

국내산 수목 추출물의 항진균 및 살충활성

임진아 | 최윤아 | 정미화 | 강소영 | 정용재*

국립문화재연구소 보존과학연구실

Antifungal and Insecticidal Activity of Methanol Extract from 11 Korean Wood Species

Jin A Lim · Yun A Choi · Mi Hwa Jung · So Yeong Kang · Yong Jae Chung*

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

*Corresponding Author : iamchung@nricp.go.kr

초 록 유기질 문화재 보존 천연 살생물제 개발을 위한 후보물질 조사를 위해 국내 자생하는 11종 수목을 대상으로 각 수목 메탄올 추출물의 9종 목재오염균과 켈런벌레 성충에 대한 항진균 및 살충활성을 조사하였다. 항진균 활성은 목재부후균과 표면오염균에 대해 각각 paper disc soaking 방법과 feeder strip 방법으로 측정되었다. 그 결과, 수목 중 황벽(*Phellodendron amurense*) 메탄올 추출물은 5 mg/disc에서 *Coniophora puteana*, *Lentinus lepideus*, *Tyromyces palustris* 그리고 *Aspergillus niger*에 대해 우수한 항진균활성을 나타냈다. 또한, 수목 메탄올 추출물의 살충활성은 topical application 방법에 의해 측정되었으며 특히 주목(*Taxus cuspidata*)과 전나무(*Abies holophylla*) 메탄올 추출물을 켈런벌레 성충에 25 µg/adult의 농도로 24시간 처리했을 때 56.7%의 치사율을 보였다. 위의 결과로부터 주목과 전나무 그리고 황벽 메탄올 추출물은 각각 층과 목재오염균에 의해 야기되는 생물학적 열화에 대한 유기질 문화재 보존을 위해 유용하게 사용가능할 것으로 사료된다.

중심어 : 수목 11종, 항진균 활성, 살충활성, 유기질 문화재 보존, 생물학적 열화

ABSTRACT To investigate bioactive materials for development of natural conservative agent on organic cultural heritage, methanol extracts from 11 wood species which populate in Korea were screened for antifungal and insecticidal activity against 9 wood contaminant fungi and adult of *Lasioderma serricorne*. Antifungal activity of extracts was tested by using paper disc soaking method and feeder strip test against wood-rot fungi and wood surface contaminant fungi. Among these extracts, the most significant antimicrobial activity was observed from the extract of *Phellodendron amurense* at 5 mg/disc against *Coniophora puteana*, *Lentinus lepideus*, *Tyromyces palustris* and *Aspergillus niger*. The insecticidal activity of extracts was examined by topical application against *L. serricorne* adults. The extracts from *Taxus cuspidata* and *Abies holophylla* gave 56.7 % mortality at 25 µg/adult for 24 hr. From these result, the methanol extract from *T. cuspidata*, *A. holophylla* and *P. amurense* described could be useful for conservation of organic cultural heritage against biological deterioration by insect and wood contaminant fungi.

Key Word : 11 wood species, Antifungal activity, Insecticidal activity, Conservation of organic cultural heritage, Biological deterioration

1. 서론

우리나라의 지정문화재 중 유기질 문화재가 국보의 28.5%, 보물의 44.1%로 매우 높은 비율을 차지하고 있어 해충이나 미생물 등 생물적 요인에 의한 손상에 따른 보존관리의 필요성은 매우 중요하게 부각되고 있다.¹ 목조 문화재내의 많은 목재들은 심각한 부후균의 피해를 받고 있으며 이에 의한 목재의 부후는 구조적 또는 미화적인 관점에서 심각한 문제를 야기하는 것으로 알려져 있다.² 부후를 일으키는 균류로는 백색, 갈색부후균 그리고 표면 오염균을 들 수 있는데 주로 목재 조직의 건조, 부패와 균열, 스펀지화, 습탈화, 분말화 그리고 변색 등 다양한 목재 손상 특성을 나타낸다.³ 켈런벌레(*Lasioderma serricorne*)는 담배벌레라고도 하며 일 년에 2-3회 발생하여 담배, 곡물, 종이, 의복, 목재 등에 피해를 입히는 주요 저장해충으로 잘 알려져 있다.^{4,5} 또한 목조건축 문화재와 유기질 동산문화재에 서식하면서 심각한 구조적 손상을 야기시키는 문화재 가해 해충이기도 하다.⁶ 최근 국립문화재연구소에서 실시한 “중요목조문화재 생물피해 조사” 결과 흰개미 및 켈런벌레 등에 의한 목조문화재의 손상사례가 조사되었으며, 이를 보존하기 위한 총해방제사업이 추진되고 있는 실정이다.

이와 같은 열화성 생물에 의한 피해방지를 위해 메틸브로마이드(Methyl Bromide)나 설푸릴플루오라이드(Sulfuryl Fluoride)와 같은 살충용 훈증가스, 에틸렌옥사이드(Ethylene Oxide)나 프로필렌옥사이드(Propylene Oxide)와 같은 살균용 훈증가스, 메틸브로마이드와 에틸렌옥사이드를 혼합한 살충·살균용 훈증가스, 파라디클로로벤젠(p-Dichlorobenzene), 디클로로보스(Dichlorvos), 장뇌(Camphor), 클로버 오일(Clover Oil)과 같은 승화성 살충·방충제, 파라포름알데히드(p-Formaldehyde)나 티몰(Thymol)과 같은 승화성 살균제나 방미제가 이용되고 있다.⁷ 그러나 현재 유기질 문화재 생물방제를 위해 사용되고 있는 화학약제에 대해 문화재 재질과 인체에 대한 유해성이 지적되면서^{8,9} 천연물로부터 유래한 보존처리제 개발에 대한 요구가 증가되고 있다. 최근, 정 등^{10,11}은 정향, 유향, 곽향, 청목향 그리고 침향의 에탄올 및 휘발성 추출물이 유기질 문화재의 손상에 관여하는 미생물 및 곤충에 대해 항

균 및 살충 효과를 나타낸다고 보고하였고 팔각회향과 정향으로부터 추출한 정유성분을 이용한 유기질 문화재 보존용 방충·방균제를 개발·보고하였으나, 이외 천연물로부터 문화재 보존을 위한 항균 및 살충제 개발을 위한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 국내산 수목 중 11종을 선별하여 항균 및 살충 활성을 탐색하였으며 유기질 문화재의 생물적 열화원 방제를 위한 천연소재로서의 가능성을 보고하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 시료

전나무(*Abies holophylla*), 무화과나무(*Ficus carica*), 은행나무(*Ginkgo biloba*), 모감주나무(*Koelreuteria paniculata*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 황벽나무(*Phellodendron amurense*), 옷나무(*Rhus verniciflua*), 매죽나무(*Styrax japonica*), 주목나무(*Taxus cuspidata*), 벽오동나무(*Firmiana simplex*) 그리고 오동나무(*Paulownia coreana*)는 2008년 3월 대전 수목원에서 채집하였고 -20℃ 냉동고에 보관하며 실험에 사용하였다. 수목의 줄기는 잘게 분쇄하여 음건하였고 메탄올로 실온에서 24시간동안 추출한 후 filter paper (Whatman No. 2)로 여과하였다. 여액은 회전식 진공농축기(EYELA, Japan)로 감압농축한 후 본 실험의 시료로 사용하였다.

2.2. 실험균주 및 곤충

항진균력 실험에 사용된 균주는 유기질 문화재의 생물학적 열화원인 미생물 총 9균주를 한국생명공학연구원 생물자원센터, 국립산림과학원, 뉴질랜드 산림과학원 그리고 서울대 미생물자원센터에서 분양받아 사용하였고 (Table 1), 살충력 확인을 위한 공시충은 한국 담배인삼공사(KT&G)에서 사육해 온 켈런벌레(*L. serricorne*)를 사용하였다.

Table 1. Wood-contaminant fungi tested.

Wood surface contaminant fungi	Microorganisms	
	Brown-rot fungi	White-rot fungi
<i>Aspergillus niger</i> (KCTC2118)	<i>Coniophora puteana</i> (KCTC6720)	<i>Trametes versicolor</i> (KCTC16781)
<i>Penicillium cyclopium</i> (KCTC6256)	<i>Fomitopsis pinicola</i> (SNU30033)	
<i>Trichoderma viride</i> (KFR1)	<i>Lentinus lepideus</i> (KCTC26228)	
	<i>Postia placenta</i> (KCTC6671)	
	<i>Tyromyces palustris</i> (NZ FRI No.21055)	

2.3. 항진균 활성 측정

2.3.1 목재 부후균의 항균 활성 검정

수목 메탄올 추출물의 목재 부후균에 대한 항진균 활성 측정을 위해 paper disc soaking방법¹²을 응용하여 사용하였다. Potato Dextrose Agar(Difco)배지에 paper disc (Adventec, Ø 8mm)를 올리고 추출물을 5 mg/disc로 흡수시켰다. 목재 부후균 균사의 선단부에서 Cork borer(Ø 8 mm)를 이용하여 disc를 취한 다음 paper disc위에 올려 각 균주를 접종하였다. 대조군으로는 메탄올을 paper disc에 흡수시켜 사용하였다. 26°C에서 7-10일 배양한 후 균사의 직경을 측정하였고, 항진균 활성은 균사 생장 억제율(%)로 나타냈다.

2.3.2. 표면 오염균의 항균 활성 검정

표면 오염균에 대한 수목 메탄올 추출물의 항진균 활성은 Clausen 등¹³의 방법으로 측정되었다. 먼저 glass dish(Ø 150 mm)안에 filter paper(whatman, Ø 150 mm)를 넣고 증류수로 filter paper를 충분히 적신 다음, 자작나무 feeder strip(120 mm × 20 mm × 1.2)을 filter paper 위에 놓고 feeder strip 중앙에 각 추출물(5 mg/disc)을 흡수시킨 paper disc(Adventec, Ø 8 mm)를 올렸다. 전배양한 *A. niger*, *P. cyclopium*, *T. viride*의 포자를 포집하여 멸균 증류수가 담긴 spray bottle에 넣고 잘

섞어 주었다. Glass dish에 spray를 분사하여 각 균주를 접종하고 polyethylene bag으로 밀봉한 후, 27°C, 85%의 항온항습기에서 3주간 배양하였다. 균주의 성장상태는 매 1주 간격으로 육안과 stereo microscopy(Stemi-2000C, Zeiss)로 관찰하였다. 대조군은 paper disc위에 메탄올을 흡수시켜 사용하였으며, 각각의 추출물이 흡수된 disc와 대조군과의 비교를 통해 항균활성을 측정하였다.

2.4. 살충활성 측정

수목 메탄올 추출물의 킨벌레(*L. serricornis*) 성충에 대한 살충활성은 topical application 방법¹⁴에 의해 측정되었다. 킨벌레 성충의 복부에 25 µg/adult의 추출물을 처리하고 12/12시간 명암이 조절되는 28°C, 70-75%의 항온·항습기에서 24시간 동안 배양한 후 육안과 stereo microscopy(Stemi-2000C, Zeiss)로 관찰하여 치사율(mortality)을 측정하였다. 대조군으로는 추출물 대신 메탄올을 처리하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 수목메탄올 추출물의 항진균 활성

여러 수종으로부터 천연 항진균제 개발을 위한 연구는 많이 시도되고 있으며 항진균 활성을 나타내는 생리활성 물질은 광범위한 진균에 대해 매우 효과적인 것으로 보고되고 있다.¹⁵⁻¹⁷ 최근, *Calocedrus macrolepis*의 심재에서 분리한 β-thujaplicin과 γ-thujaplicin은 목재부후균인 *Lenzites betulina*와 *Laetiporus sulphureus*에 대해 우수한 항진균활성을 나타내고¹⁸ *Thuja plicata*와 *Chamaecyparis nootkatensis*의 methanol-soluble 추출 분획이 흰개미와 진균에 의한 wood degradation을 효과적으로 억제한다¹⁹는 연구보고가 있다.

수목 11종 메탄올 추출물의 항진균 활성은 유기질 목재 문화재에 생물학적 열화를 야기시키는 미생물 즉 표면 오염균 3종, 갈색부후균 5종 그리고 백색부후균 1종으로 총 9균주를 대상으로 측정되었다. 표면오염균에 대한 항

진균 활성 측정 결과, *A. niger*에 대해서는 황벽과 비목, *P. cyclopium*에 대해서는 황벽과 주목, 그리고 *T. viride*에 대해서는 비목, 주목, 전나무, 모감주, 윗나무 추출물 순으로 활성이 관찰되었다. 특히 황벽추출물은 *A. niger*, 비목과 주목 추출물은 *T. viride*에 대해서 매우 우수한 항진균 활성을 나타냈다(Table 2). 또한, 부후균에 대한 항진균 활성 측정 결과, 11종의 수목 중 황벽(6.19-99.99%)과 비목(10.15-80.68%) 추출물이 매우 효과적인 것으로 나타났다(Table 3). 특히 황벽 추출물은 *C. puteana*, *L. lepideus*, *T. palustris* 그리고 *T. versicolor*에 대해서 각각 99.9, 99.9, 59.15 그리고 44.97%의 항진균 활성을 보여 조사된 수목 중 가장 우수한 결과를 나타냈다(Table 3, Figure 1). 황벽나무의 껍질인 황백은 예로부터 위장염, 복통, 설사의 치료를 위해 사용되었고²⁰ 항염증, 면역증강, 항종양효과를 나타내어 암치료를 위한 전통약제로도 이용되었다.²¹ 황백의 활성성분으로 알려진 berberine에 대해 항염증,²² 항고혈압,²³ 항균활성,²⁴ 항치매²⁵ 그리고 항암활성²⁶이 보고되고 있다. 또한 박 등²⁷은 황백에서 분리한 protoberberine 즉 berberine과 palmatine이 *Candida albicans*의 24-methyl transferase와 chitin synthase을 저해함으로써 항진균 활성을 나타낸다고 보고하고 있다. 따라서 황벽나

무 줄기에 대한 연구보고는 미비하며 황벽나무 줄기 메탄올 추출물은 부후균 뿐만 아니라 표면오염균에서도 효과적인 항진균 활성을 나타냄으로써 유기물 목재 문화재 부후방제를 위한 천연소재로 사용 가능하리라 생각된다.

3.2. 수목메탄올 추출물의 살충 활성

많은 식물 추출물과 에센셜 오일은 다양한 저장해충에 살충활성을 나타내고 주로 (+)-limonene, linalool, terpineol, carvacrol 그리고 myrcene과 같은 monoterpenoid들이 주성분인 것으로 알려져 있다.²⁸⁻³⁰ 최근 김 등³¹은 *Foeniculum vulgare* fruit의 구성성분이 세 저장해충(*Sitophilus oryzae*, *Callosobruchus chinensis* and *L. serricornis*)에 대해 접촉, 혼충활성을 나타내는 것으로 보고하고 있다. 이에 본 연구에서는 수목 11종 메탄올 추출물의 저장해충이면서 문화재 가해해충인 귤벌레에 대한 살충활성을 측정하기위해 topical application 방법을 실시하였다. 그 결과, 귤벌레 복부에 수목 11종 메탄올 추출물 25 µg/adult을 처리했을 때 6.7-56.7%의 치사율을 나타냈고 특히 주목과 전나무에서 56.7%의 치사율로 효과적인 살충활성이 측정되었다(Table 4).

주목에서 분리된 성분으로는 alkaloids, taxine, taxi-

Table 2. Antifungal activity of methanol extract from 11 Korean wood species against wood surface contaminant fungi.

Botanical name		Antifungal effect		
		<i>A. niger</i>	<i>P. cyclopium</i>	<i>T. viride</i>
<i>Abies holophylla</i>	전나무	+	+	++
<i>Ficus carica</i>	무화과나무	-	-	-
<i>Ginkgo biloba</i>	은행나무	-	+	+
<i>Koelreuteria paniculata</i>	모감주나무	-	+	++
<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	++	+	+++
<i>Phellodendron amurense</i>	황벽나무	+++	++	+
<i>Rhus vernicillua</i>	윗나무	-	+	++
<i>Styrax japonica</i>	때죽나무	-	-	-
<i>Taxus cuspidata</i>	주목나무	+	++	+++
<i>Firmiana simplex</i>	벽오동나무	-	-	-
<i>Paulownia coreana</i>	오동나무	+	+	-

+++ , very good; ++, good; +, poor; -, no

nine, taxane 유도체, taxinol, taxol, taxusin 등이 밝혀져 있고 주로 taxol의 항암활성에 관한 연구가 집중적으로 이루어졌다.^{32,33} 또한 taxine의 폐암증세포 독성,³⁴ taxamairin의 hepatoma cell에서의 antineoplastic activity,³⁵ lignan 화합물의 항산화활성³⁶ 그리고 주목씨

앗 추출물의 항산화 및 항염증효과³⁷에 관한 연구결과가 보고되고 있다. 전나무는 한방에서 잎은 류머티즘, 요통, 폐렴 등에 사용하였고 생송진은 증류하여 지혈제로 이용하였으며 송진이나 가지를 건류한 기름으로 고약을 만들어 근연, 급성 혈류장애에 쓰였다고 한다.^{38,39} 최근 이 등

Table 3. Antifungal activity of methanol extract from 11 Korean wood species against wood-decay fungi.

Botanical name	Hypha growth inhibition rate(%)					
	<i>C. puteana</i>	<i>F. pinicola</i>	<i>L. lepideus</i>	<i>P. placenta</i>	<i>T. palustris</i>	<i>T. versicolor</i>
<i>A. holophylla</i>	-	-	16.27	5.94	23.81	13.76
<i>F. carica</i>	6.75	0.48	8.81	5.19	6.52	14.09
<i>G. biloba</i>	6.44	-	9.49	8.42	12.28	10.07
<i>K. paniculata</i>	-	5.04	10.17	6.68	23.56	10.07
<i>L. erythrocarpa</i>	56.75	24.22	80.68	10.15	43.86	31.21
<i>P. amurense</i>	99.99	19.42	99.99	6.19	59.15	44.97
<i>R. verniciflua</i>	7.98	3.96	54.24	11.39	25.59	0.54
<i>S. japonica</i>	52.15	28.06	55.93	5.69	32.33	17.11
<i>T. cuspidata</i>	15.64	7.43	37.29	0.99	23.56	26.85
<i>F. simplex</i>	-	2.64	31.19	14.85	4.26	11.07
<i>P. coreana</i>	3.37	11.27	44.75	20.79	4.01	12.42

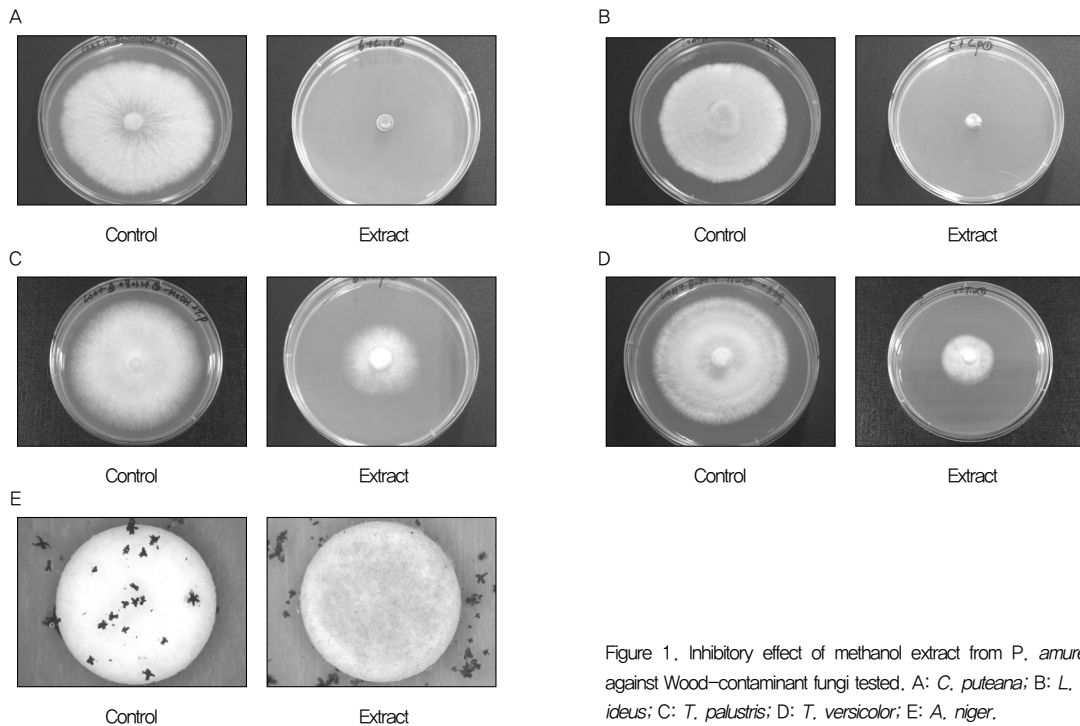


Figure 1. Inhibitory effect of methanol extract from *P. amurense* against Wood-contaminant fungi tested. A: *C. puteana*; B: *L. lepideus*; C: *T. palustris*; D: *T. versicolor*; E: *A. niger*.

Table 4. Contact toxicity of methanol extract from 11 Korean wood species against adult of *Lasioderma serricorne*.

Botanical name	Survival number of adult	Mortality(%)
Control	10(10), 10(10), 10(10)	0.0
<i>A. holophylla</i>	10(04), 10(05), 10(04)	56.7
<i>F. carica</i>	10(06), 10(05), 10(06)	43.3
<i>G. biloba</i>	10(09), 10(09), 10(10)	6.7
<i>K. paniculata</i>	10(09), 10(08), 10(09)	13.3
<i>L. erythrocarpa</i>	10(10), 10(09), 10(08)	10.0
<i>P. amurense</i>	10(07), 10(07), 10(06)	33.3
<i>R. verniciflua</i>	10(10), 10(08), 10(09)	10.0
<i>S. japonica</i>	10(09), 10(07), 10(06)	26.7
<i>T. cuspidata</i>	10(05), 10(04), 10(04)	56.7
<i>F. simplex</i>	10(10), 10(09), 10(08)	10.0
<i>P. coreana</i>	10(10), 10(07), 10(09)	13.3

은 전나무 잎에서 분리한 catechin, polydatin의 우수한 항산화 활성을 보고하고 있다.⁴⁰ 그러나 이 두 수목에 대한 살충활성은 아직 보고되지 않았으며 본 실험 결과 주목 및 전나무 메탄올 추출물이 문화재 가해해충인 권련벌레에 대해 우수한 살충활성을 나타내 문화재 해충 방제를 위한 천연 소재로서의 가능성을 시사하는 것으로 사료된다.

4. 결론

국내에서 자생하는 11종의 수목을 선별하여 각 수목을 메탄올로 추출하였고 항진균 및 살충활성을 조사하였다. 항진균 활성에 사용된 목재 오염균은 6종의 목재 부후균과 3종의 표면 오염균이며 각각 paper disc soaking 방법과 feeder strip 방법으로 측정되었다. 그리고 수목 추출물의 살충활성은 권련벌레 성충을 대상으로 topical application 방법에 의해 측정되었다. 실험결과는 다음과 같다.

1. 수목 추출물의 표면 오염균에 대한 항진균 활성 측정 결과, 황벽추출물은 *A. niger*에 대해 그리고 비목과 주목 추출물은 *T. viride*에 대해 매우 우수한 항진균 활성을 나타냈다.
2. 수목 추출물의 목재 부후균에 대한 항진균 활성측

정 결과, 황벽과 비목 추출물이 효과적인 것으로 관찰되었다. 특히, 황벽 추출물은 *C. puteana*, *L. lepideus*, *T. palustris* 그리고 *T. versicolor*에 대해 각각 99.9, 99.9, 59.15 그리고 44.97%의 항진균 활성을 보여 조사된 수목 중 가장 우수한 결과를 나타냈다.

3. 수목 추출물의 권련벌레 성충에 대한 살충활성 측정 결과, 주목과 전나무 추출물을 성충 복부에 25 µg/adult으로 24시간 처리했을 때 56.7%의 치사율을 나타냈다.

이상의 결과로부터 주목과 전나무 그리고 황벽 메탄올 추출물은 각각 총과 목재오염균에 대해 효과적인 살충 및 항진균 활성을 나타냄으로써 유기질 문화재의 생물학적 열화원을 제어하기 위한 천연소재로서 가능성을 나타낸다고 사료된다. 향후, 유기질 문화재의 생물피해 방지를 위한 보다 안정적이고 효율적인 새로운 천연 보존처리제 개발에 기초 자료로서 활용 가능하리라 기대된다.

사 사

본 연구는 2008년도 국립문화재연구소 박사후 연수과정 지원사업에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한성희, 이규식, 정용재. “국가지정 지류문화재(녹권 P)의 보존상태 조사보고” *보존과학연구*, 18, 국립문화재연구소, 3-25 (1997).
2. 김규혁, 김재진, 김형준. “봉산염 막대를 이용한 부후재의 구제처리”, *보존과학회지*, 8(1), 23-27 (1999).
3. Savluchinske-Feio, S., Nunes, L., Pereira, P.T., Silva, A.M., Roseiro, J.C., Gigante, B. and Curto, M.J.M. “Activity of dehydroabietic acid derivatives against wood contaminant

- fungi". *J. Microbiol. Meth.*, 70, 465-470 (2007).
4. Freeman, P. "Common insect pest of stored food products". *British Museum Ecom, Series 15*, 68 (1980).
 5. TDRI. "Insect and arachnids of tropical stored products their biology and identification". Storage Dept. Tropical Development and Res. Institute, London, 272 (1984).
 6. 이규식. "문화재의 곤충피해 방제" 국립문화재연구소 *보존과학연구* (2001).
 7. 오준석. "식물에서 추출한 살충·살균제가 문화재의 재질에 미치는 영향". *보존과학회지*, 20, 9-22 (2007).
 8. Kim, Y.S. "Trends on works of biodeterioration performed at both domestic and international museums". *J. conservation science*, 5(2), 65-79 (1996).
 9. Lee, H.H. and S.H. Han. "Control on the biodeterioration of cultural properties in Korea". The 23rd International Symposium on the conservation and restoration of cultural property, Tokyo, Japan, 100-110 (1999).
 10. 정용재, 이규식, 한성희 강대일, 이명희. "오향 성분의 살균 및 살충효과". *보존과학회지*, 10(1), 21-30 (2001).
 11. 정용재, 이규식, 한성희, 강대일, 이명희. "천연약제로부터 문화재보존용 방충방균제 개발". *보존과학연구*, 21, 5-26 (2001).
 12. 김윤건. "목련추출성분의 항균활성에 관한 연구". *목재공학*, 27(1), 105-114 (1999).
 13. Clausen C.A. and Yang, V. "Protecting wood from mould, decay and termites with multi-component biocide systems" *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59, 20-24 (2007).
 14. Miyazawa, M., Fujioka, J. and Ishikawa, Y. "Insecticidal compounds from *Phellodendron amurense* active against *Drosophila melanogaster*". *J. Sci Food Agric.*, 82, 830-833 (2002).
 15. Chang, S.T. and Cheng, S.S. "Antitermite activity of leaf essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum*". *J. Agric Food Chem.*, 50, 1389-1392 (2002).
 16. Cheng, S.S., Liu, J.Y., Hsui, Y.R. and Chang, S.T. "Chemical polymorphism and antifungal activity of essential oils from leaves of different provenances of indigenous cinnamon(*Cinnamomum osmophloeum*)". *Bioresour. Technol.*, 97, 306-312 (2006).
 17. Wang, S.Y., Chen, P.F. and Chang, S.T. "Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon(*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi". *Bioresour. Technol.*, 96, 813-818 (2005).
 18. Yen, T.B., Chang, H.T., Hsieh, C.C. and Chang, S.T. "Antifungal properties of ethanolic extract and its active compounds from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* (Florin) heartwood". *Bioresour Technol.*, 99(11), 4871-4877 (2008).
 19. Taylor, A.M., Gartner, B.L., Morrell, J.J. and Tsunoda, K. "Effects of heartwood extractive fractions of *Thuja plicata* and *Chamaecyparis nootkatensis* on wood degradation by termites or fungi". *J. wood Sci.*, 52, 147-153 (2006).
 20. Uchiyama, T., Kamikawa, H. and Ogita, Z. "Anti-ulcer effect of extract from *Phellodendri cortex*". *Yakugaku Zasshi*, 109, 672-676 (1989).
 21. Park, J.I., Shim, J.K., Do, J.W., Kim, S.Y., Seo, E.K., Kwon, H.J., Lee, T.K., Kim, J.K., Choi, D.Y. and Kim C.H. "Immune-stimulating properties of polysaccharides from *Phellodendri*

- cortex (Hwangbek)*. *Glycoconj. J.*, 16, 247-252 (1999).
22. Akhter, M.H., Sabir, M. and Bhide, NK. "Anti-inflammatory effect of berberine in rats injected locally with cholera toxin". *Indian J. Med. Res.*, 65, 133-141 (1977).
 23. Bova, S., Padrini, R., Goldman, W.F., Berman, D.M. and Cargnelli, G. "On the mechanism of vasodilating action of berberine: possible role of inositol lipid signaling system". *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 261, 318-323 (1992).
 24. Amin, A.H., Subbaiah, T.V. and Abbasi, K.M. "Berberine sulfate: antimicrobial activity, bioassay, and mode of action". *Can. J. Microbiol.*, 15, 1067-1076 (1969).
 25. Tsai, C.S. and Ochillo, R.F. "Pharmacological effects of berberine on the longitudinal muscle of the and guinea-pig isolated ileum". *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*, 310, 116-131 (1991).
 26. Lin, S.K., Tsai, S.C., Lee, C.C., Wang, B.W., Liou, J.Y. and Shyu, K.G. "Berberine inhibits HIF-1 α exoerssion via enhanced proteolysis". *Mol. Oharmacol.*, 66, 612-619 (2004).
 27. Park, K.S., Kang, K.C., Kim, J.H., Adams, D.J., Johng, T.N. and Paik, Y.K. "Differential inhibitory effects of protoberberines on sterol and chitin biosynthesis in *Candida albicans*". *J. Antimicrob. Chemoth.*, 43, 667-674 (1999).
 28. Coat, J.R., Karr, L.L. and Drewes, C.D. "Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids in insects and earthworms". in *Naturally Occurring Pest Bioregulators by Hedin PA*, ACS Symp Ser No 449, American chemical Society, Washington, DC, USA, 305-316 (1991).
 29. Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. "Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean(*Phaseolus vulgaris L*)". *J. Stored Prod. Res.*, 31, 291-299 (1995).
 30. Ahn, Y.J., Lee, S.B., Lee, H.S. and Kim, G.H. "Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and β -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var *hondai* sawdust". *J. Chem. Ecol.*, 24, 81-90 (1998).
 31. Kim, D.H. and Ahn, Y.J. "Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects". *Pest Manag. Sci.*, 57, 301-306 (2001).
 32. Maurice, V., Jean, D., Fastre, V. and Mondher R.J, "Taxanes in *Taxus baccata* pollen". *Planta Medica.*, 68, 36-40 (2000).
 33. Kobayashi, J. and Shigemori, H. "Bioactive taxoids from the Japanese yew *Taxus cuspidata*". *Med. Res. Rev.* 22, 305-328 (2002).
 34. Prasain, J.K., Stefanowicz, P., Kiyota, T., Habeichi, F. and Konishi, Y. "Taxines from the neddles of *Taxus wallichiana*". *Phytochem.*, 58, 1167-1170 (2001).
 35. Yue, Q., Fang, Q.C. and Liang, X. "A Taxane-11, 12-oxide from *Taxus yunnanensis*". *Phytochem.*, 43, 639-642 (1996).
 36. 이학주, 이성숙, 최돈하, 권영한. "수목추출물의 생리활성에 관한 연구(XI), 주목(*Taxus cucpidata*) 심재 추출성분 및 항산화 활성". *목재공학*, 31(1), 32-40 (2003).
 37. 김인영, 조춘구. "주목씨앗 추출물의 제조방법 및 효능효과". *생약학회지*, 33(4), 364-371 (2002).
 38. 김태욱. "한국의 수목". *교학사*, 49 (1996).
 39. 이창복. "대한식물도감". *향문사*, 59-68 (1985).
 40. 이상극, 최돈하, 배영수. "국내산 주요 침엽수 잎의 추출성분(I)-구상나무(*Abies koreana Maximowicz*)와 전나무(*Abies holophylla Wilson*) 잎 추출성분의 항산화 활성". *목재공학*, 34(3), 73-83 (2006).