

# 불활성 가스 처리가 *Aspergillus versicolor* 및 *Penicillium polonicum*의 생장에 미치는 영향

최경화, 서진호, 박지희, 강영석, 윤경동, 정소영  
국립문화재연구소

## 1. 서론

조선왕조실록은 472년(1392~1863)간의 기록을 편년체로 서술한 조선왕조의 공식 국가기록물로 조선시대의 정치, 외교, 경제, 군사, 법률, 사상, 생활 등 각 방면의 역사적 사실을 망라하고 있는 우리 민족 기록 문화의 진수이다<sup>1)</sup>. 또한 전 세계적으로 유례없는 진귀한 역사서로 UNESCO 세계기록유산으로 지정될 정도로 큰 가치를 지닌다고 할 수 있다. 이러한 조선왕조실록 중 생지본(生紙本)<sup>2-3)</sup>은 그 상태가 양호한 반면 밀랍 처리를 행한 초기 밀랍본의 경우 그 손상이 매우 심각한 수준임이 밝혀졌다. 이에 따라 손상원인에 대한 분석과 항구적 복원·보존 대책의 강구가 시급하고도 절실한 과제가 되었으며, 다방면에 걸친 연구가 진행 중에 있으나 아직까지 미비한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 조선왕조실록 밀랍본 보존·복원 연구의 일환으로 불화성가스 처리가 조선왕조실록 밀랍본의 분리균<sup>4)</sup>으로 알려진 *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*의 생장에 미치는 영향에 대해 비교 분석해보았다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### (가) 종이시료

한지는 기 조사된 조선왕조실록 원지의 제조방법에 준하여 제조된 전통이합도침지를 국내에서 분양받아 사용하였으며, 밀랍지는 heating dryer와 coating bar를 이용해 양면 코팅하여 기 연구된 조선왕조실록 밀랍본 연구결과와 유사하게 제조하였다.<sup>5)</sup>

## (나) 균(fungi)

기 조사된 결과에 의거하여 조선왕조실록 밀랍본 분리균인 *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*을 농업유전자원센터(KACC)에서 분양받아 PDA(Potato Dextrose Agar) 배지에 접종하여 28℃의 인큐베이터에서 2주간 배양하였다. (Table 1).

Table 1. Generals of the *Aspergillus versicolor* and *Penicillium polonicum*

Scientific name	<i>Aspergillus versicolor</i> Tiraboschi	<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) 생물 열화

밀랍은 플라스크에 녹여서 가압멸균장치(autoclave)에서 120℃로 멸균한 후, 무균상자(clean bench) 내에서 petri dish(φ9mm)에 약 3mm 두께로 응고시켰다. 밀랍지와 한지는 6×6cm로 잘라 가압멸균장치(autoclave)에서 120℃로 멸균한 후 무균상자(clean bench) 내에서 petri dish(φ9mm)에 한 장씩 넣었다.

균의 접종은 cork borer(φ7mm)를 사용하여 밀랍, 밀랍지 및 한지의 중앙에 접종하였고, petri dish(φ9mm) 뚜껑을 덮지 않은 채 지름 15mm의 petri dish에 넣었다. 균의 생장에 필요한 수분을 제공하기 위해 균에 직접 닿지 않도록 바깥쪽의 petri dish(φ15mm) 안

에 10ml의 멸균수를 넣고, para film으로 감아 밀봉하였다.

각 시료의 생물학적 열화는 30℃ 인큐베이터에서 30일간 실행하였다.

#### (나) 불활성가스 처리

(가)와 동일한 방법으로 균이 접종된 시료를 넣은 petri dish(( $\phi$ 15mm)를 테들러 백에 넣은 후, 질소와 아르곤가스로 충전시켜 밀봉하고 위와 동일한 조건으로 생물열화를 실시하였다(산소농도 0.5~1%).



Figure 1. Inert gas treatment

#### (다) 균 성장률 분석

생물열화 시 균 성장률을 육안 관찰할 경우 관찰자에 따라 주관적일 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 균 성장률 분석시 육안관찰시보다 더 정확하게 비교 분석하기 위해 iCamscope MVS-24(Mobile VideoScope)를 이용하여 열화된 시료 표면의 미세영상 확대 분석을 실시하였으며, 공시 시료의 표면을 절취하여 gold coating한 후 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, Jeol, JSM-5910LV, Japan)을 이용하여 각 시료의 표면을 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 미세영상확대 분석

불활성가스 처리 시 균 성장억제효과를 살펴보기 위해 처리유무에 따른 미세영상 확대 사진을 살펴본 결과, 질소와 아르곤가스 모두 균류 성장억제효과를 나타냈다. 특히 질소가스의 경우 아르곤가스가 *Aspergillus versicolor*에 대한 성장억제 효과가 저조한

데 반해 두 가지 균류 모두에서 좋은 억제 효과를 나타냈다.

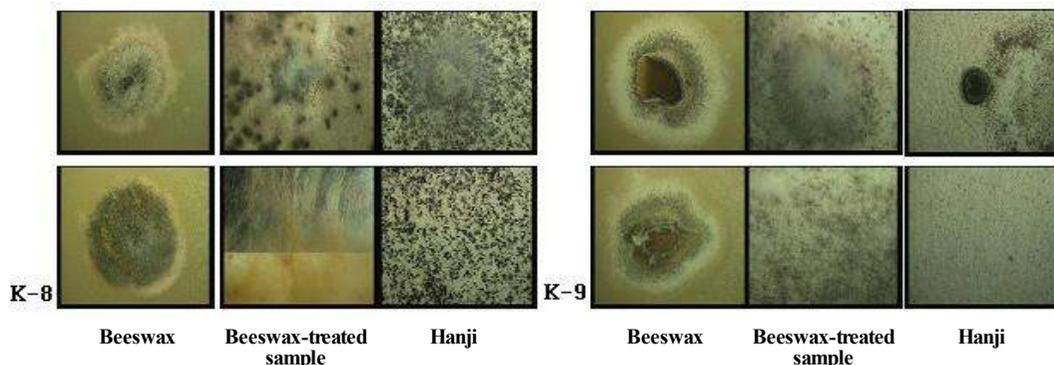


Figure 2. The iCamscope MVS-24(Mobile VideoScope) image of the samples aged by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

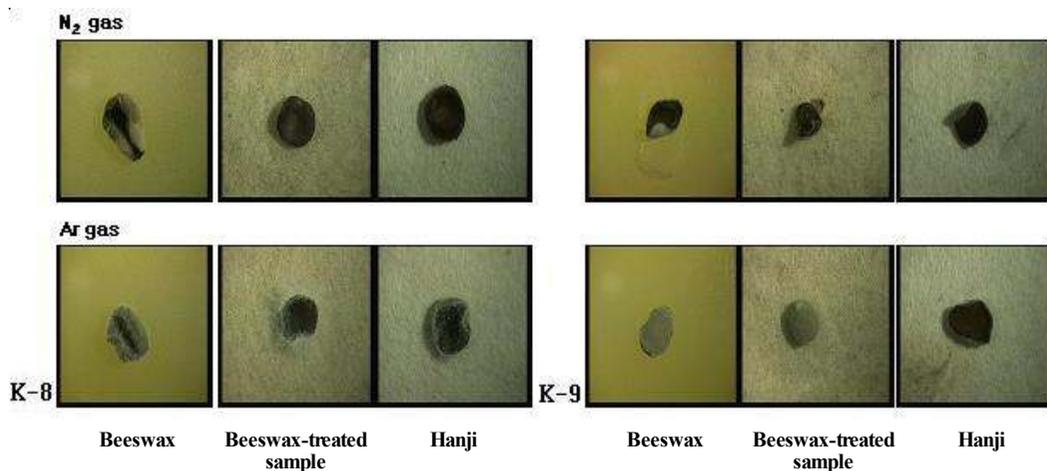


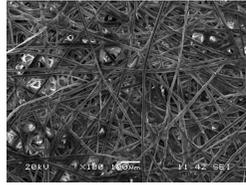
Figure 3. The iCamscope MVS-24(Mobile VideoScope) image of the samples treated by inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

### 3.2 SEM 분석

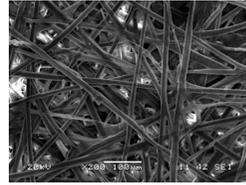
불활성가스 처리 시 균 성장 억제 효과를 살펴보기 위해 처리 유무에 따른 SEM 분석을 실시하였다. 생물열화 시료의 경우 다수의 균사를 관찰할 수 있었으나 불활성가스



### Control



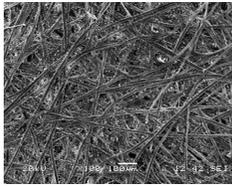
×100



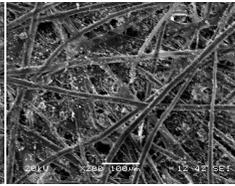
×200

### Non (Biologically deteriorated samples)

K-8

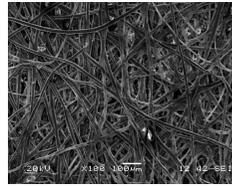


×100

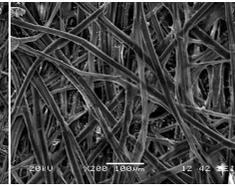


×200

K-9



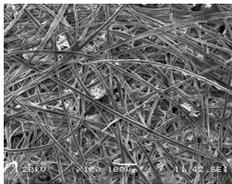
×100



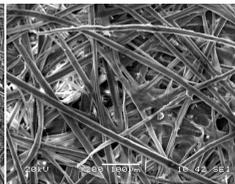
×200

### N<sub>2</sub> gas (Samples treated by inert gas, N<sub>2</sub>)

K-8

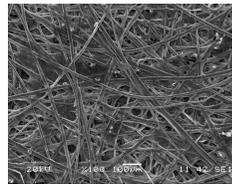


×100

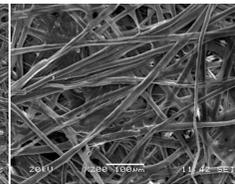


×200

K-9



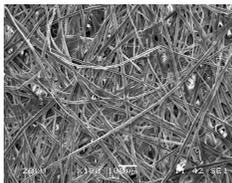
×100



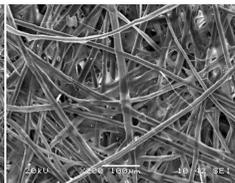
×200

### Ar gas (Samples treated by inert gas, Ar)

K-8

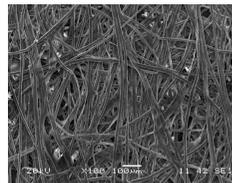


×100

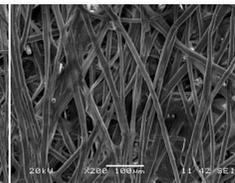


×200

K-9



×100



×200

Figure 5. The SEM image of the Hanji samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

### 3.3 광학적 특성 분석

밀랍지 및 생지 시제품의 *Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*에 의한 생물열화시 불활성가스 처리 유무에 따른 시료의 광학적 특성변화를 측정하였다. 측정

결과는 다음과 같다.

(가) 색도 (L\*, a\*, b\*)

다음 그림에서 보는 바와 같이 불활성가스 처리유무에 따라 밀랍지 및 생지 시료의 색도는 상이한 결과를 나타냈다. 밀랍지 시제품의 경우, 불활성가스 처리시료의 L\* 값이 초기값에 비해 증가하였으며, a\* 값과 b\* 값은 감소하였으며 그 변화폭이 가스를 처리하지 않은 시료에 비해 높게 나타났다. 또한 균에 따른 차이를 살펴보면 *Penicillium polonicum*의 변화율이 보다 높게 나타났다. 생지의 L\*값은 생물 열화되지 않은 시료에 비해 모두 감소되는 경향을 나타냈는데 불활성가스 처리한 시료의 감소값이 불활성가스를 처리하지 않은 시료에 비해 작게 나타났다. 또한 a\*값과 b\*값은 가스를 불활성가스를 처리하지 않은 시료의 경우 증가하였으며 불활성가스를 처리한 시료는 감소하는 경향을 보였다.

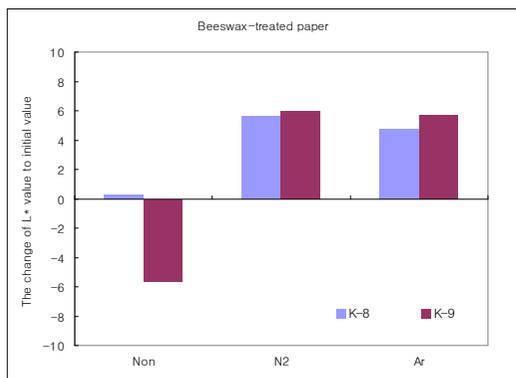


Figure 6. The L\* value change of the beeswax-treated samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

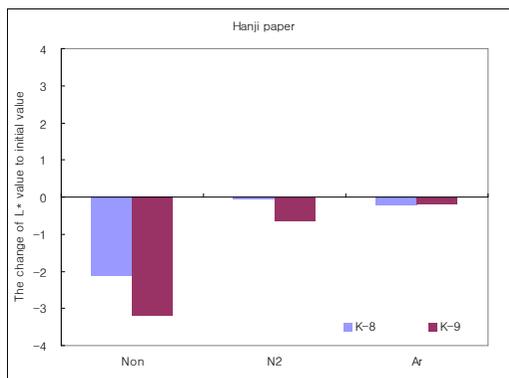


Figure 7. The L\* value change of the Hanji samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

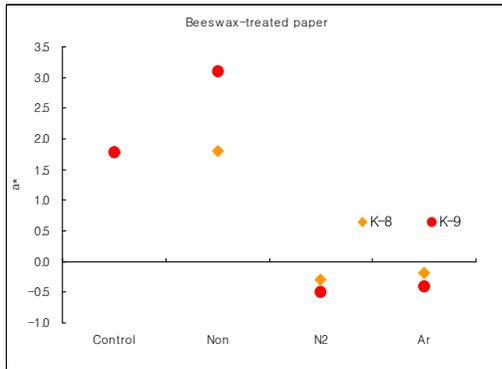


Figure 8. The a\* value of the beeswax-treated samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

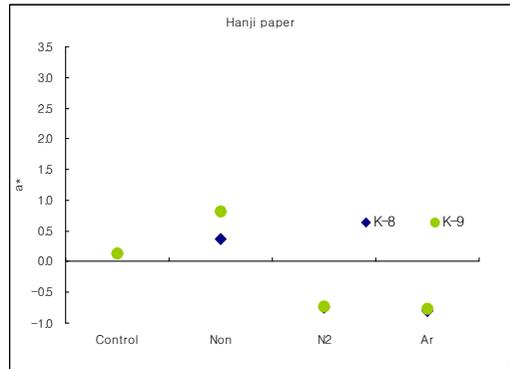


Figure 9. The a\* value of the Hanji samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

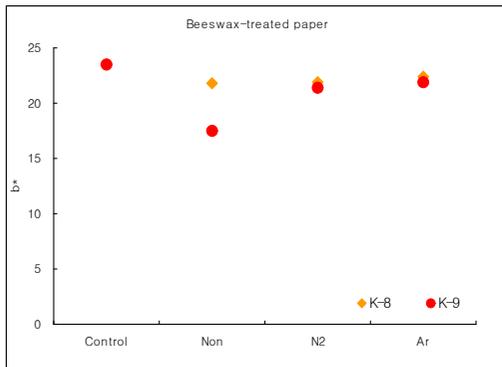


Figure 10. The b\* value of the beeswax-treated samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

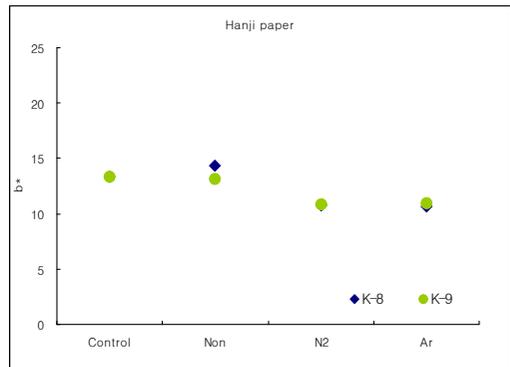


Figure 11. The b\* value of the Hanji samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

### (나) 백색도

밀랍지 및 생지 시제품의 백색도는 L\*값과 유사한 경향을 나타냈다.

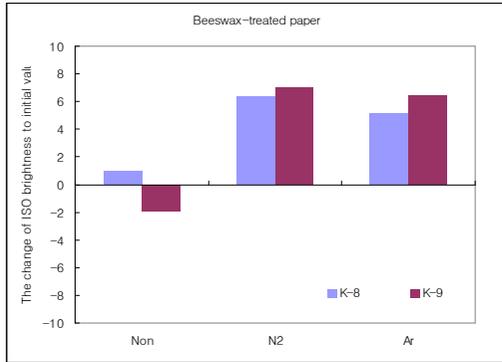


Figure 12. The ISO brightness change of the beeswax-treated samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

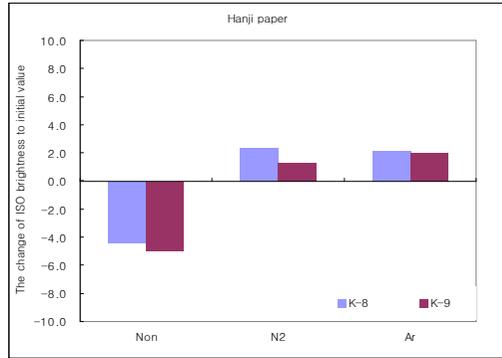


Figure 13. The ISO brightness change of the Hanji samples according to treatment of inert gas during biological aging by *Aspergillus versicolor*(K-8) and *Penicillium polonicum*(K-9)

#### 4. 결론

*Aspergillus versicolor*와 *Penicillium polonicum*에 의한 밀랍지의 생물열화시 불활성 가스 처리가 균 성장에 미치는 영향을 분석한 결과, 질소와 아르곤가스 모두 균류 성장 억제효과를 나타냈다. 특히 질소가스의 경우 아르곤가스가 *Aspergillus versicolor*에 대한 균 성장억제효과가 저조한데 반해 두 가지 균류 모두에서 좋은 억제 효과를 나타냈다.

#### 참고문헌

1. 조선왕조실록 밀랍본 복원기술 연구 결과보고서, 국립문화재연구소, 대전(2006).
2. 서울대학교 규장각, 조선왕조실록 보존을 위한 조사연구(1,2차), 서울대학교 출판부, 서울 (2005).
3. 정소영 등, 조선왕조실록 밀랍본의 보존상태 조사, 보존과학연구 제25집, 국립문화재연구소, 대전(2004).
4. 조선왕조실록 밀랍본 복원기술 연구 결과보고서, 국립문화재연구소, 대전(2008).
5. Seo J.H. etc, The analysis of the oxidation index of Korea traditional paper(Hanji) which is used as the restoration paper of the waxed volume in the annals of Joseon Dynasty, Journal of KTAPPI, Vol.40, No.1 (2008)