

# 삼나무 흑심재 추출물의 피부사상균에 대한 항진균 활성\*1

이수연\*2 · 곽기섭\*2 · 이진제\*2 · 여환명\*2 · 최인규\*2†

## Antifungal Activity of Extracts from Black Heartwood of *Cryptomeria japonica* against Dermatophytes\*1

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

### 요약

본 연구는 삼나무 부위별 추출물들의 피부사상균 *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, *Microsporum gypseum*에 대한 항진균 활성을 평가하였다. 항진균 활성의 평가는 디스크확산법과 한천희석법을 사용하였고 활성 성분의 주성분을 확인하기 위해 GC/MS 분석을 실시하였다. 항진균 활성은 삼나무의 정상재와 흑심재 중 흑심재의 심재가 가장 높은 활성을 보였다. 활성 성분은 n-hexane과 chloroform를 전개용매로 이용하여 TLC를 실시하였다. TLC를 통해 분리된 활성 성분들에 대해 다시 항진균 활성을 측정한 결과 7번째 분획물이 가장 높은 활성을 나타내었다. 분획물에 대하여 GC/MS 분석을 실시한 결과 탄소개수 13개를 가지는 damascone에 탄소 2개가 더해진 sesquiterpene으로 예상되었다. 이밖에 elemol, eudesmol, hinokione 등도 검출되었다.

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the antifungal activity of extracts from different parts of *Cryptomeria japonica* against *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum* and *Microsporum gypseum*. Disc diffusion and agar dilution methods were used for determining the antifungal activity of extracts, and their major constituents were analyzed by GC/MS. Black heartwood extract among the extracts showed the highest antifungal activity against dermatophytes. TLC was used for fractionating the effective fraction from the black heartwood

\* 1 접수 2009년 1월 12일, 채택 2009년 2월 16일

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

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

extract with *n*-hexane and chloroform as developing solvents, and then antifungal activity of each fraction was examined against dermatophytes. As a result, seventh fraction showed the highest antifungal activity among nine fractions. The major constituent of the seventh fraction determined by GC/MS was expected to be sesquiterpene, damascone with 2 more carbon atoms. The other constituents were also identified as elemol, eudesmol and hinokione.

**Keywords:** *Cryptomeria japonica*, extract, antifungal activity, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, *Microsporum gypseum*

## 1. 서 론

삼나무는 일본 고유의 수종으로서 우리나라 남서부 지방과 제주도에 널리 분포되어 있으며 건축재와 가구재로써 널리 이용되고 있다. 이러한 산업적 이용 때문에 조림에 관한 연구나 강도적 성질에 관한 연구들이 진행되고 있다. 근래에는 추출성분들에 의한 생리활성 분야의 연구들도 활발히 진행되고 있다. 삼나무 수피로부터 추출된 성분들이 식물성 병원균을 억제시키고 작물의 성장을 촉진한다는 연구가 밝혀진 바 있다(Kofujita *et al.*, 2001). 또한 삼나무의 정유성분은 구강 박테리아에 대해 항균효과를 가지며(나 등, 2006) 흰개미에 대한 저항성을 가진다(Chang *et al.*, 2001). 삼나무 심재의 추출물들은 식물성 병원균 *Fusarium oxysporum*, *phytophthora capsici*에 대해서 항균효과를 가지고(Matsushita *et al.*, 2006), 이 밖에 삼나무로부터 추출된 성분들이 살충효과(Chen *et al.*, 2001) 등 다양한 생리활성을 지니고 있음이 밝혀져 있다. 하지만 진균의 일종인 피부사상균에 대한 생리활성 연구는 거의 이루어지지 않았다.

피부사상균이란 표피의 각질층, 모발, 손톱 및 발톱 등 각질에 기생하여 각질을 영양분으로 하여 생존하는 진균으로써 이들 각질에 감염을 일으켜 피부사상균증을 발병시킨다. 피부사상균에 의한 질병(피부사상균증)은 개, 고양이, 말 등과 같은 동물뿐만 아니라 사람에게도 감염된다. 전 세계 인구의 약 4분의 1이 감염될 정도로 사람들 사이에 가장 흔히 일어나는 질병이다(Male, 1990). 피부사상균은 세계적으로 42종이 알려져 있지만 우리나라는 현재까

지 *Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes*, *T. interdigitale*, *Microsporum canis*, *M. ferrugineum*, *M. gypseum*, *Epidermophyton floccosum* 등이 확인되었다(박 등, 1995). 1945~1950년 서울에서의 두부백선 환자를 대상으로 조사한 결과 *M. ferrugineum*이 74.4%로 대부분을 차지하였고 현재 우리나라에서 백선증 중에서 *T. rubrum*에 의한 발병이 약 85~90%를 차지하고 있으며 *T. rubrum* 다음으로 *T. mentagrophytes*가 많이 분리되고 있다(이와 김, 1984; 유 등, 1994; 박 등, 1995). 이러한 피부사상균에 의해 야기되는 피부사상균증을 치료하기 위해 imidazole, triazole, naftifine 등의 항진균제가 사용되고 있으나, 피부발진이나 가려움증, 국조적 작열감 등의 부작용이 발생하고 있다. 따라서 부작용이 적고 치료효과가 좋은 천연 항진균제가 필요하다.

삼나무는 목재 산업에서 다양한 용도로 이용되고 있으며, 때때로 심재 색깔에 의하여 제품에 영향을 받는다. 보통 적갈색의 심재를 가지지만 약 20%의 삼나무들은 흑색의 심재를 띠며 미관상의 이유로 우리나라나 일본에서는 일반 정상재에 비해 사용량이 낮다(Ishiguri *et al.*, 2003). 이러한 심재의 흑화현상에 대해 많은 연구들이 수행되고 있다. 물리적인 충격, 균의 감염, 유전적인 요소들, 빛의 노출 정도에 따라 흑화 현상이 발생한다고 보고되었으며(Arihara *et al.*, 2004b; Kubo *et al.*, 1998), 금속함유량과 수분함량에 따라 흑화현상이 진행된다고 보고되었다(Kubo *et al.*, 1998). 하지만 흑심재는 정상재에 비해 항진균 활성, terpene 함유량, 항균 활성이 더 높은 것으로 알려져 있다(Arihara *et al.*, 2004b).

본 연구에서는 삼나무의 정상재와 흑심재의 추출

물들로부터 피부사상균에 대한 항진균 활성의 차이점을 살펴보고 더 나아가 천연 항진균제로써의 가능성을 제시해 보고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구에 사용된 수종은 제주도에서 생육하고 있는 삼나무를 대상으로 하였으며, 서귀포 산림조합 목재가공공장에서 제재하였다. 제재한 원목을 정상재(normal wood; N)와 흑심재(blackend wood; B)로 분리하여 다시 심재(heartwood; HW), 변재(sapwood; SW), 수피(bark)로 나누어 20 mesh로 분쇄하였다. 공시균주로는 *Trichophyton mentagrophytes* (KCCM 11950), *Trichophyton rubrum* (KCCM 60443)를 한국미생물보존센터에서 분양받았으며, *Microsporum gypseum*은 충북대 수의대 동물병원에서 분양받아 사용하였다.

### 2.2. 추출 및 용매분획

20 mesh로 분쇄된 정상재와 흑심재의 심재, 변재, 수피를 각각 100 g씩 100%메탄올 1 l에 24시간 동안 실온에서 침지시켜 조추출물을 얻었으며 동일한 방법으로 3회 반복 실시하였다. 용매 추출후 얻어진 조추출물을 감압농축기를 이용하여 완전히 농축을 시켜 정상재와 흑심재의 심재, 변재, 수피 추출물을 얻어냈다.

### 2.3. 항진균 활성

항진균 활성 측정을 위해 사용된 균주는 피부사상균으로써 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *M. gypseum* 3종을 사용하였다. 각각의 균은 Sabouraud Dextrose Agar (SDA)배지에 도말한 후 26°C에서 선배양 시켜 4°C에서 보관하였다. 항진균 활성을 측정하기 위해 디스크확산법(disc diffusion)과 한천희석법(agar dilution)을 이용하였다.

우선 디스크확산법을 이용하여 정상재와 흑심재 각각의 심재, 변재, 수피의 추출물을 피부사상균에 대한 항진균 활성을 측정하였다.  $\phi$  50 mm petridish에 SDA 배지를 만들어 선배양 시킨 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *M. gypseum*을 각각 도말하고, 각각의 추출물을 1, 10, 20%의 농도로 50  $\mu$ l씩 8 mm paper disc에 흡수시켜 SDA 배지 위에 올려 놓고 26°C에서 배양하면서 항진균 활성을 측정하였다. 대조구의 균사 생장이 완료된 후, 다음의 식을 이용하여 항진균 활성을 비교하였다.

항진균 활성(%)

$$= \{ \text{처리구의 생육 저해환 직경(mm)} / \text{대조구의 균사 생장환 직경(mm)} \} \times 100$$

다음으로 한천희석법을 이용하여 정상재와 흑심재의 심재, 변재, 수피의 추출물을 피부사상균에 대한 항진균활성을 측정하였다.  $\phi$  50 mm petridish에 최종농도가 10, 100, 1,000 ppm이 되도록 각각의 추출물을 SDA 배지에 희석시켜 배지를 만들었다. 그리고 선배양 시킨 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*, *M. gypseum*를 4 mm borer로 뚫어 각각의 plug을 추출물이 함유된 SDA 배지에 접촉시켜 26°C에서 배양시켰다. 대조구의 균사 생장이 완료된 후 다음의 식을 이용하여 항진균 활성을 비교하였다.

항진균 활성(%)

$$= [ \{ \text{대조구의 균사 생장환 직경(mm)} - \text{처리구의 균사 생장환 직경(mm)} \} / \text{대조구의 균사 생장환 직경(mm)} ] \times 100$$

### 2.4. 항진균 활성 주성분 분획

항진균 활성에 관여하는 추출물 활성부분을 확인하고자 TLC를 이용하여 분획을 실시하였다. TLC 박판은 Merck사의 DC-Kieselgel 60 F<sub>254</sub>를 사용하였다. 추출물을 메탄올에 녹여 농도가 20% (w/v)가 되도록 만든 뒤 *n*-hexane과 chloroform (1 : 15, v/v)의 전개 용매로 전개를 하였다. TLC상에 전개

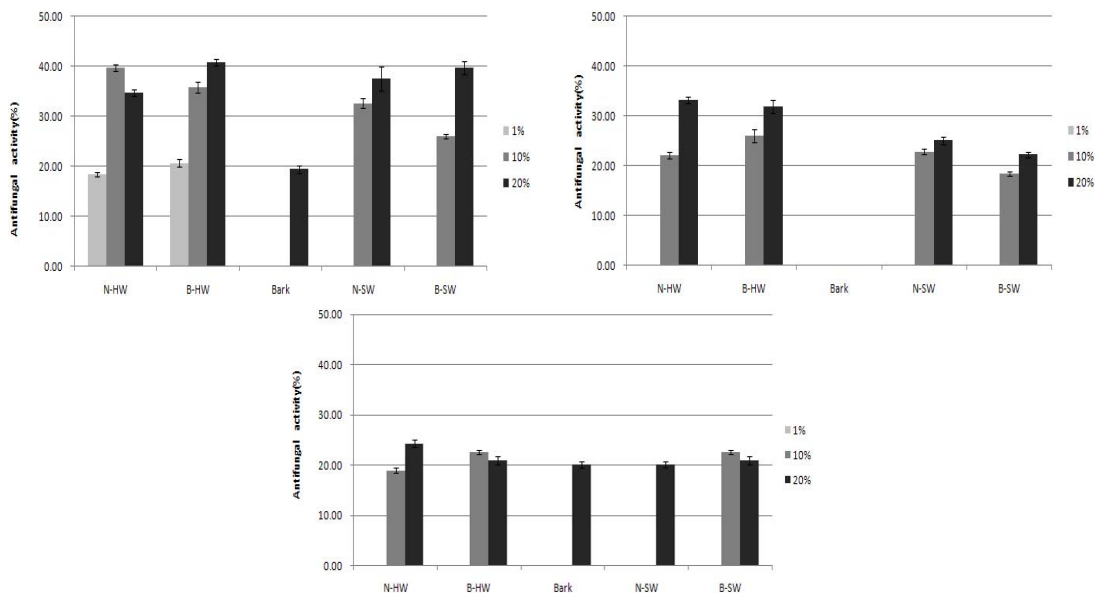


Fig. 1. Antifungal activities of extracts from different parts of *C. japonica* by disc diffusion method (N : normal wood, B : black wood, HW : heartwood, SW : sapwood ; top : *T. mentagrophytes*, middle : *T. rubrum*, bottom : *M. gypseum*).

된 화합물은 UV 램프(254 nm)로 관찰하여 확인한 후 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (v/v)으로 분무하고 가열 건조하여 색을 관찰하였다. 색깔별로 분리된 추출성분을 번호를 붙여 각 번호별 분획 부분을 끊어내어 100% 메탄올에 녹인 뒤 다시 항진균 활성을 측정하였다.

## 2.5. GC/MS 분석

항진균 활성이 가장 높은 분획의 주성분을 알아내기 위해 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 GC/MS 분석을 하였으며 그 조건은 다음과 같다. GC (model-agilent 6890) column은 DB-5MS를, carrier gas는 헬륨을 사용하였다. 온도 조건은 injector 250°C, detector 280°C이었으며, oven 온도는 초기온도 70°C에서 10분간 유지시킨 후 5°C/min씩 승온시켜 최종 온도 280°C까지 상승시킨 후 10분간 유지하였다. 얻어진 시료 피크의 mass data와 표준 library data와의 비교를 통하여 피크의 화합물 구조를 확인하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 디스크확산법에 의한 항진균 활성

디스크확산법을 이용하여 시료의 농도를 1, 10, 20%로 피부사상균 3종의 공시균주에 대한 항진균 활성을 평가해본 결과 정상재와 흑심재 모두 항진균 활성을 보였다. 대부분의 부위별 추출물들이 *T. rubrum*, *M. gypseum*에 비해 *T. mentagrophytes*에서 높은 항진균 활성을 보였다. 가장 높은 활성을 보인 부위는 흑심재 심재로써 농도가 20%일 때 *T. mentagrophytes*에 대하여 40.87%의 항진균 활성을 나타냈고 흑심재의 변재는 39.67%로 정상재 심재의 34.7%보다 높은 항진균 활성을 나타냈다. 정상재 심재의 경우 *T. mentagrophytes*에 대해서 시료의 농도가 1, 10, 20%일 때 18.42, 39.05, 34.78%의 항진균 활성을 각각 보인 반면, 변재의 경우 농도가 1%일 때는 항진균 활성을 띠지 않았고 농도가 10%일 때는 32.08%, 농도가 20%일 때는 33.55%의 항

삼나무 흑심재 추출물의 피부사상균에 대한 항진균 활성

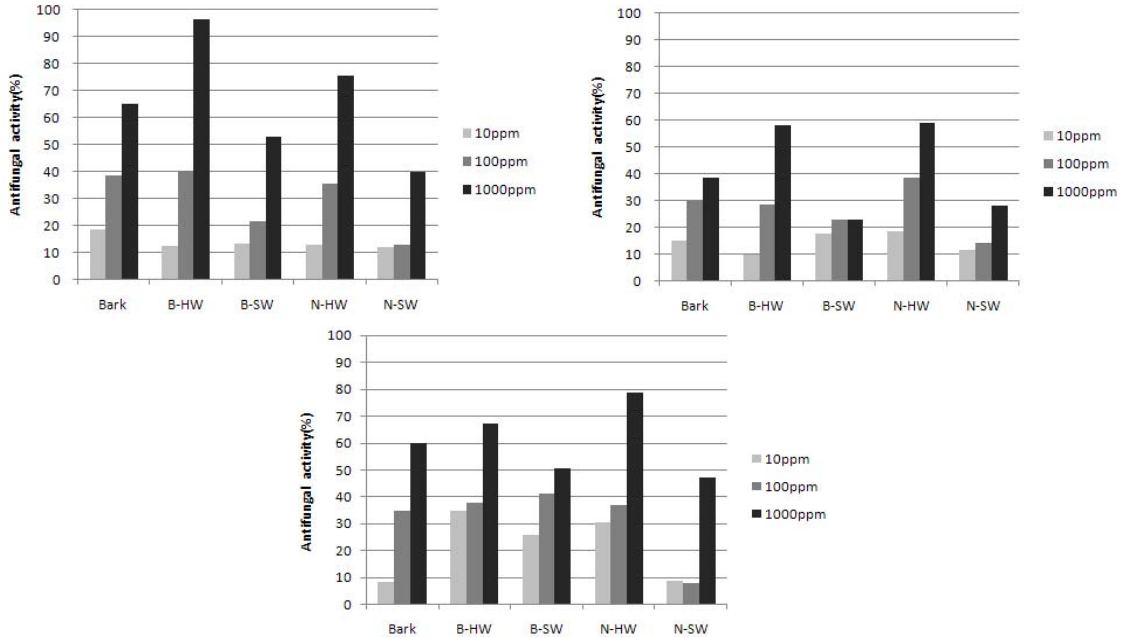


Fig. 2. Antifungal activity of extracts from different parts of *C. japonica* by agar dilution method (N : normal wood, B : black wood, HW : heartwood, SW : sapwood ; top : *T. mentagrophytes*, middle : *T. rubrum*, bottom : *M. gypseum*).

진균 활성을 보였다. 수피는 *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*에 대해서만 농도가 20%일 때 각각 9.76, 10.02%의 항진균 활성을 보였다(Fig. 1).

### 3.2. 한천희석법에 의한 항진균 활성

부위별 삼나무 추출물을 피부사상균 3종의 공시 균주에 대한 항진균 활성을 한천희석법으로 실험한 결과 정상재와 흑심재 모두 활성을 보였다. 우선 시료의 농도가 높을수록 항진균 활성이 높게 나타났다. 가장 높게 나타난 것은 흑심재의 심재로써 시료의 농도가 1,000 ppm일 때 *T. mentagrophytes*에 대해서 96.45%의 항진균 활성을 나타냈고 *T. rubrum*, *M. gypseum*에 대해서도 각각 58.19, 67.34%의 항진균 활성을 나타내었다. 정상재의 심재는 *M. gypseum*에 대해 가장 높은 항진균 활성을 보였는데, 시료의 농도가 1,000 ppm일 때 78.89%의 항진균 활성을 나타냈으며, *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*에

대해서도 각각 75.68, 59.09%의 항진균 활성을 나타내었다. 흑심재와 정상재의 심재 다음으로 수피의 항진균 활성이 높았다. 수피는 농도가 1,000 ppm일 때 *T. mentagrophytes*, *M. gypseum*, *T. rubrum*에 대해 60.05, 65.07, 38.61%의 항진균 활성을 나타냈다. 가장 낮은 효과를 보인것은 정상재와 흑심재의 변재로써 정상재 변재의 경우 농도가 100 ppm일 때 3가지 균에 대해 10% 내외의 항진균 활성을 나타냈고 *M. gypseum*에 대하여 8.0%의 가장 낮은 항진균 활성을 나타냈다(Fig. 2).

디스크확산법과 한천희석법을 비교해 보았을 때, 한천희석법이 더 높은 항진균 활성을 보여주었는데 수피의 경우, 디스크 확산법에서는 거의 항진균 활성이 나타나지 않은 반면, 한천희석법에서는 변재만큼의 항진균 활성을 확인할 수 있었다(Figs.1 and 2).

한천희석법과 디스크확산법 모두 피부사상균의 종류에 따라 삼나무 부위별 추출물들의 항진균 활성이 달라졌는데, 그 중 심재 추출물의 항진균 활성이

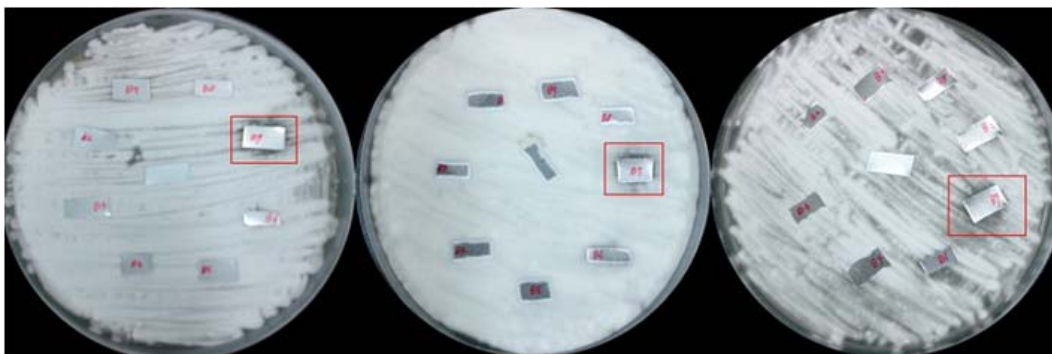


Fig. 3. Antifungal activities of fraction 7 (square) against dermatophytes (left : *M. gypseum*, middle : *T. mentagrophytes*, right : *T. rubrum*).

높게 나타났다. 이전의 연구 결과를 살펴보면, 삼나무의 부위별(심재, 변재, 수피) 정유 추출물 중에서 심재 부분이 식물 병원균인 *Rhizoctonia solani*, *Collectotrichum gloeosporioides*, *Ganoderma australe*, *Fusarium solani*에 대하여 가장 높은 항진균 활성을 보였다고 보고하였는데(Cheng *et al.*, 2005), 이러한 결과로부터 삼나무의 심재에는 피부사상균, 식물 병원균 등 다양한 진균에 대하여 높은 항진균 활성을 가지는 성분들이 함유되어 있다고 사료된다.

삼나무의 심재 외에 다른 부위별 추출물에서도 항진균 활성을 확인할 수 있다. 삼나무의 목질부와 수피에 함유된 ferruginol이 *Lentinula edodes*의 균사 성장을 저해시켰으며(Kawachi *et al.*, 1991; Matsui *et al.*, 2001; Nakajima *et al.*, 1980) 삼나무의 심재, 변재의 톱밥에서 분리한 sandaracopimarinol 또한 *L. edodes*의 성장을 저해시켰다(Matsui *et al.*, 2001). 또한 삼나무의 수피에서 분리한 ferruginol과 cryptoquinone은 여러 식물 병원균에 대하여 항진균 활성을 보였다(Kofujita *et al.*, 2001; 2002; Matsushita *et al.*, 2006). 이는 삼나무의 부위별 추출물들이 다양한 진균에 대하여 항진균 활성을 가지고 있으나, 함유된 성분의 종류에 따라서 항진균 활성을 보이는 균주에 차이가 있다는 것을 보여주는 것이다.

그런데 항진균 활성이 높은 심재 추출물의 경우, 흑심재와 정상재에서 항진균 활성의 차이를 확인할

수 있었다. 정상재와 흑심재의 심재에 함유된 성분을 비교해보면, muurolene, cadinol, cadinene 등의 비슷한 성분이 함유되어 있지만(Arihara *et al.*, 2004a; Cheng *et al.*, 2005), 흑심재에만 함유되어 있는 성분이 존재하며, 그 성분의 활성에 대한 연구가 진행된 바 있다. 흑심재의 심재로부터 (4S)-2,6,10-bisaboratrien-4-ol-1-one, 1,8-epoxy-1(6),2,4,7,10-bisaborapentaen-4-ol, 1-methoxy-4-cadinene 등의 새로운 물질이 단리 되었는데, 그 중 (4S)-2,6,10-bisaboratrien-4-ol-1-one, 1,8-epoxy-1(6),2,4,7,10-bisaborapentaen-4-ol이 *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*에 대하여 항균 활성을 나타냈으며, *Coptotermes formosanus* SHIRAKI에 대하여 살충 효과를 나타냈다고 보고되었다(Arihara *et al.*, 2004b). 이는 흑심재와 정상재의 심재가 단순한 색상의 차이가 아니라 그 구성성분에 있어서 차이를 나타내어 항균 활성뿐만 아니라 항진균 활성에서도 차이가 발생하는 것이라 사료된다.

### 3.3. 주요 항진균 활성 성분 탐색

부위별 삼나무 추출물을 디스크확산법과 한천희석법으로 항진균 활성을 실험해 본 결과 흑심재 심재의 항진균 활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 흑심재 심재의 주요 항진균 활성 성분을 알아보고자 TLC assay를 실시하여 9부분으로 분획을 하였다.

삼나무 흑심재 추출물의 피부사상균에 대한 항진균 활성

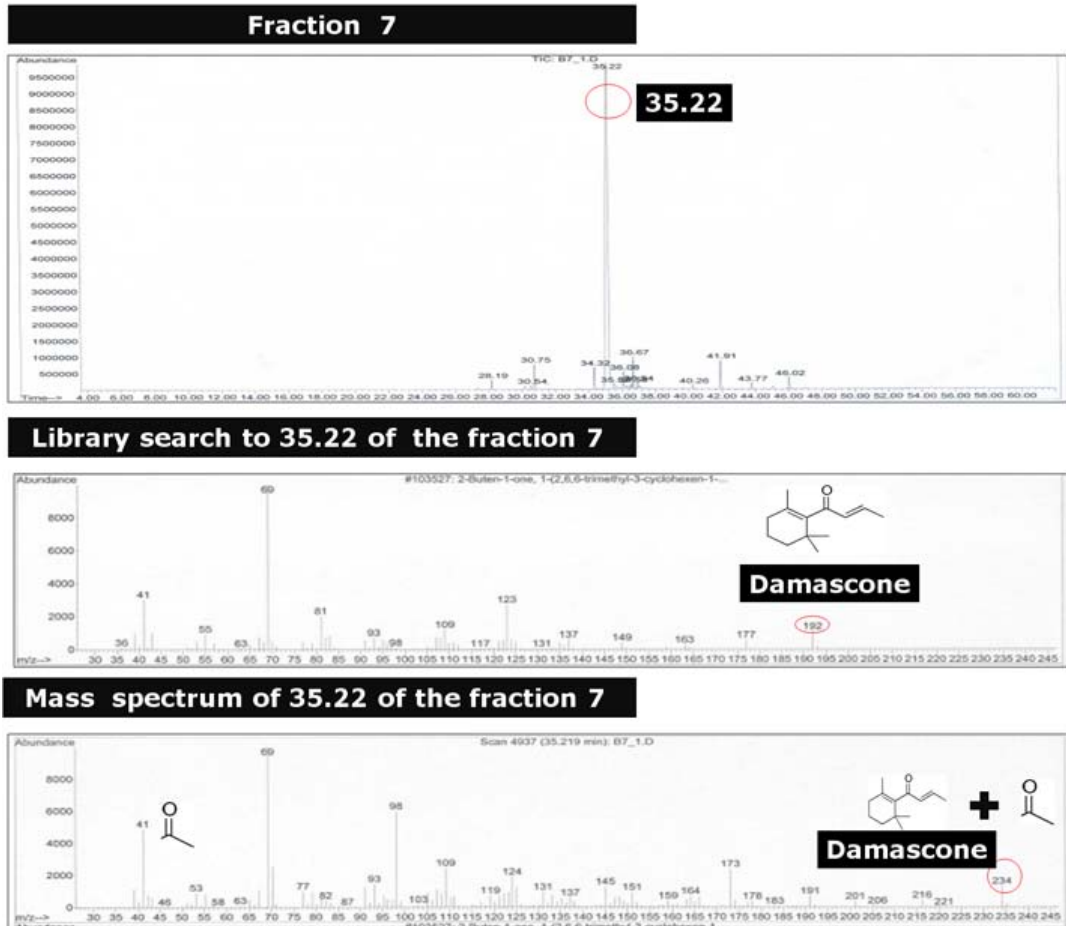


Fig. 4. GC chromatogram of fraction 7, library data of damascone, and mass spectrum of RT a peak at RT 35.22 min.

이 9분획물에 대하여 공시균주 3가지 균에 대해 항진균 활성을 실험한 결과, 7번째 분획에서 가장 항진균 활성이 높았다(Fig. 3). 가장 높은 활성을 보인 7번째 분획에 대해 GC/MS를 이용하여 주요 성분 분석을 실시하였다. 7번째 분획의 주요 성분으로는 탄소 개수가 13개인 damascone에 탄소 2개가 더해진 sesquiterpene으로 예상되며 이에 대한 단리 동정이 필요할 것으로 판단된다. 그 외에도 elemol, eudesmol, hinokione 등도 확인되었다(Fig. 4).

삼나무 흑심재의 심재에는 sesquiterpene, diterpene, phenylpropanoid, phenolic compound 등의

다양한 성분들이 함유되어 있다. 그 중에서 sesquiterpene의 경우,  $\alpha$ -muurolene,  $\delta$ -cadinene, calamenene, T-cadinol, cubenol, cubebol, gleenol,  $\beta$ -elemol 등이 함유되어 있다고 보고되었는데(Arihara *et al.*, 2004a), 이러한 성분들이 7번째 분획의 sesquiterpene과 비슷한 것으로 사료된다.

Sesquiterpene의 항진균 활성에 관한 연구들은 이전의 연구에서 보고된 바 있다. 편백나무로부터 추출된 정유 성분 중 sesquiterpene에 해당하는  $\alpha$ -cedrol, nerolidol,  $\beta$ -eudesmol이 피부사상균에 대해 항진균 활성을 나타냈고(곽 등, 2006), *Eugenia*

*dysenterica*의 잎에서 추출된 주성분 polygodial, arburganal는 sesquiterpene으로서 *Candida albicans*에 대해 항진균 활성을 보였으며(Costa et al., 2000), 항진균 활성을 나타내는 편백정유의 주성분이 elemol, cedrol, eudesmol 등의 sesquiterpene이라고 보고된 바 있다(박 등, 2005). 이상의 연구 결과로부터 흑심재 심재에 함유된 항진균 활성의 주성분은 sesquiterpene이며, 이로 인하여 피부사상균에 대해 높은 항진균 활성을 나타냈다고 판단된다.

#### 4. 결 론

삼나무의 부위별 추출물로부터 항진균 활성과 주요 활성 성분을 탐색하였다. 디스크확산법과 한천회석법을 이용하여 실험한 결과 두 방법 모두에서 흑심재의 심재가 다른 부위별 추출물보다 큰 항진균 활성을 나타냈는데 *T. mentagrophytes*에 대해서 디스크확산법과 한천회석법 각각 40.87%, 96.45%의 항진균 활성을 나타냈다. 주요 활성 성분을 GC/MS로 분석한 결과 탄소개수가 13개인 damascone에 탄소 2개가 더해진 sesquiterpene으로 예상되며, 이에 대해 보다 정확한 단리, 동정이 필요할 것으로 판단된다. 흑심재 심재 뿐만 아니라 다른 부위별 추출물들도 디스크확산법과 한천회석법을 통해 항진균 활성을 검증하였다. 또한 디스크확산법과 한천회석법을 비교해 본 결과 한천회석법에 의한 항진균 활성 정도가 큰 것으로 나타났다.

이로써 삼나무의 부위별 추출물들이 천연 항진균제로써의 가능성을 제시하였으나 단일 성분에 의한 항진균 활성인지 여러성분의 유기적인 관계에 의한 활성인지 구체적인 활성 메커니즘에 대해 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 사 사

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S120708L1001704C)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

#### 참 고 문 헌

1. 광기섭, 박미진, 정의배, 장제원, 최인규. 2006. 피부사상균에 대한 편백정유의 mono- 및 sesqui-terpene 항진균 활성 비교. 목재공학. 34(3): 46~55.
2. 나승영, 오서진, 김홍준, 김종문, 주영승, 정승일. 2006. 삼나무(*Cryptomeria japonica*) 정유성분의 화학적 구성과 항균효과. 한방안이비인후피부과학회지. 19(3): 68~74.
3. 박미진, 이수민, 광기섭, 정의배, 장제원, 최인규. 2005. 피부사상균 *Microsporum canis* 및 *Trichophyton mentagrophytes*에 대한 편백정유의 항진균활성물질 탐색. 목재공학. 33(3): 72~78.
4. 박장규, 이우재, 김홍훈, 서기범. 1995. 충청지방의 표제성 피부사상균증의 임상 및 균학적 관찰. 대한피부과학회지. 33(1): 92~99.
5. 유희준, 최연상, 백영곤, 손숙자. 1994. 서울지방 백선증의 원인균 분포(1985~1991). 대한피부과학회지. 32(1): 24~33.
6. 이기왕, 김홍직. 1984. 충북 감염된 표제성 진균증의 균학적 및 면역학적 연구. 대한피부과학회지. 22(4): 363~368.
7. Arihara, S., A. Umeyama, S. Bando, S. Imoto, M. Ono, M. Tani, and K. Yoshikawa. 2004a. A New abietane and two dimeric abietane diterpenes from the black heartwood of *Cryptomeria japonica*. Chem. Pharm. Bull. 52(3): 354~358.
8. Arihara, S., A. Umeyama, S. Bando, S. Imoto, M. Ono, and K. Yoshikawa. 2004b. Three new sesquiterpenes from the black heartwood of *Cryptomeria japonica*. Chem. Pharm. Bull. 52(4): 463~465.
9. Chang, S. T., P. F. Chen, S. Y. Wang, and H. H. Wu. 2001. Antimite activity of essential oils and their constituents from *Taiwania cryptomerioides*. J. Med. Entomol. 38: 455~457.
10. Chen, X., C. S. Kim, T. Kashiwagi, S. Tebayashi, and M. Horiike. 2001. Antifeedant against *Acusta despesta* from the jaspnese cedar, *Cryptomeria japonica*. Biosci. Biotechnol. Biochem. 65(6): 1434~1437.
11. 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.



12. Ishiguri, F., S. Maruyama, K. Takahashi, Z. Abe, S. Yokota, M. Andoh, and N. Yoshizawa. 2003. Extractives relating to heartwood color changes in sugi by a combination of smoke-heating and UV radiation exposure. *J. Wood Sci.* 49: 135~139.
13. 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.
14. Kofujita, H., Y. Fujino, T. Sasaki, M. Hasebe, M. Ota, and K. Suzuki. 2001. Antifungal activity of the bark of *Cryptomeria japonica* and its relevant components (in Japanese). *Mokuzai Gakkaishi* 47: 479~486.
15. Kofujita, H., M. Ota, K. Takahashi, Y. Kawi, and Y. Hayashi. 2002. A diterpene quinone from the bark of *Cryptomeria japonica*. *Phytochemistry* 61: 895~898.
16. Kubo, T. and S. Ataka. 1998. Blackening of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) heartwood in relation to metal content and moisture content. *J. Wood Sci.* 44: 137~141.
17. Male, O. 1990. The significance of mycology in medicine. In: Hawksworth, D.L., Ed. *Frontier in mycology*. CAB International, Wallingford, UK. pp. 131~156.
18. 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.
19. 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.
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.