 구강박테리아 *Staphylococcus epidermidis*, *Fusobacterium nucleatum*을 포함한 15종에 대해 상당한 억제 활성을 보였으며(김 등, 2004) *Salvia tomentosa*로부터 추출된 essential oil은  $\delta$ -cadinene을 주성분으로 하여 *Pseudomonas aeruginosa*에 대해 항박테리아 활성을 나타낸다는 보고도 있다(Haznedaroglu *et al.*, 2001). 이처럼 기존의 연구들을 통해 유용성이 입증된  $\delta$ -cadinene을 현재 삼나무 건조 과정 중 포집할 수 있는 방법이 강구된다면 목재 건조 이외의 부가적인 가치를 가지게 될 것이라 사료된다.

### 3.4. 응축액의 항진균 활성

삼나무를 이루고 있는 sesquiterpenes 화합물의 항진균 활성을 평가하기 위해 cleverger type의 기기를 이용하여 100°C에서 응축액을 얻어낸 뒤 한천희석법으로 피부사상균에 대해 활성을 평가한 결과 공시 균주 3개에 대해 모두 활성을 보였다. 우선 응축액의 농도가 5000 ppm일 때 3 균주에 대해 모두 100% 활성을 나타내었다. Fig. 6을 통해 무 처리한 대조구에 비해 균사가 전혀 자라지 않음을 확인할 수 있다. 농도가

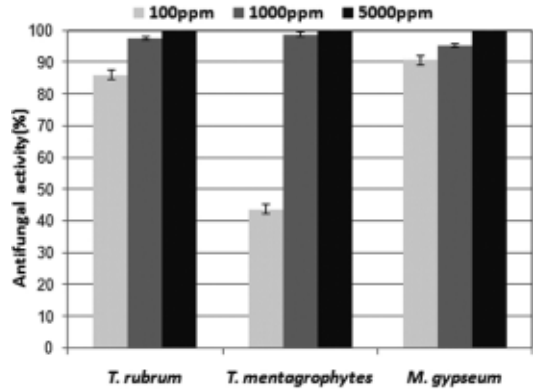


Fig. 5. Antifungal activities from condensed liquid of *C. japonica* by agar dilution.

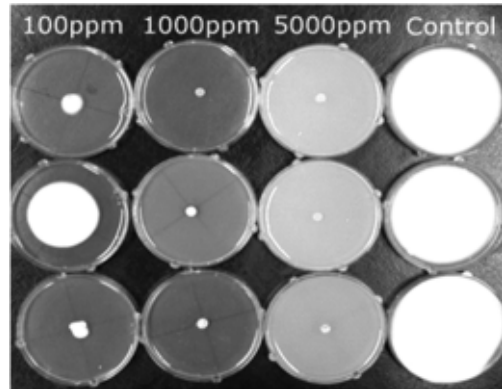


Fig. 6. Antifungal activities from condensed liquid against dermatophytes (top: *T. rubrum*, middle: *T. mentagrophytes*, bottom: *M. gypseum*).

1000 ppm일 때는 *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *M. gypseum*에 대하여 95.24, 98.72, 97.37%의 활성을 나타냈으며 100 ppm일 때는 각각 90.54, 43.68, 85.90%의 활성을 나타내었다(Fig. 5).

*T. mentagrophytes*에 대해 가장 낮은 활성을 나타냈지만 이를 제외한 나머지 두 균주에 대해서는 모두 90% 이상의 우수한 활성을 나타내었다. 본 연구를 통해 피부사상균에 대해 항진균 활성을 확인하였으며 이전에 보고된 바에 따르면 피부사상균 외에 여러 가지 병원균에 대해 항진균 활성이 있다는 보고도 이뤄진바 있다(Su *et al.*, 1996; Nagahman *et al.*,

2001). 삼나무 심재로부터 추출된 terpenoids 성분이 식물 병원균 *Collectotrichum gloeosporioides*, *Ganoderma australe*, *Fusarium solani*에 대해 항진균 활성을 보였고(Cheng *et al.*, 2005), 수피로부터 추출된 정유 성분 중 ferruginol이 *Lentinula edodes*의 생장을 저해시켰다(Kawachi *et al.*, 1991; Matsui *et al.*, 2001; Nakajima *et al.*, 1980). 이번 실험에 사용된 응축액 성분은 삼나무의 목부로부터 추출한 성분으로 앞서 thermal extractor 분석에 의해 대다수 성분이 sesquiterpene 화합물로 이루어짐을 확인하였다(Table 1). Sesquiterpenes가 다양한 항진균 활성을 보인다는 연구들이 보고되고 있다. 편백나무로부터 추출된 정유 성분 중 sesquiterpene에 해당하는  $\alpha$ -cedrol, nerolidol,  $\beta$ -eudesmol이 피부사상균에 대해 항진균 활성을 나타냈으며(곽 등, 2006), *Eugenia dysenterica*의 잎에서 추출된 주성분 polygodial, arburganal는 sesquiterpene 류로서 *Candida albicans*에 대해 항진균 활성을 보였다(Costa *et al.*, 2000). 이러한 결과들에 비추어 볼 때 삼나무로부터 추출된 응축액 성분에 포함되어 있는 다양한 sesquiterpene 화합물들이 피부사상균에 대해 높은 항진균 활성을 나타냈다고 판단된다. 활성을 띠는 성분에 대한 구체적인 단리와 동정에 관한 연구가 이루어진다면 삼나무 응축액 성분이 천연 항진균제로서의 가치를 가지게 될 것이라 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 삼나무 건조 시 발생하는 terpenoids를 분석하기 위해 thermal extractor를 이용하였다. 그 결과 총 32종류의 다양한 sesquiterpenoids 화합물들이 방산되었으며 특히 온도가 상승할수록 terpenoids의 방산량이 증가하였고 그 중  $\delta$ -cadinene이 상대적으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 삼나무 목재 내 다른 terpenoids 류의 존재 여부에 대해 좀 더 정확한 측정이 필요할 것으로 판단된다. 또한  $\delta$ -cadinene을 주성분으로 하는 삼나무의 sesquiterpenes 화합물의 이용에 대해 모색해 보고자 피부사상균에 대한 항진균 활성을 평가하였다. 그 결과 공시 균주 *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *M. gypseum*에 대하

여 높은 항진균 활성을 나타냈다. 이와 같은 결과들로부터 삼나무로부터 방산된 terpenoids 화합물의 천연 항진균제로서의 가능성을 확인할 수 있었으며 현재 삼나무 건조 과정 중에 방출되는 terpenoids 화합물을 따로 포집할 수 있는 방법이 강구된다면 삼나무 목재가 가지는 부가적 가치가 증대될 것이라 기대된다.

## 사 사

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S120708L100130)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

## 참 고 문 헌

1. 광기섭, 박미진, 정외배, 장제원, 최인규. 2006. 피부사상균에 대한 편백정유의 mono- 및 sesqui-terpene 항진균 활성 비교, 목재공학. 34(3): 46~55.
2. 김경현, 김백철, 신철균, 정성일. 2004. 구강 박테리아의 인진호 정유에 대한 감수성, 대한한의학회지. 25(4): 121~128.
3. 정희석, 강호양, 박정환, 이남호, 이형우, 강준원, 여환명. 2008. 목재건조학, 서울대학교 출판부, 서울.
4. Broege, M, K. Aehlig, and M. Scheithauer. 1996. Emissionen aus Schnittholz trocknern, Institut für Holztechnologie Dresden.
5. Cheng, S. S., H. Y. Lin, and S. T. Chang. 2005. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from different tissues of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*), J. Agric. Food Chem, 53: 614~619.
6. Costa, T., O. Fernandes, S. Santos, C. Oliveira, L. Liao, P. Ferri, J. Paula, H. Ferreira, B. Sales, and M. Silva. 2000. Antifungal activity of volatile constituents of *Eugenia dysenterica* leaf oil, Journal of ethnopharmacology 72: 111~117.
7. Cronn, D. R., S. G. Truuy, and M. J. Campbell. 1983. Chemical characterisation of plywood veneer dryer emissions, Atmospheric Environment 7: 201~211.
8. Englund, F. and R. Nussbaum. 2000. Monoterpenes in Scots pine and Norway spruce and their emission during kiln drying, Holzforschung 54: 449~456.



9. Haznedaroglu, M., N. Karabay, and U. Zeybek. 2001. Antibacterial activity of *Salvia tomentosa* essential oil, *Fitoterapia* 72: 829~831.
10. Ibrahim, M., P. Kainulainen, A. Aflatuni, K. Tiilikkala, and J. Holopainen. 2001. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests (Review), *Agricultural and food science in Finland* 10:243~260.
11. Ingram, L., F. Taylor, and M. Templeton. 1995. Volatile organic compound emissions from Southern pine kilns, *Drying Pacific Northwest Species for Quality Markets Proceedings* 7292: 41~45.
12. Kawachi, S., S. Meguro, and S. Inada. 1991. Cultivation of shiitake (*Lentinus edodes*) on wood-meal medium of *Cryptomeria japonica*. Inhibitory effect of ferruginol on mycelial growth (in Japanese), *Mokuzai Gakkaishi* 37: 971~975.
13. Matsushita, Y., Y. Hwang, K. Sugamoto, and T. Matsui. 2006. Antimicrobial activity of heartwood components of sugi (*Cryptomeria japonica*) against several fungi and bacteria, *J. Wood Sci.* 52: 552~556.
14. Matsui, T., Y. Matsushita, K. Sugamoto, K. Ogawa, A. Kimiyama, and S. Muta. 2001. Mycelial growth inhibition of shiitake (*Lentinula edodes*) by several terpenoids isolated from sugi (*Cryptomeria japonica*) wood (in Japanese), *Mokuzai Gakkaishi* 47: 58~62.
15. McDonald, A., P. Dare, J. Gifford, D. Steward, and S. Riley. 2002. Assessment of air emissions from industrial kiln drying of *Pinus radiata* wood, *Holz als Roh-und Werkstoff* 60: 181~190.
16. McGarvey, D. and R. Croteau. 1995. Terpenoid metabolism, *The Plant Cell* 7: 1015.
17. Milota, M. Emissions from wood drying, *Forest Products Journal*, 50: 11.
18. Milota, M. R and M. R. Lavery. 2003. Temperature and humidity effects on emissions of volatile organic compounds from *ponderosa* pine lumber, *Drying Technology*, 21: 165~174.
19. Nagahama, S., H. Fujii, T. Sonoda, and M. Sasaki. 2002. Terpenoids of wood oil of sugi (*Cryptomeria japonica*) VIII, Components of kenkunisaki-5 and five others elite clones. *Mokuzai Gakkaishi* 48: 380~386.
20. Nakajima, K., T. Yoshimoto, and T. Fukuzumi. 1980. Substances inhibiting growth of shiitake mycelium in sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don) (in Japanese), *Mokuzai Gakkaishi* 26: 698~702.
21. Soliman F. M., E. A. El-Kashoury, M. M. Dathy and M. H. Gonaid. 1994. Analysis and biological activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L, *Egyptian Journal of Flavour and Fragrance* 9: 29~33.
22. Su, W. C., J. M. Fang, and Y. S. Cheng. 1996. Diterpenoids from leaves of *Cryptomeria japonica* phytochemistry, 41: 255~261.
23. Wang, S., C. Wu, F. Chu, S. Chien, Y. Kuo, L. Shyur, and S. Chang. 2005. Chemical composition and antifungal activity of essential oil isolated from *Chamaecyparis formosensis* Matsum wood, *Holzforschung* 59: 295~299.