

산소흡수제처리에 의한 한지의 생물열화 방지효과

서진호, 최경화, 박지희

국립문화재연구소

1. 서론

박물관이나 도서관에 존재하는 지류 유물은 보존 환경에 따라 곰팡이, 균류, 곤충, 그리고 설치류와 같은 생물학적 인자의 침입을 받기 쉽다. 보존환경이 제어되는 대형 박물관 외에 소규모의 박물관이나 개인소장된 유물의 경우 실제 피해가 심각한 실정이다. 또한 미생물에 의해 피해가 발생한 유물을 그대로 방치하면 피해영역이 늘어날 뿐만 아니라 미생물의 분비물로 인한 착색 오염 등이 발생하는 경우도 있다.¹⁾ 지류의 열화 원인균을 살펴보면 *Aspergilli* 30%, *Penicillium* 30%로 이 두 가지 균류가 주를 이루고 있다.²⁾ 따라서 본 연구에서는 전통적인 육재와 소다회를 자숙제로 사용하여 제작한 배접지 시료에 *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum* 2종의 균을 접종하여 생물열화를 실시하였으며 큰 규모의 보존환경시설을 설치할 수 없는 경우를 대비하여 산소흡수제와 밀봉처리를 통한 생물열화 방지효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

(가) 한지

한지는 다음 표 1과 같이 국내 공방 4곳에서 분양받아 사용하였으며, 각각의 기본 특성은 다음과 같다.

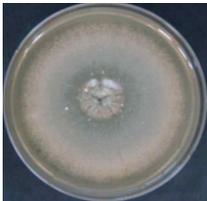
표 1. 한지 시료.

	한지	자숙재		한지	자숙재
A	AN	hot pepper ash	C	CN	hot pepper ash
	AC	Na ₂ CO ₃		CC	Na ₂ CO ₃
B	BN	cotton ash	D	DN	buckwheat ash
	BC	Na ₂ CO ₃		DC	Na ₂ CO ₃

(나) 균류

각 공시재료의 생물열화 특성 및 산소흡수제 처리에 따른 변화를 분석하기 위해 *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*을 농업유전자원센터(KACC)에서 분양 받아 PDA(Potato Dextrose Agar) 배지에 접종하여 28℃의 인큐베이터에서 2주간 배양하였다.

표 2. *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*의 기본 특성.

Scientific name	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium polonicum</i>
Sample name	K-8	K-9
KACC No.	41873	43011
History	CBS 245.65	CNU 0600092
Location of Isolation	USA, Indiana	Daejeon, Korea
Source	Cellophane	Pinus densiflora
Media	PDA(Potato Dextrose Agar)	PDA(Potato Dextrose Agar)
Temperature	28℃	28℃
Image		

2.2 실험방법

(가) 균류 접종 및 산소흡수제 처리

한지는 6×6cm로 재단하였으며 가압멸균장치(autoclave)에서 120℃로 멸균한 후 무균상자(clean bench) 내에서 petri dish(φ90mm)에 한 장씩 넣었다.

균의 접종은 cork borer(3호)를 사용하여 한지의 중앙에 접종하였고 petri dish(φ90mm) 뚜껑을 개봉한 상태로 지름 150mm의 petri dish내에 투입하였다. 균의 생장에 필요한 수분을 제공하기 위해 균에 직접 닿지 않도록 바깥쪽의 petri dish(φ150mm)내에 10ml의 멸균수를 넣고, para film으로 밀봉하였다. 산소흡수제 처리시료의 경우 바깥쪽 petri dish(φ150mm)내에 수분에 영향을 받지 않는 RP-K 산소흡수제를 설치하였으며 보존필름(escal film)을 이용해 밀봉하였다. 각 시료의 생물학적 열화는 30℃ 인큐베이터에서 90일간 실행하였다.

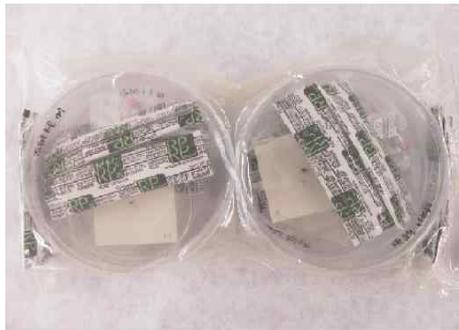


그림 1. 산소흡수제 처리.

(나) 광학적 특성분석

광학적 성질로써 색도는 KS M ISO 5631, 백색도는 KS M ISO 2470에 의거하였으며, Elrepho 070 model을 사용하여 측정하였다.

(다) 형태학적 특성분석

생물열화 시 균 성장률을 육안 관찰할 경우 관찰자에 따라 주관적일 수 있다. 그러므로 본 연구에서 정확한 비교 분석을 위해 iCamscope MVS-24(Mobile VideoScope)를

이용하여 열화된 시료의 표면의 미세영상 확대 분석을 실시하였다. 또한 육안관찰을 위해 사진촬영을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 광학적 특성분석

(가) L*

그림 2에 나타낸 바와 같이 L*값은 *Aspergillus versicolor*에 의한 생물열화 및 산소흡수제 처리 시 B시료를 제외한 모든 시료에서 감소하는 경향을 나타냈다. 산소흡수제 처리의 경우 CC, DC 시료를 제외하고 모두 생물열화 시보다 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3에 나타낸 *Penicillium polonicum* 처리 시 *Aspergillus versicolor* 처리와 동일한 경향을 나타냈으며, 산소흡수제 처리에 따라 감소하는 것으로 나타났다.

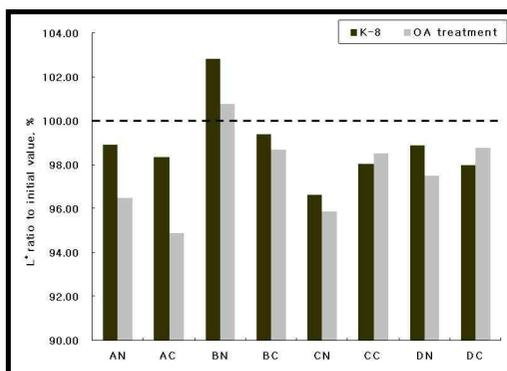


그림 2. 무처리 시료에 대한 *Aspergillus versicolor* 및 산소흡수제 처리 시 L*값 변화율.(무처리 시료 : 100% 기준).

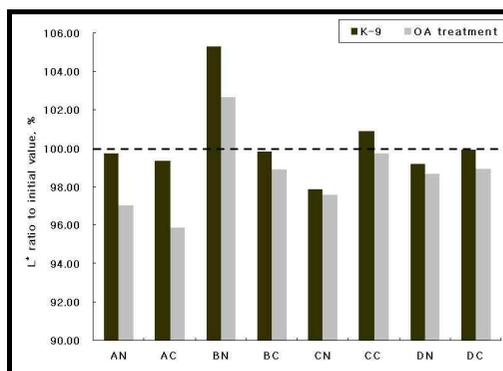


그림 3. 무처리 시료에 대한 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 L*값 변화율.(무처리 시료 : 100% 기준)

(나) a*

a*값의 경우 균 종류에 관계없이 생물열화에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. *Aspergillus versicolor* 처리 시 BN을 제외하고 모두 a*값이 상승하였으며, *Penicillium polonicum* 처리 시 AC, BN을 제외한 모든 시료에서 a*값이 증가하였다. 그에 반해 산

소흡수제 처리 시 모든 시료에서 원지의 a^* 값보다 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 생물열화 시 균에 의한 변색이 발생한 것으로 보이며 산소흡수제 처리 시 균의 생장이 억제되고 균에 의한 변색 또한 억제됨으로 인해 균의 영향보다 배지의 수분 및 균사 자체가 지닌 색에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

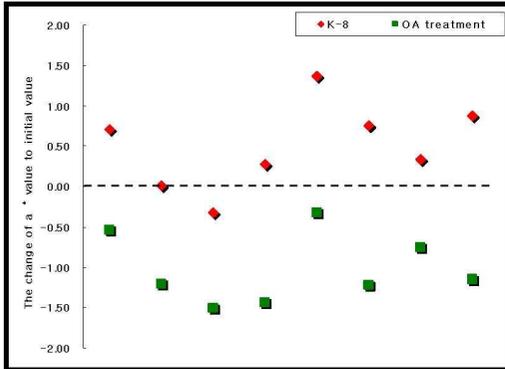


그림 4. 무처리 시료에 대한 *Aspergillus versicolor* 및 산소흡수제 처리 시 a^* 값 변화. (처리 후 - 처리 전)

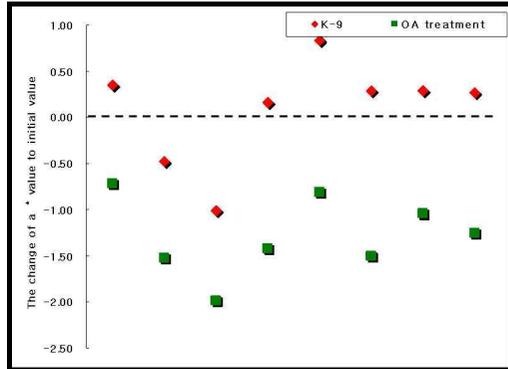


그림 5. 무처리 시료에 대한 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 a^* 값 변화. (처리 후 - 처리 전)

(다) b^*

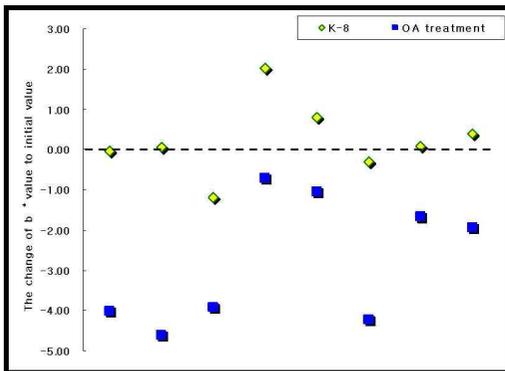


그림 6. 무처리 시료에 대한 *Aspergillus versicolor* 및 산소흡수제 처리 시 b^* 값 변화. (처리 후 - 처리 전)

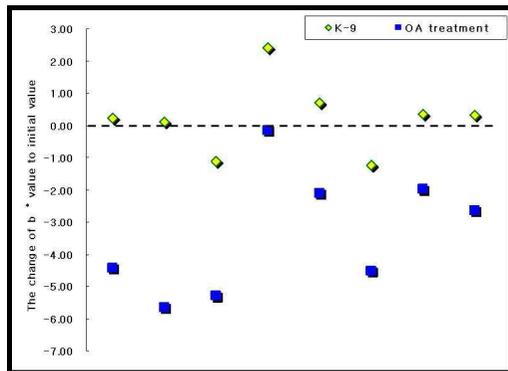


그림 7. 무처리 시료에 대한 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 b^* 값 변화. (처리 후 - 처리 전)

b*값 측정결과 전체적으로 a*값의 결과와 유사한 경향을 나타냈으며, 산소흡수제 처리 시 원지의 b*값에 비해 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

(라) brightness

Aspergillus versicolor 처리 시료는 BN을 제외하고 모두 원지에 비해 감소하는 경향을 나타냈다. 산소흡수제 처리 시료의 경우 BN, CC, DC 등을 제외하고 원지보다 감소하였으나 생물열화시료에 비해 유사하거나 높은 백색도값을 보여 L*값과는 다른 결과를 나타냈다. 또한 *Penicillium polonicum* 처리 시료의 경우 전체적으로 *Aspergillus versicolor* 처리 시료와 동일한 결과를 나타냈으며, 산소흡수제 처리 시 생물열화에 따른 백색도 감소가 크게 제어되는 것을 확인할 수 있었다.

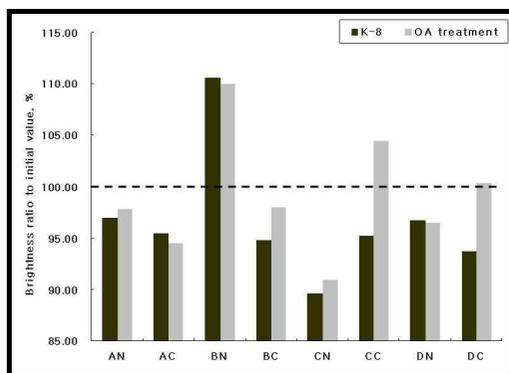


그림 8. 무처리 시료에 대한 *Aspergillus versicolor* 및 산소흡수제 처리 시 백색도 변화율.(무처리 시료 : 100% 기준)

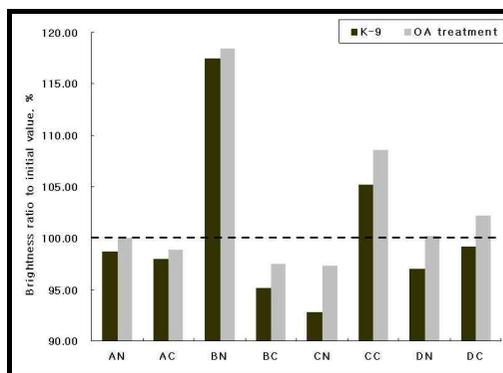


그림 9. 무처리 시료에 대한 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 백색도 변화율.(무처리 시료 : 100% 기준)

3.2 형태학적 특성분석

전체적으로 산소흡수제가 사용된 시료에서 균 생장이 저조한 것으로 나타났다. 육안관찰을 통해 산소흡수제 처리 시 균의 생장이 억제되는 것을 확인할 수 있었으며, 육안관찰의 주관적인 부분을 보완하고자 미세영상확대장치를 통해 영상을 촬영하였고 그림 11에 나타났다. 산소흡수제처리 시료의 경우 전체적으로 균이 접종된 위치 외부로 균사

가 퍼지지 않았음을 확인할 수 있었다.

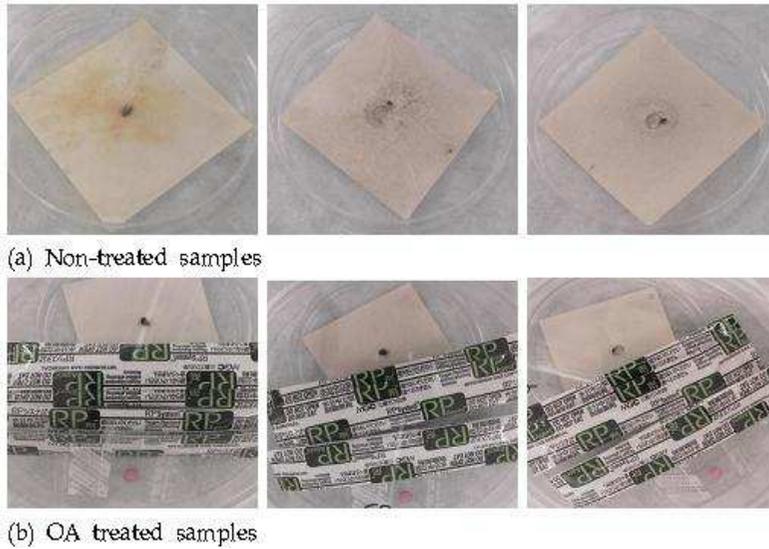


그림 10. *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 균성장률 관찰(육안관찰).

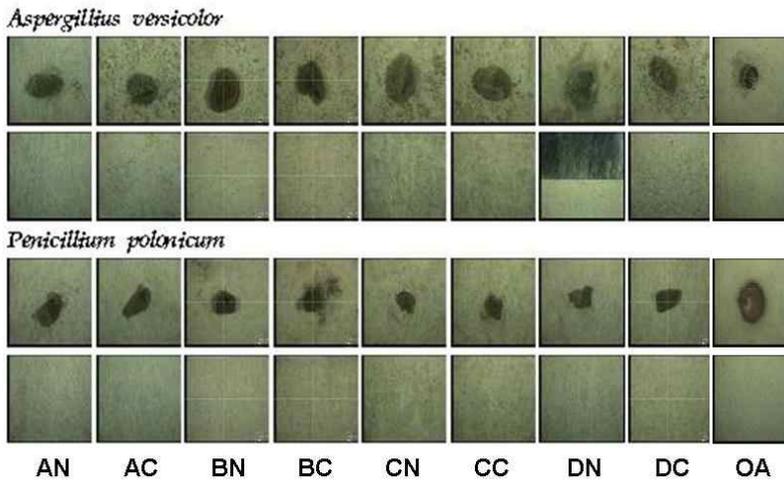


그림 11. *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum* 및 산소흡수제 처리 시 미세영상확대장치를 통한 균성장률 관찰. (OA: Oxygen absorber treated sample)

4. 결 론

생물열화 처리된 시료의 경우 L^* 값이 감소하고 a^* , b^* 값 등은 상승하는 경향을 나타냈으며, 전체적으로 종이의 열화 시 나타나는 광학적 특성과 동일한 경향을 보였다. 이에 반해 산소흡수제 처리된 시료의 경우 L^* , a^* , b^* 값이 모두 감소하였고 백색도에 있어 생물열화된 시료보다 높은 값을 나타냄으로 인해 산소흡수제에 의한 생물열화 방지효과를 확인할 수 있었다.

육안관찰 및 미세영상 관찰을 통해 산소흡수제 처리된 시료 내에서 균 성장이 억제되는 것을 확인할 수 있었으나 보다 정확한 산소 농도와 균 생장의 상관관계에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립문화재연구소에서 지원한 동산문화재 복원기술개발 연구 중 유기질문화재 복원재료 및 기술표준화 연구의 일환으로 진행되었습니다.

인용문헌

1. 김원영, 소장품 예방보존을 위한 박물관 전시환경에 관한 연구, 중앙대학교 예술대학원 석사학위논문(2006)
2. Fausta Gallo, Biological factors in deterioration of paper, ICCROM, p.37, (1985)