

오동나무상자의 항균활성 분석 및 활성 증진을 위한 천연 살생물제 적용연구

정용재* | 강소영¹ | 최윤아¹

*한국전통문화대학교 보존과학과

¹국립문화재연구소 보존과학연구실

Analysis on Antifungal Activity of Paulownia-Wood Storage Box and Application of Natural Biocide for the Activity Enhancement

Yong Jae Chung* | So Yeong Kang¹ | Yun A Choi¹

*Conservation Science Department, The Korean National University of Cultural Heritage, Buyeogun, 323-812, Korea

¹Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea

*Corresponding Author : iamchung@nuch.ac.kr, +82-41-830-7365

초 록 고문서 보관을 위해 사용되고 있는 오동나무상자의 항균활성을 측정하기 위해 오동나무로부터 방출된 휘발성 물질에 대한 항균활성과 휘발성 유기물질의 주성분을 정성분석 하였다. 항균활성은 상자 내부에 TSA 배지를 장착한 미생물 포집기를 설치하고 포집 후 배지에 성장한 미생물의 집락수를 관찰하였다. 그 결과 실외에서 포집한 배지의 집락수 85개 대비 14.82%가 감소한 72개 집락수가 관찰되었다. 포집된 공기질을 열탈착시스템 및 가스크로마토그래피/질량분석법을 통해 분석한 결과, 오동나무 상자 내 VOCs에서 limonene이 특징적으로 검출되었다. Eugenol과 anethole을 주성분으로 하는 천연 살생물제 I과 II를 상자 내에 첨가하여 훈증에 의한 항균활성을 측정한 결과, 약제 모두 실외와 오동나무 상자 내부에서 포집된 미생물 개체수 대비 각각 92.6%, 99.9% 이상 감소율을 보였다. 위의 결과로부터 사용된 오동나무 상자로부터 방출된 휘발성 유기화합물에 의한 항균활성 및 그 유효성분은 분석되지 않았으며, 생물피해로부터 고서적을 장기보관하기 위한 유물 보관함의 효율을 증진시키기 위해 천연 살생물제의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

중심어 : 오동나무상자, 항균활성, 정유, 천연 살생물제, 유기질 문화재 보존, 생물학적 열화

ABSTRACT In order to assess antifungal activity of a wooden storage box, which was made of Paulownia tomentosa and used for keeping ancient documents, antifungal activity of volatile organic compounds emitted from the box was investigated along with qualitative analysis on major substances of the compounds. After collecting floating microorganisms inside air tester, the fungal activity was assessed by counting the number of colonies growing on TSA media. Compared to the control which collected 85 colonies from outdoor, 72 colonies were observed showing reduction rate of 14.82%. Through

GC/MS and TDS system analysis, limonene was detected from the volatile organic compounds as characteristic features. When the fungal activity was assessed through fumigation by adding natural biocide BI, and BII containing eugenol and anethole as major substances, both biocides showed a strong fungal activity with respectively 92.6%(inside the box) and 99.9%(outdoor) of reduction rate. Although these results didn't clarify antifungal activity of the volatile organic compounds emitted from the Paulownia-wood storage box and their functional components, it was at least confirmed that there is application possibility of natural biocide to use for preservation of ancient documents with increased efficiency in controlling pests of wooden storage boxes.

Key Word : Paulownia tomentosa, Antifungal activity, Essential oil, Natural biocide, Conservation of organic cultural heritage, Biological deterioration

1. 서론

지류나 섬유 등 유기질 문화재는 곰팡이나 곤충 등 충해 피해로부터 항상 노출되어 있다. 박물관, 국가기록원 등 유물 소장기관은 생물피해를 방지하기 위해 주기적인 화학약품 처리 또는 종합적 해충방제시스템(IPM ; integrated pest management)을 통한 유물의 보존관리를 실시하고 있다. 환경조절을 통한 생물방제는 가장 이상적인 방안으로 제안할 수 있으나, 불행하게도 사설박물관 및 개인소장자에게서 위와 같은 체계적인 보존관리가 항상 준수되는 것은 전문 인력이 부족한 상황에서 힘든 현실이다.

우리나라 등 중국과 일본에서는 지류나 섬유 등을 보존 관리 하기 위해 전통적으로 목재 보관함을 사용해 왔다. 목재는 용이한 가공성과 아름다운 무늬, 중량 대비 고풍도, 통기성 등의 장점 때문에 예로부터 각종 생활용품 및 가구재 건축재 등으로 많이 사용되었다. 국내에 서식하는 수종 중 용도에 따라 다르게 사용된 몇몇 수종을 살펴보면, 비자나무(*Torreya nucifera*), 소나무(*Pinus densiflora*), 녹나무(*Cinnamomum camphora*)는 주로 조선재로 이용되었고, 주목(*Taxus cuspidata*)은 관재로 사용되었다. 특히, 오동나무(*Paulownia tomentosa*)는 생장이 빠르며 흡습성이 낮은 이유로 각종 기구와 가구재 등에 널리 쓰였으며, 근래에 들어서는 가볍고 비중이 낮으며 습도 조절의 용이함 때문에 소형유물이나 의복류, 기록물, 서지류 등을 보관하는 상자나 박물관의 수장고, 전시실의 인테리어 부재 등으로 사용되고 있다^{3,4}.

불상의 복장유물에 첨가된 오향(五香)과 향신료 중 팔각회향(*Illicium verum* Hooker filius)과 정향(*Eugenia*

caryophyllata Thunberg)의 연구는 예전부터 진행되어 왔다⁵. 특히 정유를 이용하여 생물피해로부터 기록물 등 유기재질의 보존은 최근 유럽과 미국 등에서 활발한 연구가 수행되고 있다^{6,7}. 우리나라에서도 팔각회향과 정향의 휘발성 추출물의 주성분인 anethole과 eugenol에 의해 높은 살충·살균 효과가 나타나며, 염색되지 않은 유기질 재료에 대한 정향과 팔각회향에서 추출한 방충·방균제의 영향을 평가한 결과 색상이나 기계적 성질에 영향을 미치지 않았다⁸. 하지만 식물성 염료로 염색한 직물류나 한지, 채색 회화 문화재에 고농도로 장기간에 걸쳐 노출시켰을 때에는 색상 변화와 강도 변화가 일어난다고 보고되었다⁹.

본 연구에서는 국내 박물관, 자료관 등에서 유물보관상자로 쓰이고 있는 오동나무상자의 항균력과 상자에서 휘발되는 유기물질을 열탈착시스템(Thermal desorption system) 및 가스크로마토그래피/질량분석법(Gas chromatography/Mass spectrometry, GC/MS)을 통해 문화재 보존용 상자로서의 역할을 생물·화학적으로 해석하고자 하였다. 또한 정유를 적용한 천연 살생물제 처리 상자 내부의 미생물 수와 휘발성 유기물질의 적정농도 규명을 통하여 문화재 보존용 살충·살균제로서의 적절성 여부를 고찰하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 항균력 측정

2.1.1. 실험재료

본 실험에 사용한 유물보관상자는 제작된 지 3년이 경

과되어 고서적 보관에 사용된 것으로 규격이 W617mm×D417mm×H170mm(T17mm)인 오동나무상자이며, 부재간 접합부위의 벌어진 틈은 종이테이프로 밀폐시켜 사용하였다.

2.1.2. 처리약품

항균력 및 VOC측정을 위한 약품으로는 현재 문화재용 살충·살충제로 시판되고 있는 H사의 젤 형태 천연 살생물제 2종류(각 30ml)를 B I, B II로 명명하여 실험에 사용하였으며, 이 약품은 제조회사로부터 제공받았다(Figure 1). B I, B II의 구성성분은 Table 1과 같다.

2.1.3. 항균력 측정방법

- 오동나무상자

오동나무상자 내부에 Trypto soy agar 배지(TSA, M.Air.T.™ Pre-filled media cassettes, Millipore, USA)를 장착한 공기포집기(M Air T Millipore Air Tester, Millipore, USA)를 넣고 공기 중의 부유미생물을 35ℓ 씩 포집하였다. 대조군은 같은 방법으로 실외(음지) 공기 35ℓ 를 포집하였으며, 25℃ 저온배양기에서 3일간 배양한 후 배지 내의 집락수에 기초하여 개체수를 비교함으로써 항균력을 실험하였다. 각각의 실험은 5회 반복하여 실시하였고, 공기포집 시 온도는 26.5~27.9℃, 습도는 70~85% 범위였다.

- 천연 살생물제 제품(B)

천연 살생물제 제품 B I, II의 항균력을 실험하기 위해서 실외에서 오동나무상자 내부의 공기 35ℓ 를 포집하였고, 밀폐된 오동나무상자에 각각의 제품을 넣어 내부공기를 즉시 포집하여 대조군으로 사용하였다. 또한 공기의 흐름을 차단하기 위해 비닐로 밀폐하여 24시간 후에 무균상자 내에서 오동나무 상자를 열어 약제를 빼고 10분

간 뚜껑을 닫고 방치 한 후, 상자내부공기 35ℓ 를 포집하였다(Figure 2). 이는 천연 살생물제 B제품으로 인한 오동나무상자 내부의 공기를 포집하여 부유미생물 분포에 있어서 변이 여부를 확인하기 위함이었으며, 이 배지들 역시 25℃ 저온배양기에서 3일간 배양 후 각 배지를 비교함으로써 항균력을 실험하였다.

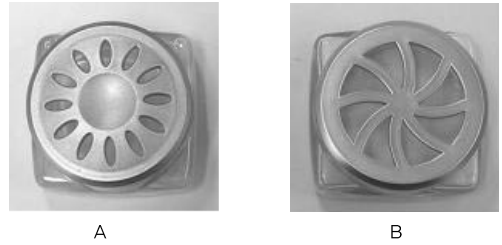


Figure 1. Type of natural biocide (A)BI, (B)BII.

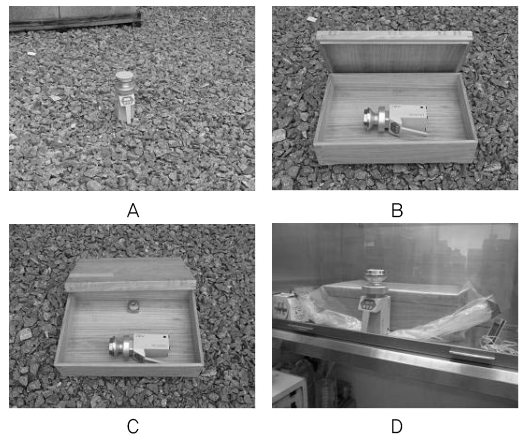


Figure 2. Collection of floating microorganism in the air (A) Outside, (B) The inside of a box, (C) The inside of a box with Natural Biocide immediately, (D) The inside of a box with Natural Biocide after 24hrs.

Table 1. Components of natural biocide.

B I (transparent gel)		BII (opaque gel)	
Components	Percentage(%)	Components	Percentage(%)
Essential oil (Eugenol+Anethole)	10	Essential oil (Eugenol+Anethole)	10
Heavy abimatic naphtha	30~40	Ethyl alcohol	15
Gelling agent	15~20	Carrageenan	10
Detergents	30~45	water	15
		Solvent	50

Table 2. Volatile organic compounds(VOCs) absorption conditions.

Place	Sampling date	Absorption conditions
Laboratory	June 25, 2007	10.00 l for 33 min, av. 0.298 l /min
Box without natural biocide	June 25, 2007	9.99 l for 31 min, av. 0.315 l /min
Box with natural biocide B I	June 26, 2007	10.10 l for 30 min, av. 0.331 l /min
Box with natural biocide B II	July 09, 2007	11.48 l for 34 min, av. 0.332 l /min

Table 3. The analytical conditions of thermal desorption system for VOCs.

Analytical conditions		
TDS 3	Transfer temp.	290 °C
	Initial temp.	10 °C
	Initial time	2 min
	1st ramp.	30 °C/min to 250 °C
	2nd ramp.	40 °C/min to 290 °C
Final isothermal time : 6 min		
CIS 4	Initial temp.	-150 °C
	Initial time	1 min
	1st ramp.	8 °C/sec to 250 °C
		10 °C/sec to 280 °C
	2nd ramp.	Final isothermal time : 6 min

2.2. 오동나무 상자와 천연 살생물제 제형에서 방출되는 휘발성 유기물질 분석

2.2.1. 휘발성 유기물의 포집

오동나무 상자가 방출하는 휘발성 물질을 측정하기 위하여 오동나무 상자의 뚜껑을 열고 실험실 내부 공기와 평형을 이루도록 방치해두었다. 뚜껑을 닫고 밀폐용 비닐 주머니에 넣은 지 10분 후 상자 내부의 공기를 포집하였

다. 천연 살생물제 B제품에서 휘발되는 유기물은 오동나무 상자 안에 젤 형태의 천연 살생물제를 넣고 1시간 동안 포화시킨 후 상자 내부의 공기를 포집하였다. 대조군으로 실험실 내부의 공기를 포집하여 실험실 내부의 휘발성 유기물의 간섭을 배제하였다. 공기 포집은 샘플링 펌프(Sibata MP-2730, Japan)를 이용하여 열탈착튜브(Gerstel Tenax TA Thermal desorption tube stainless steel type, Gerstel, USA)에 흡착시켰다. 공기 포집 속도는 0.333l /min으로 설정하였으며 공기포집 장소에 따른 조건은 Table 2와 같다.

2.2.2. 공기질 분석 방법

포집된 공기질은 열탈착시스템(Thermal desorption system) 및 가스크로마토그래피/질량분석법(Gas chromatography/Mass spectrometry, GC/MS)을 통하여 분석하였다. 열탈착튜브에 흡착된 시료는 TDS 3(Gerstel, USA)와 CIS 4(Gerstel, USA)에 의하여 탈착되었으며, GC/MSD(Agilent 6890N/5973 inert, USA)를 이용하여 전체이온크로마토그램(Total ion chromatogram, TIC)으로 시료의 성분을 분석하였다. 각 피크의 정성분석은 Wiley7 library 외의 비교를 통하여 이루어졌다. 각각의 TDS 3, CIS 4, GC/MS의 분석조건은 Table 3, 4와 같다.

Table 4. The analytical conditions of GC/MS for VOCs.

Analytical conditions		
GC/MS	Instrument	Agilent 6890N gas chromatography / 5973 inert mass selective detector
	Column	HP-VOCs (i.d. 0.2 mm x 30 m x 1.12 µm Film thickness)
	Carrier gas	He at 0.6 ml/min
	Split mode	10 : 1
	Detector temperature	250 °C
		40 °C for 3 min
	Temperature program	6 °C/min to 150 °C
		10 °C/min to 250 °C
	final isothermal time : 20 min	

3. 결과

3.1. 오동나무상자의 항균력

실외와 밀폐시킨 오동나무상자 내부에서 포집한 공기를 TSA 배지에 3일간 배양시킨 결과는 다음과 같으며 (Figure 3, 4), 천연 살생물제 BI의 실험을 위한 대조군인 실외에서 포집한 부유미생물(Figure 3A)과 오동나무상자 내부에서 포집한 부유미생물(Figure 3B)의 개체수는 평균 14.82% 감소한 것으로 나타났으나(Table 5) B II의 실험을 위한 대조군인 실외에서 포집한 부유미생물군(Figure 4A)과 오동나무상자 내부에서 포집한 부유미생물군(Figure 4B)에 있어서는 평균 85.23% 증가한 것으로 나타났다.

3.2. 천연 살생물제 B 제품의 항균력

3.2.1. 천연살생물제 BI의 항균력

밀폐된 상자 내에서 천연 살생물제 BI의 항균력에 대한 결과는 다음과 같다. 오동나무상자 내부에 BI을 넣은 즉시 포집한 공기(Figure 3C)는 실외에서 포집된 공기(Figure 3A)와 비교하였을 때 미생물의 개체수가 18.35% 감소하였고, 오동나무상자 내부에서 포집한 공기(Figure 3B)와 비교하였을 때는 4.14% 감소하였다. 가장 뚜렷한 차이를 나타낸 것은 오동나무상자 내부에 BI을 24 시간 방치한 후 포집된 공기(Figure 3D)이다. 실외(Figure 3A)에서 포집된 미생물의 개체수와 비교하였을 때는 95.53%의 감소율을 보였고, 오동나무상자 내부(Figure 3B)에서 포집된 미생물의 개체수와 비교하였을 때는 99.95%의 감소율을 보였으며, BI을 넣은 직후(Figure 3C) 포집한 공기와 비교를 하였을 때에도 부유미생물이 94.52% 감소한 것을 확인 할 수 있었다(Table 5).

3.2.2. 천연 살생물제 BII의 항균력

밀폐된 상자 내에서 천연 살생물제 BII의 항균력에 대한 결과는 다음과 같다. 오동나무상자 내부에 BII를 넣은 즉시 포집한 공기(Figure 4C)는 실외에서 포집된 공기(Figure 4A)와 비교하였을 때 미생물의 개체수가 14.77%로 다소 증가하였으나, 오동나무상자 내부에서

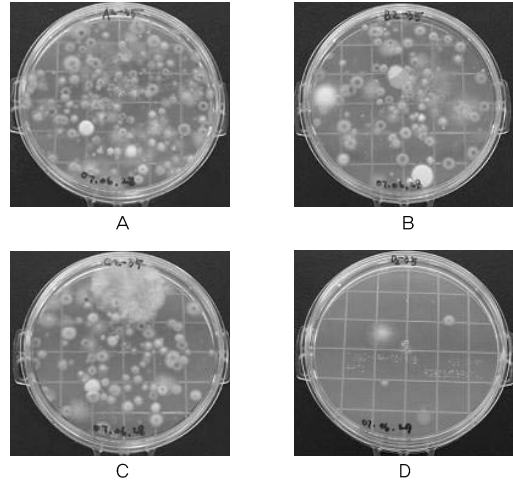


Figure 3. Cultivation of floating microorganism in the air after 3 days, (A)Outside. (B) The inside of a box. (C) The inside of a box with natural biocide BI immediately. (D) The inside of a box with natural biocide BI after 24 hrs.

Table 5. BI : Comparison of cultivated microorganisms media during 3 days.

	Average (±SD)		%	
	Average	SD	Outside	Inside
A	85	(±58)	100.00	-
B	72	(±27)	85.18	100.00
C	69	(±51)	81.65	95.86
D	4	(±3)	4.47	0.05

A, B, C, and D are the same as in Figure 3

포집한 공기(Figure 4B)와 비교하였을 때는 38.04% 감소하였다. BI과 마찬가지로 가장 뚜렷한 차이를 나타낸 것은 오동나무상자 내부에 BII를 24 시간 방치한 후 포집된 공기(Figure 4D)이다. 실외(Figure 4A)에서 포집된 미생물의 개체수와 비교하였을 때는 92.62%의 감소율을 보였고, 오동나무 상자 내부(Figure 4B)에서 포집된 미생물의 개체수와 비교하였을 때는 99.96%의 감소율을 보였으며, B II를 넣은 직후(Figure 4C) 포집한 공기와 비교를 하였을 때에도 부유미생물이 93.57% 감소한 것을 확인 할 수 있었다(Table 6).

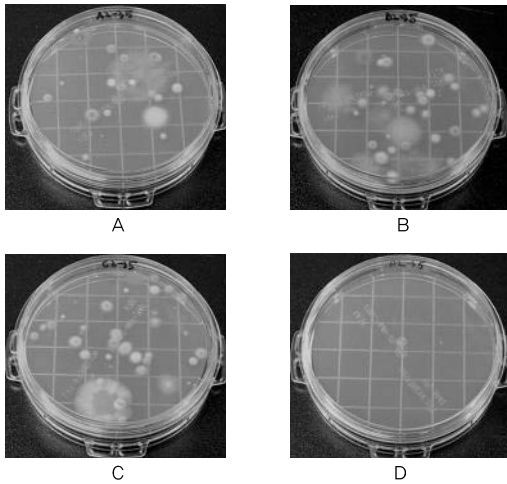


Figure 4. Effects of BII: Cultivation of floating microorganism in the air after 3 days, (A) Outside. (B) The inside of a box. (C) The inside of a box with BII immediately. (D) The inside of a box with BII after 24 hrs.

Table 6. BII: Comparison of cultivated microorganisms media during 3 days.

	Average (±SD)		%	
A	30 (±8)	100.00	-	-
B	55 (±38)	185.23	100.00	-
C	34 (±10)	114.77	61.96	100.00
D	2 (±2)	7.38	0.04	6.43

A, B, C, and D are the same as in Figure 3

3.3. 오동나무 상자와 천연 살생물제 B제품에서 방출되는 휘발성 유기물질 분석

3.3.1. 실험실 공기질 및 오동나무 상자 내 VOCs 분석

Table 7~10은 검출된 화합물의 명칭과 각 피크의 면적에 대한 백분율에 대하여 실험실 공기질 분석 결과 총 26 종의 VOCs가 검출되었으며 TVOCs(전체 휘발성 유기물질)와 비교했을 때 10% 이상 차지하는 물질로는 hexane(R.T. 5.690분), methylcyclopentane(R.T. 6.390분), octane(R.T. 10.882분), m-xylene(R.T. 13.608분)이었다(Table 7, Figure 5A). 오동나무 상자에서 흡착된 VOCs 중 총 21 종이 분석되었으며 TVOCs

대비 10% 이상 차지하는 물질로는 hexane(R.T. 5.764분), toluene(R.T. 10.505분), naphthalene(R.T. 23.190분)이었다(Table 8, Figure 5B).

실험실 공기질의 VOCs와 오동나무상자 내 VOCs를 비교했을 때 오동나무상자에서는 특징적으로 limonene(R.T. 18.258분)이 방출되는 것으로 확인되었다.

3.3.2. 천연 살생물제 B제품에서 방출되는 VOCs의 정성분석

천연 살생물제 BI에서 방출되는 공기질의 분석 결과 총 30 종의 VOCs가 검출되었으며 TVOCs 대비 10% 이상 차지하는 물질로는 2,2,4,6,6-pentamethylheptane(R.T. 15.453분), 2,6,7-trimethylundecane(R.T. 17.870분), anethole(R.T. 24.900분)이었다(Table 9, Figure 5C).

실험실 공기중의 VOCs와 오동나무 상자에서 방출되는 VOCs의 간섭을 배제했을 때, 다수의 메틸기로 치환된 C6~C20의 포화 알카인류가 검출되는 것을 확인하였다. 특징적인 물질로 butanoic acid(R.T. 11.345분)와 caryophyllene(R.T. 27.130분), eugenol(R.T. 26.233분)과 anethole(R.T. 24.900분)이 있으며, 특히 anethole은 TVOCs중 19.68%를 차지하였다.

천연 살생물제 BII에서 방출되는 공기질의 분석 결과 총 22 종의 VOCs가 검출되었으며 TVOCs 대비 10% 이상 차지하는 물질로는 anethole(R.T. 24.924분)이었다(Table 10, Figure 5D). BI의 재료에서 방향 성분을 제외한 결과 10~20분에서 휘발성 물질이 거의 검출되지 않는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 25분 이후에 긴 사슬을 가진 포화 탄화수소와 불포화 탄화수소 등이 추가적으로 검출되었다.

4. 고찰

오동나무상자 자체에서 발산된 휘발성 물질에 의한 항균력 여부를 알아보기 위하여 상자 내에서 공기 중 부유 미생물 포집 실험을 실시한 결과, 실외에서 포집한 배지의 집락수 대비 개체수가 14.82% 감소하였으나 이는 오동나무상자의 자체적인 항균활성이라기 보다는 외부 공기의 유입이 차단됨으로써 발생된 감소율로 생각되어진다. 천연물질에서 추출하여 문화재 보존용 살충·살균제로 사

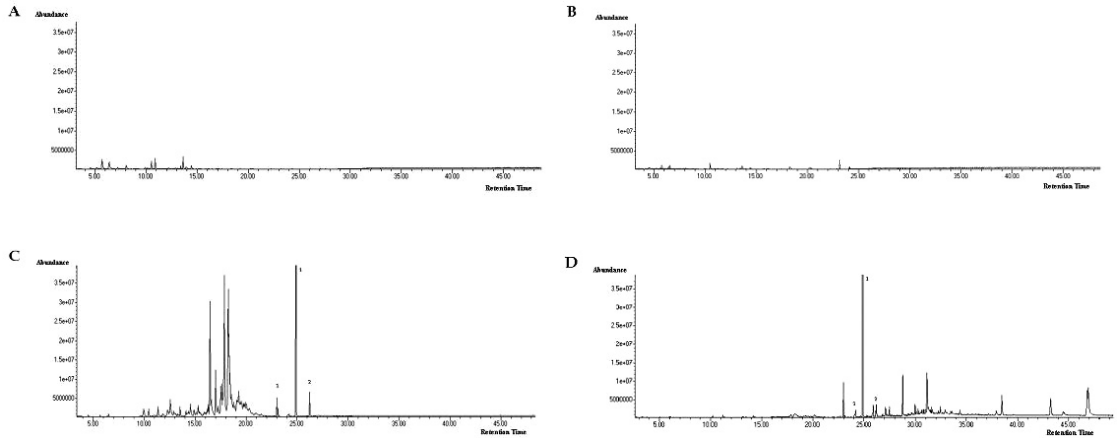


Figure 5. GC/MS spectra of VOCs from each place. (A) Laboratory. (B) storage box without natural biocide. (C) storage box with natural biocide B I. (D) storage box with natural biocide B II. 1: anethrole, 2: eugenol.

Table 7. GC/MS analyses of major volatile organic compounds (VOCs) from laboratory.

No.	Retention time (min)	Reagents	Peak area ($\times 10^6$)
1	5.690	Hexane	1.40
2	6.390	Methylcyclopentane	1.06
3	8.066	Heptane	0.57
4	10.505	Toluene	0.75
5	10.882	Octane	1.17
6	13.392	Ethylbenzene	0.32
7	13.608	<i>m</i> -Xylene	1.21
8	13.936	Norane	0.39
9	14.421	<i>p</i> -Xylene	0.40

Table 8. GC/MS analyses of major volatile organic compounds (VOCs) from a storage box without natural biocide.

No.	Retention time (min)	Reagents	Peak area ($\times 10^6$)
1	5.764	Hexane	0.69
2	6.440	Methylcyclopentane	0.34
3	6.554	Chloroform	0.37
4	10.493	Toluene	0.53
5	13.620	<i>m</i> -Xylene	0.41
6	18.258	Limonene	0.39
7	23.142	Naphthalene	0.63

용되고 있는 천연 살생물제 제품 B I, II의 항균성을 실험한 결과, 밀폐된 상자 내부에 제품 B I, II를 넣은 즉시 포집한 부유미생물의 개체 수에 있어서는 실외나 오동나무 상자 내부와 비교하였을 때 뚜렷한 경향의 차이는 없는 것으로 나타나 약품 투여 후 초기에 항균성 발휘의 효과는 기대하기 힘든 것으로 보인다. 그러나 상자 내부에 각각의 B I, II를 넣고 24 시간 동안 밀폐시킨 후 포집한 미생물의 개체 수는 다른 처리군에서 포집한 미생물의 개체 수에 비해 두 종류의 B제품 모두 90% 이상 감소율을 나타냄으로써 항균력이 매우 뛰어난 것을 알 수 있었다.

실험실 내부 공기질 분석 결과와 비교했을 때 유물보관 상자 내 VOCs에서 limonene과 naphthalene이 각각 9.08, 14.90 %로 검출되는 것을 확인하였다. Triterpenoid계통의 limonene(1,8-mentadiene)은 방충·방균 작용을 하는 물질로 알려져 있지만 오동나무 (*Paulownia tomentosa*) 추출물이나 VOCs에서 검출된 보고가 없기 때문에 오동나무 추출물에 대한 연구가 더 이루어져야 한다. 그리고 상자 내 공기질에서 naphthalene이 많은 부분을 차지하고 있는 것으로 비추어 봤을 때, 실험 이전에 유물보관 상자에서 보관한 유물 또는 보존제에 의한 간접현상으로 해석할 수도 있다.

시중에 유통되고 있는 오동나무상자의 재료를 알아본 결과, 참오동나무뿐만 아니라 개오동나무와 벽오동나무를 재료로 한 오동나무상자도 유통되고 있었다. 실제로 선조

Table 9. GC/MS analyses of major volatile organic compounds (VOCs) from a storage box without natural biocide B I.

No.	Retention time (min)	Reagents	Peak area ($\times 10^3$)
1	9.955	3-Methylheptane	1.59
2	10.427	Toluene	0.91
3	11.354	Butanoic acid	1.12
4	11.826	2,5-Dimethylheptane	0.77
5	12.275	2,3,4-Trimethylhexane	0.88
6	12.555	3,4-Dimethylheptane	3.19
7	12.890	3-Methyldecane	0.66
8	13.524	<i>m</i> -Xylene	0.86
9	14.330	<i>p</i> -Xylene	0.54
10	14.540	2,2,7,7-Tetramethyloctane	1.71
11	15.174	4,5-Dimethyldecane	0.76
12	16.280	2,6-Dimethylnonane	1.38
13	16.453	2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	11.87
14	17.003	2,2-Dimethyldecane	5.72
15	17.242	3-Methyltridecane	1.79
16	17.744	Eicosane	3.59
17	17.870	2,6,7-Trimethylundecane	19.21
18	19.071	2,3,3-Trimethyldecane	2.24
19	19.161	3,7-Dimethyldecane	2.25
20	19.269	3,8-Dimethylundecane	4.21
21	19.508	2,6-Dimethylheptadecane	1.87
22	19.980	2-methylnonane	1.62
23	23.017	<i>p</i> -Allylanisole	1.12
24	23.107	Naphthalene	0.54
25	24.900	Anethole	20.47
26	26.233	Eugenol	1.49
27	27.130	Caryophyllene	0.08

들이 유물보관에 이용한 오동나무는 현삼과의 참오동나무 (*Paulownia tomentosa*)로, 현재 일부 사용되고 있는 능소화과의 개오동나무(*Catalpa ovata*)와 벽오동과의 벽오동나무(*Firriana simplex*)로 만든 상자는 구별하여 사용하는 것이 필요하다.

천연 살생물제 B제품에서 방출되는 휘발성 유기물질 분석은 1시간 동안 오동나무상자 안에 BI 또는 II를 넣었을 때 방출되는 유효성분 중 eugenol과 anethole을 표준으로 분석하였다. 분석결과 anethole이 TVOCs(total volatile organic compounds) 중 가장 큰 비율을 차지하고 있었다. BI을 분석한 결과 anethole은 TVOCs중 19.71%를 차지하고 있었지만, eugenol은 전체의

Table 10. Gas chromatography/mass spectrometry analyses of major volatile organic compounds (VOCs) from a storage box without natural biocide B II.

No.	Retention time (min)	Reagents	Peak area ($\times 10^3$)
1	22.993	<i>p</i> -Allylanisole	2.07
2	24.924	Anethole	59.65
3	25.904	Decanoic acid	1.23
4	26.209	Eugenol	0.86
5	27.112	<i>trans</i> -Caryophyllene	1.15
6	27.464	1-Decene	0.91
7	28.768	Dodecanoic acid	3.63
8	29.981	Heptadecane	1.00
9	30.089	3-Heptadecene	0.53
10	30.651	1-Octadecane	0.82
11	30.830	(<i>Z</i>)-8-Hexadecene	0.83
12	31.015	1-Heptadecene	0.63
13	31.141	Tetradecanoic acid	4.20
14	31.470	Hexyl dimamic aldehyde	0.67
15	31.583	Isopropyl myristate	0.71
16	31.679	1-Octadecene	0.62
17	32.438	1-Octadecanol	0.93
18	32.970	Galaxolide	0.52
19	34.333	Dibutyl phthalate	0.56
20	43.252	2-Ethylhexyl <i>p</i> -methyl dinmate	3.03
21	44.484	Diethyl adipate	0.93
22	46.887	2-Ethyl hexanoic acid hexadecyl ester	8.61

1.43%로 소량이 휘발되는 것을 확인하였으며, B II에서도 anethole은 TVOCs중 58.45%이지만, eugenol은 0.84%를 차지하고 있다.

공기 오염물질이 문화재 재질에 미치는 영향은 손상을 발생시키는 오염원의 조절도 중요하지만 최저 허용한계 농도에 따른 손상여부를 평가하는 것도 중요하다. 현재의 측정 농도 결과는 고농도로 장기간으로 노출되었을 때 우려되는 안료 등 색상변화에는 크게 영향을 주지 않을 것으로 기대되지만 처리 농도에 따른 안료 및 염색되어진 유물에 대한 안정성을 검증하기 위한 연구를 현재 실시 중에 있으며 그 결과를 향후 보고할 계획이다.

이상의 결과로 전통적으로 지류·섬유 유물보관에 사용되어져 온 오동나무상자의 생리활성 특성을 휘발성 유기화합물을 측정하기 위한 최신 방식인 열탈착시스템 및 가스크로마토그래피/질량분석법을 사용하여 확인하였고,

향후 문화재 보관을 위해 사용되는 목재, 섬유 등 재질에서 발생된 휘발성 물질의 활성물질 탐색 및 안정성 평가를 위한 빠르고 효율적인 방법으로 기대된다. 또한 유물 보관함을 이용한 지류, 섬유류 유기질 문화재의 보존관리에 있어서 생물피해 방제를 위한 천연 살생물제의 적용 및 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 이승은, 노현숙, “국립중앙박물관에서의 IPM (Integrated Pest Management) 방안”, *박물관보존과학*, 8, p25-30, (2007).
2. 문화재청/국립문화재연구소, 동산문화재의 보존과 관리, (2004).
3. 박상진, “한국의 주요 고수종의 쓰임새, 建築, 36(4), p102-106, (1992).
4. 이필우, *한국산 목재의 성질과 용도*, 서울대학교출판부, (1997).
5. 정용재, 이규식, 한성희, 강대일, 이명희, “오향(五香) 성분의 살균 및 살충효과”, *보존과학회지*, 10, p21-30, (2001).
6. 정용재, 이규식, 한성희, 강대일, 이명희, “천연약제로부터 문화재보존용 방충방균제 개발 연구”, *보존과학연구*, 21, p5-25, (2001).
7. M.S. Rakotonirrainy and B. Lavedrine, “Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to the biocontamination in libraries and archives storage areas”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 55, p141-147, (2003).
8. L. H. Isbell, “The effects of thymol on paper, pigments and media”, *Abbey Newsletter*, 21, p39-43, (1997).
9. 오준석, “식물에서 추출한 살충·살균제가 문화재의 재질에 미치는 영향-견직물, 면직물, 저마직물, 한지, 안료분말, 채색편”, *보존과학회지*, 20, p9-22, (2007).