

# 황벽나무 추출물의 유기질 문화재 오염균에 대한 항균성 및 항산화 활성

홍진영<sup>†</sup> · 김영희 · 정미화 · 조창욱 · 최정은  
(2010년 9월 7일 접수: 2010년 12월 17일 채택)

## Antifungal Activities on Organic Heritage Fungi and Antioxidative effect of *Phellodendron amurense* Extractives

Jin Young Hong<sup>†</sup>, Young-Hee Kim, Mi Hwa Jung, Chang Wook Jo, Jung Eun Choi  
(Received september 7, 2010: Accepted December 17, 2010)

### ABSTRACT

Antifungal and antioxidative activities of *Phellodendron amurense* extracts were investigated for use as a natural preservative. After separation of *P. amurense* into phloem, xylem, leaf and fruit each part was subjected to methanol extraction. Each MeOH extract was further fractionated with several solvents(n-hexane, methylene chloride and ethylacetate). Among the methanol extracts, extracts of phloem and leaf inhibited effectively the growth of mold fungi and rot fungi, respectively. Especially, ethylacetate fraction from phloem showed the highest growth inhibitory effects against fungi tested, such as *P. citreonigrum* H3, *P. toxicarium* H4, *P. corylophilu* H5, *A. clavatus*, *P. osteatu*s, *S. commune*, and *G. lucidum*. The fractions of fruit, which had lower antifungal activities mostly than those of phloem, strongly inhibited rot fungi such as *G. lucidum*, *T. versicolor*, and *T. palustris*. Compared to ferulic acid which is well known antioxidant, ethylacetate fraction of fruit showed high antioxidative activities on concentration of 1 to 100 $\mu$ g/ml in DPPH radical scavenging activity. As a result, antifungal and antioxidative activities of *P. amurense* suggest that its extract and fraction have a possibility as conservative of cultural heritage because it might get conservation effects against deteriorating microorganisms of cultural heritage.

**Keywords** : *Phellodendron amurense*, antifungal activity, antioxidative activity

---

• 이 논문은 문화재청 국립문화재 연구소의 지원을 받아 보존복원기술개발연구(R&D) 사업의 일환으로 수행되었음

<sup>†</sup> 교신전자 (Corresponding Author): E-mail; hjy2009@naver.com

# 1. 서론

황벽나무는 운향과 (*Rutaceae*)에 속하는 낙엽활엽교목으로 국내에서는 예로부터 전국적으로 자생하고 있는 수목이다. 황벽나무의 사부는 옷감이나 종이를 물들이는 황색 염제로 사용되었고, 사부의 한약재 명칭인 황벽은 민간에서는 해독, 해열, 갈증해소, 지사, 설사 등에 효과적인 생약으로 이용되기도 하였다. 또한 최근 연구에 의해 황벽나무의 지방분해 활성<sup>1)</sup>, 피부 melanin 생합성 저해 활성<sup>2)</sup>, 항산화 활성<sup>3)</sup>이 보고되었으며, 항미생물 활성 연구에서는 식품 부패 미생물<sup>4)</sup>이나 피부진균<sup>5)</sup>, 식중독균<sup>6)</sup>, 구강균<sup>7)</sup>에 대한 저해 효과가 확인되었다. 황벽나무의 열매는 황백 자라 하여 민간에서 살충제로도 쓰였고, 양약의 제조 성분으로도 이용되었다<sup>8)</sup>. 또한, 황벽나무 열매의 성분은 현존 최고(最古)의 목판인쇄물인 무구정광대다라니경(국보 제126호)이 1천 200년이나 온전하게 보존된 비밀이라고 알려져 있다<sup>9)</sup>. 다라니경을 만든 종이 제조의 최종과정에서 열매로부터 채취한 황색 색소로 착색하였기 때문에, 이 성분 벌레나 세균의 침입을 막고 먹의 번짐을 차단하는 한편, 향내를 풍김으로써 종이의 품질을 높일 수 있던 것이라고 한다<sup>9)</sup>. 이렇듯 예로부터 황벽나무는 약재를 비롯해 문화재의 보존 등에 널리 이용되어 왔다. 문화재에 적용되는 보존 처리제는 문화재 재질에 영향을 미치지 않도록 무색, 무취, 무독해야 하며 조각의 편이성, 장기간 보존 가능 등의 조건이 요구된다. 최근, 문화재 보존과학 분야에서는 천연물의 성분을 이용한 보존제를 연구 개발하는 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 정 등<sup>10)</sup>은 불상의 복장유물인 오향(청목향, 정향, 광향, 침향, 유향)을 이용하여 문화재용 방충방균제를 개발하였고 국외에서는 Rakatonirainy와 Lave' drine

(2005)는 휘발성 정유를 이용하여 도서관과 기록물 저장고의 미생물오염원에 대하여 항균활성 정도를 검증하였다<sup>11)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 황벽나무 부위별 추출물을 포함한 열매 추출물 및 분획물을 이용하여 문화재 열화원 중의 하나인 곰팡이에 대한 항진균 활성 조사 및 항산화 효과를 보존 과학적으로 증명하고, 나아가 황벽나무 부위별 추출물 및 분획물에 대한 생물방제 보존 처리제로서의 가능성 여부를 탐색하고자 하였다.

# 2. 재료 및 방법

## 2.1 실험 재료

### 2.1.1 황벽나무

본 연구에 사용된 황벽나무는 50년생으로 대전광역시 유성구 금고동의 수목원관리사업소 양묘장에서 2009년 9월에 채취하였다. 사부 (Phloem; Ph) 및 목부 (Xylem; Xy), 잎 (Leaf; Le), 열매 (Fruit; Fr)로 분리하여 -20℃ 냉동고에 보관하여 실험에 사용하였다. 각 부위별로 3일 동안 음건하였고, 99.95%의 메탄올로 실온에서 1주일 동안 추출한 후 filter paper (Whatman No. 2)로 여과하였다. 여액은 회전식 진공농축기 (EYELA, Japan)로 감압농축한 후 본 실험의 시료로 사용하였다.

### 2.1.2 공시균

사용된 균주는 2008년 해인사 장경판전으로부터 분리한 미생물인 표면 오염균들로서 KACC (Korean Agricultural Culture Collection)에 특허 미생물로 기탁되어진 균주들이다 (Table 1). 또한 유기질 문화재의 열화원으로 보고되고 있는 11종의 곰팡이를

**Table 1. Fungi screened from the cultural heritage.**

Type of fungi	Sources	No.	Scientific Name	Strains
Mold fungi	Janggyeongpanjeon	H1	<i>Cladosporium cladosporioides</i> H1	KACC93098P
		H3	<i>Penicillium citreonigrum</i> H3	KACC930100P
		H4	<i>Penicillium toxicarium</i> H4	KACC930101P
		H5	<i>Penicillium corylophilu</i> H5	KACC930102P
		H6	<i>Aspergillus versicolor</i> H6	KACC930103P
		H7	<i>Acremonium alternatum</i> H7	KACC930104P

Table 2. Fungi obtained from KACC and CNU.

Type of fungi	No.	Scientific Name	Strains
Mold fungi	K1	<i>Penicillium chrysogenum</i>	KACC 42216
	K2	<i>Aspergillus clavatus</i>	KACC 40071
	K3	<i>Aspergillus niger</i>	KACC 43547
	K4	<i>Aspergillus flavus</i>	KACC 40232
	K8	<i>Aspergillus versicolor</i>	KACC 41873
	K9	<i>Penicillium polonicum</i>	KACC 43011
White rot fungi	K5	<i>Pleurotus ostreatus</i>	KACC 50356
	K6	<i>Schizophyllum commune</i>	KACC 43373
	K7	<i>Ganoderma lucidum</i>	KACC 42231
	TV	<i>Trametes versicolor</i>	ChungNam
Brown rot fungi	TP	<i>Tyromyces palustris</i>	National University

KACC와 충남대학교 임산공학과로부터 분양받아 사용하였다 (Table 2). PDA (Potato Dextrose Agar, Difco) 평판배지에서 28℃의 조건으로 계대배양하면서 항진균력 실험에 이용하였다.

## 2.2. 실험 방법

### 2.2.1 열화 미생물의 기질 분해능 평가

주요 문화재 보관처로부터 분리한 균주들이 유기질을 분해시키는 효소를 분비하는지 알아보기 위해 다양한 기질 분해능 조사를 하였으며 방법은 서 등<sup>12)</sup>의 방법을 약간 변형하여 수행하였다. 선택배지는 유기질의 주 구성성분인 cellulose, hemicellulose 및 lignin의 분해능 관찰을 위해 1.2% CMC (carboxy methyl cellulose, sigma), 0.5% Oat spelt xylan (sigma)를 첨가한 PDA 배지, 0.1%의 lignin을 첨가한 최소배지 ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2%, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.05%, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02%, Agar 1.5%)를 사용하였다. CMC와 xylan 배지는 congo red test를 실시하였으며 lignin 배지에는 균주의 생육여부와 균주 주위의 배지의 투명도를 관찰하여 알아보았다<sup>13)</sup>.

### 2.2.2 황벽나무의 추출 및 분획

기건 상태인 황벽나무를 부위별로 분리하여 99.5% 메탄올로 실온에서 1주일 동안 추출한 후 여과지 (Whatman No.2)로 여과하였다. 여액은 회전식 진공농축기 (EYELA, Japan)로 감압농축한 후 본 실험

의 조추출물 시료로 사용하였다.

용매별 극성차이를 이용하여 용매분획을 실시하였다. 시료를 증류수에 현탁시킨 다음, n-hexane을 1:1 (v:v)의 비율로 혼합한 후 n-hexane (이하 Hex)층을 분리하였다. 동일한 방법으로 methylene chloride (이하 MC), ethylactate (이하 EtOAc)을 순차적으로 가하여 각 용매 층을 획득하였다. 용매별 가용성 추출물은 진공 감압 농축하여 본 실험의 분획물 시료로 사용하였다.

### 2.2.3 목재 부후균에 대한 항진균 활성 검정

부후균에 대한 항진균 활성 실험은 paper disc soaking 방법<sup>14)</sup>을 사용하였다. 농도별로 제조한 황벽나무 추출물을 멸균된 paper disc (Advantec, 8 mm)에 각각 5 mg (in ethanol)씩 흡수시킨 다음, 평판배지 위 중앙에 살짝 올려놓았다. 그런 다음, 전 배양시킨 부후균의 균사 선단부를 8 mm 코르크 보러 (cork borer)를 이용하여 disc위에 올려놓고 28℃에서 배양시켰다. 대조군으로는 에탄올을 동일한 방식으로 흡수시켜 사용하였다. 소정의 배양 기간동안 추출물을 함유한 paper disc위에서 성장한 균사의 직경 비교를 통해 균사 성장 억제율 (Hyphal Growth Inhibition Ratio, HGIR %)을 다음 식에 의해 산출하였으며 3회 반복 실험하였다.

$$\text{균사 성장 억제율 (\%)} = (Dc - Dt) / Dc \times 100$$

Dc = diameter of grown hypha in control,

Dt = diameter of grown hypha in treatment

**Table 4. Antifungal activities of methanol extracts against rot fungi.**

No.	HGIR (%)			
	Ph	Xy	Le	Fr
K5	2.4	11.8	61.8	-
K6	-	-	-	-
K7	2.4	8.2	81.2	-
TV	-	7.1	23.5	22.0
TP	5.0	11.8	14.1	23.0

Ph: phloem, Xy: xylem, Le: leaf, Fr: fruit

**2.2.4 표면 오염균에 대한 항진균 활성 검정**

**(가) 포자현탁액 준비**

PDA를 포함하는 사면 배지에 시험균들을 각각 접종하여 28℃에서 2주 동안 배양하였다. 배양 후 멸균수를 넣고 유리봉으로 균의 표면을 긁어 나온 액을 2중의 거즈로 여과한 다음, 20% 글리세롤에 현탁하고 -80℃의 온도에 보관하여 사용하였다. 포자수는 haemocytometer (Marienfeld, Germany)를 이용하여 측정하였으며 모든 균주의 포자수를 3x10<sup>6</sup> spores로 일정하게 맞추어 실험하였다.

**(나) Paper disc agar diffusion method**

멸균된 paper disc (Advantec, 8 mm)에 추출물 및 분획물을 5 mg (in ethanol)씩 흡수시킨 다음, 15분 후 포자수를 3x10<sup>6</sup>로 맞추어 도말을 한 평판배지의 중앙에 살짝 올려놓고 28℃에서 배양하였다. 대조군으로는 에탄올을 동일한 방식으로 흡수시켜 사용하였다. 4~5일 후 disc 주위에 생성되는 투명환의 유무와 크기를 측정하였다

**2.2.6 황벽나무 추출물의 항산화 활성**

**(가) DPPH radical 소거 활성**

96-well plate에 증류수 10 µl와 시료 (in methanol) 10 µl를 혼합하여 넣은 뒤 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhyrohydrodrazyl) 용액 (150 mM, Ethanol)을 80 µl 첨가해 실온에서 20분 동안 반응시킨 후에 ELISA leader (VersaMax, Molecular Devices)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다<sup>15)</sup>.

**(나) ABTS radical 소거 활성**

ABTS (2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline 6-sulfonic acid)를 7 M 농도로 용해시킨 후 ABTS 양이온 radical

을 만들기 위해 2.45 M의 potassium persulfate를 첨가하여 12시간 동안 실온의 암실에서 보관하여 녹색색의 발색단을 생성시켰다. ABTS 양이온 radical은 증류수에 희석하여 734 nm에서 흡광도가 약 0.7~1.1이 되도록 준비한 후에 96-well plate에 증류수 10 µl와 시료 10 µl을 혼합한 뒤 ABTS 양이온 radical 용액을 180 µl씩 첨가하여 상온에서 7분 동안 반응시킨 후에 ELISA leader를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다<sup>15)</sup>.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1 열화 미생물의 기질 분해 특성**

유기질 문화재 열화 미생물의 기질별 분해능은 균의 주변에 생기는 투명환의 육안관찰을 통하여 없음 (-), 약함 (w+), 강함 (+), 매우 강함 (++)으로 구분하였다. CMC, xylan 및 lignin과 같은 기질의 분해 여부를 관찰한 결과, 대부분의 곰팡이들이 CMC와 xylan을 강하게 분해하였다 (Table 3). 이들이 분비하는 효소들은 대부분 세포외 분비효소로서 미생물이 성장하

**Table 3. Extracellular enzyme activities of fungi.**

No.	Extracellular Enzyme Activity		
	CMC	Xylan	Ligin
H1	+	+	w+
H3	+	w+	-
H4	+	w+	+
H5	+	w+	-
H6	w+	w+	+
H7	+	w+	-
K1	+	w+	w+
K2	++	++	w+
K3	++	++	w+
K4	-	+	-
K8	+	w+	w+
K9	+	w+	-
K5	w+	+	-
K6	w+	+	+
K7	+	-	+
TV	+	+	+
TP	+	+	+

면서 유기물을 섭취하기 위해 세포 밖으로 효소를 분비하게 된다. 따라서 셀룰로오스를 분해하거나 색소를 분비하여 유기질 문화재에 외관상 미적 손상을 주거나 조직적 및 구조적 손상을 주어 문화재의 가치와 보존 상태를 훼손할 수 있다.

### 3.2 황벽나무 추출물의 항진균 활성

#### 3.2.1 황벽나무 메탄올 추출물의 항진균 활성

황벽나무의 사부, 목부, 잎 그리고 열매의 메탄올 추출물을 이용해 12점의 표면 오염균과 5종의 목재 부후균에 대한 항진균 활성을 조사한 결과, 사부 추출물은 표면 오염균을 강하게 억제하였고 잎 추출물은 목재 부후균의 성장을 저지시키는 각기 다른 효과를 나타내었다. 특히, 사부(Ph)의 메탄올 추출물은 문화재로부터 순수 분리한 균주인 *C. cladosporioides* H1, *P. citreonigrum* H3, *P. toxicarium* H4에 대해 각각 10, 13, 16 mm의 성장 억제환을 형성하여 곰팡이 저해효과를 나타내었다 (Table 5). 잎 (Le) 추출물은 비록 표면 오염균에 대해서는 억제하지 못했지만, 모든 목재 부후균에 대해서는 사부 추출물보다 높은 저지율 (%)을 보였다 (Table 4). 장 등<sup>5)</sup>은 황벽나무의 메탄올 추출물이 *C. albicans*를 억제하는 효능이 높았다고 보고 하였으며 곽<sup>7)</sup>과 손 등<sup>6)</sup>은 황벽의 에탄올 추출물이 식중독균과 구강균에 대해 높은 항진균활성을 보였다고 보고함에 따라 황벽나무의 사부가 표면 오염균의 번식을 억제하는데 효과가 있음을 입증하고 있다. 잎 추출물의 경우, *P. ostreatus*와 *G. lucidum*을 각각 61.82%, 81.18%로 억제함으로써 다른 부위의 추출물보다 강한 균사 성장의 저지효과를 나타냈다.

#### 3.2.2 황벽나무 사부 분획물의 항진균 활성

황벽나무 사부의 메탄올 추출물은 목부, 잎 및 열매의 메탄올 추출물보다 표면 오염균을 억제하는 활성을 나타내었다. 따라서 사부에서 이러한 항진균 효능을 나타내는 물질이 어떠한 특징을 가지고 있는지 알아보기 위해 유기용매의 극성차이를 이용하여 분획과정을 거쳐 각 분획물들의 활성을 조사하였다. 그 결과, 분획물 중에서 MC와 EtOAc 분획물에서 표면 오염균과 목재 부후균의 성장을 강하게 억제하였다 (Table 6~8). 비록 사부의 메탄올 추출물 자체에서는 목재 부후균을 억제하는데 다소 미흡했지만, EtOAc 분획물은 대부분의 부후균에 대해서 항진균 활성을 나타냈으며 *P. ostreatus*, *S. commune*와 *G. lucidum*의

**Table 6. Antifungal activities of phloem fractions against mold fungi.**

No.	Clear zone(diameter,mm)			
	Con	Hex	MC	EtOAc
H1	-	-	16.0	9.0
H3	-	12.0	25.0	15.0
H4	-	10.0	36.0	19.5
H5	-	-	-	11.5
H6	-	-	10.5	8.5
H7	-	-	12.0	9.0
K1	-	-	-	8.0
K2	-	-	-	11.0
K3	-	-	-	-
K4	-	-	8.0	8.0
K8	-	-	11.0	±
K9	-	-	-	±

Con: control, Hex: n-hexane, MC: methylene chloride, EtOAc: ethylacetate, - : no activity, ± : < 8.5mm

**Table 5. Antifungal activities of methanol extracts against mold fungi.**

No.	Clear zone(diameter, mm)											
	H1	H3	H4	H5	H6	H7	K1	K2	K3	K4	K8	K9
Ph	10.0	13.0	16.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Le	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ph: phloem, Xy: xylem, Le: leaf, Fr: fruit

**Table 7. Antifungal activities of fruit fractions against mold fungi.**

No.	Clear zone(diameter,mm)			
	Con	Hex	MC	EtOAc
H1	-	-	-	-
H3	-	-	-	-
H4	-	10.0	11.5	-
H5	-	10.5	10.0	-
H6	-	-	-	-
H7	-	-	-	-
K1	-	-	-	-
K2	-	-	-	-
K3	-	-	-	-
K4	-	-	-	-
K8	-	-	-	-
K9	-	-	-	-

Con: control, Hex: n-hexane, MC: methylene chloride, EtOAc: ethylacetate, -: no activity, ±: < 8.5mm

성장을 모두 99.99% 억제하였다. 이러한 결과는 최<sup>16)</sup>가 황벽나무 사부의 MC 분획물이 목재 부후균인 *C. puteana*, *L. lepideus*와 *T. versicolor*를 100%억제하고 *T. palustris*, *F. pinicola*와 *P. placenta*를 각각 74.6%, 37.4%, 38.5% 억제했다는 결과와 유사하였으며 EtOAc 분획물이 가장 우수한 효과를 보였다는 결과가 일치하였다.

대부분의 사부 분획물들은 문화재로부터 순수 분리된 곰팡이들의 발생을 강하게 억제하였으며, 그 중에서 *P. toxicarium* H4가 가장 민감한 것으로 나타났다.

비극성 용매인 n-hexane은 식물의 색소, 유지류

wax, fatty와 lipid 물질을 분리하는데 이용되는데, 이 분획물은 표면 오염균과 같은 곰팡이의 성장을 억제하는데 어려운 것으로 보여 아무런 관련이 없는 것으로 사료된다.

### 3.2.3 황벽나무 열매 분획물의 항진균 활성

황벽나무 열매의 메탄올 추출물은 곰팡이의 성장을 억제하는 효과를 보이지 않는 것으로 나타났다. 하지만, 무구정광대다라니경의 보존에 있어서 황벽나무의 열매가 큰 역할을 했을 것이라는 보고에 대한 검토를 위해서 메탄올 추출물을 다양한 용매로 분획한 다음, 항균 활성을 조사하였다. 그 결과, Hex과 MC 분획물에서 문화재로부터 순수 분리한 균주인 *P. toxicarium* H4와 *P. corylophilu* H5를 억제하는 효과가 관찰되었지만 (Table 7), 그 외의 균주들에 대한 항진균 활성을 보이지 못했다. 목재 부후균에 대한 항진균 활성에서는 Hex, MC, EtOAc 분획물질이 *G. lucidum* (K7), *T. versicolor* (TV)와 *T. palustris* (TP)의 성장을 저지하는 효과를 나타내었다. 그 중에서 *T. versicolor* (TV)와 *T. palustris* (TP)에 대한 Hex 분획물질의 항진균 활성은 사부의 메탄올 추출물 및 분획물에서 보다 우수하였으며 각각 43.53%와 35.29%의 억제활성을 나타내었다 (Table 8). 따라서 황벽나무의 열매는 목재를 부후시키는 균의 성장을 방해하는 효과를 가진 것으로 보여지며, 이러한 결과는 무구정광대다라니경의 보존에 있어서 열매의 역할을 어느 정도 검증한 계기가 되었을 것으로 사료된다.

### 3.3 황벽나무 열매 추출물의 항산화 활성

열매의 추출물 및 분획물질의 항진균 효과 뿐 아니

**Table 8. Antifungal activities of phloem and fruit fractions against rot fungi.**

No.	Hyphal Growth Inhibition Ratio(%)							
	Phloem fractions				Fruit fractions			
	Con	Hex	MC	EtOAc	Con	Hex	MC	EtOAc
K5	-	4.7	99.9	99.9	-	-	-	-
K6	-	-	17.0	99.9	-	-	-	-
K7	-	-	99.9	99.9	-	88.2	69.4	68.2
TV	-	-	11.0	-	-	43.5	44.7	41.2
TP	-	5.0	23.0	9.0	-	35.3	14.2	16.5

Con: control, Hex: n-hexane, MC: methylene chloride, EtOAc: ethylacetate, -: no activity

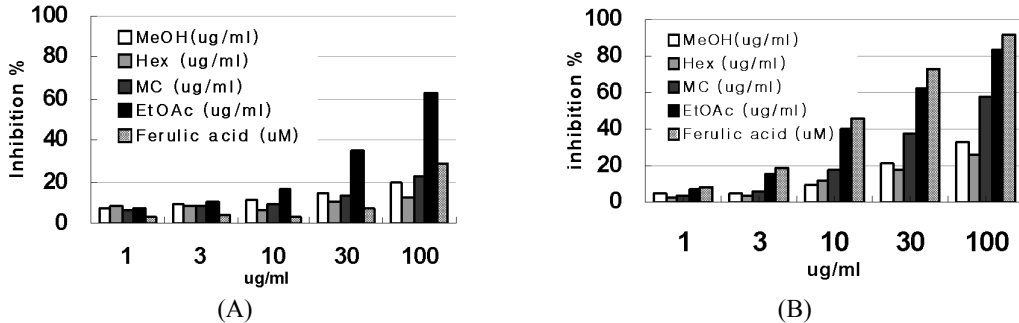


Figure 1. DPPH (A) and ABTS (B) radical scavenging activities of *P. amurense* fruit.

라, 항산화 활성도 알아보았다. 유기질 문화재 특히, 종이류는 산화작용에 의한 열화에 가장 민감할 수 있기 때문에, 이를 방지하는 항산화 작용을 조사하기 위해 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성을 측정하였다. 그 결과, DPPH radical 소거활성에서 30  $\mu\text{g/ml}$  이하의 농도에서 항산화 효과가 우수하다고 알려져 있는 Ferulic acid 보다 모두 높은 항산화 활성을 보였다. 하지만 100  $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서는 EtOAc 분획물이 62.8%의 항산화 활성을 나타내어 28.8%의 Ferulic acid보다 2배 이상의 높은 항산화 활성을 보여주었다. ABTS radical 소거활성에서는 100  $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 EtOAc 분획물이 82.9%의 소거활성을 보여 Ferulic acid (92.3%) 보다 비록 낮은 소거활성을 보였지만 다른 분획물 보다 비교적 높은 항산화 활성을 갖는 것으로 조사되었다. 또한, ABTS의 농도가 증가함에 따라 Ferulic acid와 함께 MC와 EtOAc 분획물질의 항산화 활성도 함께 증가하는 것을 볼 수 있었다 (Fig. 1). 항진균 활성에서 효과적이었던 분획물들이 항산화 활성에서도 비교적 우수한 소거활성을 보임에 따라 종이류와 같은 유기질 문화재의 산화 방지에 효과적일 수 있으며 생물방제 물질의 활용 가능성을 본다면, 자체의 효능 지속 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 황벽나무의 메탄올 추출물과 분획물질을 이용하여 다양한 유기질 문화재 가해균에 대한 항진균 활성을 조사하였으며 그 결과 다음과 같은

결론을 얻었다.

1. 황벽나무 사부, 목부, 잎 그리고 열매의 메탄올 추출물중에서 사부의 메탄올 추출물이 문화재로부터 순수 분리된 미생물 (표면 오염균)에 대한 항진균 효과를 나타냈다. 특히, *C. cladosporioides* H1, *P. citreonigrum* H3와 *P. toxicarium* H4에 대해 각각 10, 13, 16 mm의 성장 억제환을 형성하였다. 이러한 미생물들은 유기질을 분해하는 효소를 분비하는 곰팡이로 확인되었다. 또한, 목재의 섬유소 및 리그닌을 분해하여 문화재에 손상을 끼치는 부후균에 대해서는 다른 추출물에 비해 잎의 메탄올 추출물이 균의 성장을 저지시키는데 효과적이었다.

2. 사부의 분획물 중에서 MC와 EtOAc 분획물질이 표면 오염균을 억제하는데 우수한 효과를 나타냈으며 특히, 문화재로부터 순수 분리된 곰팡이들을 억제하는 뛰어난 활성을 보였다. 또한, EtOAc 분획물질은 목재 부후균의 성장을 저지하는 데에도 효과적이었다.

3. 열매의 분획물 중에서 Hex과 MC 분획물질이 *P. toxicarium* H4와 *P. corylophilu* H5에 대한 억제환을 나타냈지만 다소 약한 효과를 나타내었다. 하지만 Hex, MC와 EtOAc 분획물이 *G. lucidum*, *T. versicolor*와 *T. palustris*와 같은 목재 부후균에 대해서는 우수한 저지 효과를 나타내었다. 또한, 열매의 MC, EtOAc 분획물질들은 뛰어난 항산화 활성을 나타내었다.

4. 황벽나무의 우수한 항진균 효과와 열매의 항산화 활성을 조사한 이번 연구 결과로부터 황벽나무의 성분이 미생물의 성장을 억제하고 산화 방지에 높은

효과가 있음을 확인하였다. 황벽나무 추출물 및 분획 물질을 이용하여 목재 문화재에 발생하는 생물학적 열화원인인 목재 부후균 및 표면 오염균, 해충의 방제를 위한 보존제의 원료 및 후보 물질로서의 활용 가능성을 확인하였다. 황벽나무 사부 추출물 및 분획물은 높은 항진균력을 보였고, 황벽나무 열매의 EtOAc 분획물은 항산화 활성이 높아 황벽나무 추출물의 생물 방제 후보 물질로서의 가능성을 보여주었다.

## 인용문헌

1. 김경희, 안순철, 이명선, 권오승, 오원근, 김민수, 손천배, 안중석, 황백으로부터 분리한 지방세포 분해 저해물질, 한국식품과학회지, 35(3): 503-509 (2003).
2. 이종구, 최지영, 오준석, 정희욱, 최은향, 이희상, 김정아, 장태수, 손종근, 이승호, 황백(黃柏)으로부터 멜라닌 생합성 억제물질의 분리, 생약학회지, 38(4): 387-393 (2007).
3. 이승은, 성낙술, 방진기, 박춘근, 성정숙, 송진, 한국산 약용식물의 항산화 효과, 한국약용작물학회지, 11(2): 127-134 (2003).
4. 박옥연, 장동석, 조학래, 한약재 추출물의 항균효과 검색, 한국식품영양과학회지, 21(1): 91-96 (1992).
5. 장소영, 유시용, 김성덕, 식물 추출물의 *Pityrosporum ovale* 및 *Candida albicans*에 대한 항진균 활성, 생약학회지, 34(4): 303-307 (2003).
6. 손동화, 이석일, 정영건, 한약재의 식중독균에 대한 항균효과, 한국위생과학회지, 7(2): 103-108 (2001).
7. 곽동주, 황백추출물이 구강균 *Streptococcus mutans*의 증식에 미치는 영향, 한국위생과학회지, 10(2): 99-107 (2004).
8. 임경빈, 솟아라 나무야, 다른 세상, 서울, 대한민국, (2001).
9. 박상진, 궁궐의 우리나라 “황벽나무”, 278-281 (2001).
10. 정용재, 이규식, 한성희, 강대일, 이명희, 오향성분의 살균 및 살충 효과, 보존과학회지 10(1): 21-30, (2001).
11. Rakotonirainy, M. S., and Lave'drine B., Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *International Biodeterioration & Biodegradation* 55: 141-147, (2005).
12. 서원숙, 홍진영, 최홍서, 김주환, 김영민, 섬유소-펙틴 분해력이 있는 새로운 *Aspergillus tubingensis*의 분리와 특성 규명, *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.*, 31(2): 124-128 (2003).
13. 김용균, 김한수, 김근기, 손홍주, 이영근, Lignocellulose의 분해 및 이용을 위한 Lignin 분해 세균의 분리, *Korean journal of Life Science*, 12(4): 392-398 (2002).
14. 김윤근, 목련 추출성분의 항균성에 관한 연구, 목재공학 27(1): 105-114 (1999).
15. 박순혜, 산삼배양근의 성분 분석과 심혈관계 관련 활성, 박사학위논문, 충남대학교, (2010).
16. 최윤아, 황벽나무 추출물의 목재문화재 열화미생물에 대한 항균활성, 석사학위논문, 전남대학교 (2008).
17. 홍진영, 정미화, 유기질 문화재로부터 분리한 곰팡이에 대한 참나무 목초액의 항진균 활성 조사, 보존과학연구지 30, 158-170 (2009).