

*Aspergillus fumigatus*와 *Penicillium citrinum*에 의한 견섬유에 대한 열화

—The Deterioration of Silk Fiber Caused by *Aspergillus fumigatus* and
Penicillium citrinum—

효성여자대학교 의류학과
부교수 홍 정 민

Dept. of Clothing and Textiles, College of Home Economics, Hyosung University
Associate professor; Hong, Jung Min

〈목 차〉

- | | |
|-------------|------------|
| I. 서 론 | Ⅲ. 결과 및 고찰 |
| II. 재료 및 방법 | IV. 결 론 |

〈Abstract〉

The effects of *Aspergillus fumigatus*(AF) and *Penicillium citrinum*(PC) deterioration of test materials were examined. When the fungi were inoculated to the silk fibers placed on Czapeck agar, malt extract agar and potato agar, they grew best on potato agar which in that context was chosen as a basal medium for deterioration studies. The tensile strength of silk fiber on which AF was grown for 30 days decreased by 28.5% with a concomitant increase in elongation by 40.1%. Silk fabric lost the weight by 4.74%, when inoculated with AF while it lost the weight by 3.37%, when inoculated with PC. When AF and PC were inoculated separately on silk fibers, tensile strength decreased by 76.3% and 56.4%, respectively, with concomitant increases in elongation by 53.1% and 37.8% respectively. The silk was damaged more severely by AF than PC, when they were observed by scanning electron microscope.

I. 서 론

오늘날 국내외의 피복섬유에 대한 수요의 증가에 따라 우리나라의 섬유산업도 급속한 발달을 하였고 섬유 혹은 피복섬유용 섬유의 종류가 다양화되고 그 소비량이 날로 증가하고 있다. 따라서 국내외의 수요에 대비하여 섬유공장에서 비축된 많은 섬유원료의 제품의 품질관리가 문제되고 있으며, 특히 진균류의 번식성장으로 인한 섬유의 손상이 빈번히 발생하고 있다.

피복재료로 우수한 천연 섬유는 흡수성이 크므로 사상균의 생육조건을 양호하게 하여 부패 및 자연적 산화를 일으키게 하며 피복착용과 보존, 관리과정에서도 섬유물이 피해를 입는 경우가 많다.¹⁾ 이와 같이 섬유는 그 자체가 갖고 있는 여건이 미생물에 대한 배지역할을 하기도 한다. 천연섬유인 견섬유 제품에 번식하는 미생물에 관한 연구에서 井口²⁾는 미생물이 생성하는 protease는 작용하는 pH에 따라 acid protease, neutral protease 및 alkaline protease로 나누며 같은 균주에 있어서도 배양조성에 따라 그 비율 및 생산량이 달라진다고 하였다.

Yoshida 등³⁾은 *Aspergillus saitoi*가 생성하는 protease의 성상을 규명하였다. 단백질 분해효소에 의한 견섬유의 구조의 변화에 관하여서는 小西⁴⁾과

Mercer⁵⁾의 연구 보고가 있으며 Sprague⁷⁾는 sericin과 fibroin을 분리하여 아미노산 조성을 규명한 바 있다. 사상균은 마직류, 견등의 정련에 유효하게 이용되고 있지만^{8,9)} 섬유 또는 섬유제품에 대해 오염, 취화 등의 나쁜 영향을 미치는 경우가 많아서 기동¹⁰⁾은 세균성 sericinase를 분리하여 생사의 정련에 이용하고자 효소학적 성질을 조사한 결과 papain이나 pancratin과 같은 효소의 효과를 얻었다. 그러나 *A. fumigatus*와 *P. citrinum*에 의한 견사 및 견제품의 형태학적인 열화에 관한 연구가 거의 없으므로 본 연구에서는 사상균에 의한 견사 및 견제품의 형태학적인 열화, 인장강도 및 신도의 변화에 관하여 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

견사와 견포는 동일섬유(주) 회사('91년 10월) 제품을 시장서 구입하여 견사는 길이 25cm, 견포는 5×5cm로 절단하여 정련하여 사용하였으며 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2) 공시균 및 배지

공시균은 영남대학교 식품가공학과에서 단백질

Table 1. Characteristic of yams and fabrics

characteristics		Yarn	Fabrics
Count of Yarn (21 d / 3)	warp	231.60	60.9
	weft		106.9
Weight(g / m ²)			55.5
Thickness(mm)			0.17
Tensile strength(kg / cm ²)	warp	1.05	23.0
	weft		27.5
Elongation(%)	wefp	11.14	19.7
	weft		17.1
Bursting strength(kg / cm ²)			45.5
Air permeability(cc / cm ² / sec)			169.3
Moisture regain(%)		9.26	9.4
Fabric count(no / in)	warp		88.0
	weft		60.0

분해력이 강한 균주, *Aspergillus fumigatus*(이하 AF)와 *Penicillium citrinum*(이하 PC) 균주를 분양받아 사용하였으며 배지는 Czapeck agar, malt extract agar 및 potato agar를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 배지의 조성

(1) Czapeck agar

Czapeck agar는 Table 2와 같이 증류수 100ml에 용해시킨 후 121℃(15 Lbs)로 20분간 살균하여 배지로 사용하였다.¹³⁾

Table 2. Composition of Czapeck agar

Sucrose	30 g
NaNO ₃	2 g
K ₂ HPO ₄	1 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5 g
FeSO ₄	0.01 g
KCl	0.5 g
Agar	18 g
Distilled water	1 l

(2) Malt extract agar

Malt 100g에 증류수 400ml를 가하여 60℃에서 6시간 당화시킨 후 착즙한 용액에 계란흰자 1개를 넣어 충분히 혼합시켜 2분간 끓인 다음 냉각하여 여과하였다. 여과된 용액에 agar 18g를 가하여 용해시킨 후 같은 방법으로 20분간 살균하여 배지로 사용하였다.

(3) Potato agar

Potato agar는 Table 3에서와 같이 감자를 수세한 다음 감자의 눈을 깊게 파내고 껍질을 두껍게 제거한 후 1cm³ 크기로 잘게 썰인 감자 200g을 3% acetic acid에 30분간 침지하였다.

이것은 흐르는 수도물에 1시간 수세한 후 증류수 1 l를 가하여 1시간 가열, 냉각시킨 후 달지면으로 여과한 용액을 1 l 되게 증류수를 보충하고 이것을 증류수로 2배 희석하여 glucose 및 agar를 각각 18g를 가하여 용해시킨 후 121℃, 15lbs에서 20분간 살균

하여 배지로 사용하였다.

Table 3. Composition of potato agar¹³⁾

Medium for stock culture	
Potato extract*	200 g
Agar	18 g
Glucose	18 g
Distilled water	1 l
pH	7.0

200 g of sliced potato in 1 l of distilled water was boiled for 30 minutes.

After cooling the extract was filtered through cotton.

2) 시료의 발효 및 정련처리

시료에 2%의 diastase-용액을 가하여 60℃에서 12시간 침지하여 전분을 당화하여 제거시켰다. 김¹²⁾의 방법에 의하여 3% Na₂CO₃를 증류수 1:20(v/v)로 희석하여 1시간 30분 정련시킨 후 수도물로 수세하여 건조한다. 이 조시료를 佐藤¹³⁾의 방법에 따라 증류수로 5시간, 90% ethanol로 1시간, ether 중에서 5시간 처리하여 105℃에서 건조하였다.

3) 균배양 결과 및 견포의 수세 및 정량

견사 및 견포에 착생한 균을 제거하기 위하여 佐藤¹⁴⁾의 방법에 따라 균 배양포를 균의 종류별로 300ml의 삼각 플라스크에 넣어 150ml의 증류수를 가하고 1분간 60 회전하는 진탕기로 3회 30분간 수세한다. 이것을 100-105℃에서 항량을 구하였다. 수세후 균배양 견사 및 견포를 현미경(500×)으로 관찰하였을 때 잔균을 거의 볼 수 없었다.

4) 열화실험

앞서 살균한 견사 및 견포에 살균수를 충분히 가하여 배지에 밀착시켜 공시균의 포자 현탁액 1ml씩 무균적으로 접종시켜 30℃에서 3, 6, 9, 12, 15, 20, 30일 간격으로 배양한 후 증류수로 수세하여 사용하였다.

5) 인장강도 및 신도 측정

인장강도 및 신도는 인장강도기(CRE Tyep, Yama-co, 일본)를 Grab method(KS 0520)에 의하여 kg/cm² 및 %로 표시한다. 길이 15cm의 시료를 준비하여 온도 20℃, 상대습도 65% 하에서 각 시료마다 15회씩 측정하여 평균치를 구하였다.

6) 전자현미경 관찰

전자현미경은 Scanning Electron Microscope(ISI-SS130, 명석제작소, 일본)으로 가속전압은 Kv로 관찰, 촬영하였으며 증착금속은 백금을 사용하여 두께 700Å으로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 배지종류에 따른 인장강도 및 신도

배지종류에 따라 견사의 인장강도와 신도를 측정하기 위하여 Czapeck agar, malt extract agar 및 potato agar 상에서 공시균을 15일간 배양하여 측정된 결과는 Table 4에 나타난 바와 같이 AF은 potato agar에서 제일 많은 손상을 입혔으므로 공시균은 potato agar에 배양하였다. 김¹²⁾의 보고에 의하면, *A. niger*에 의한 면사의 열화현상은 malt extract agar가 potato agar보다 현저한 손상을 입혔다는 반대의 결과를 얻었다.

견사에 대하여 potato agar 상에서 공시균을 처리하였을 때 인장강도는 대체로 21.9~28.5% 정도 감소하였으므로 신도는 32.5~40.1% 증가하였다. 이와같은 결과는 神野 등¹⁰⁾이 보고한 결과와 비슷하였다.

2. 인장강도 및 신도의 변화

공시균을 견사에 접종하여 배양하였을 때 인장강도 및 신도의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 AF에 의한 견사의 손상률은 PC에 의한 손상률보다 높았으며 AF에 의한 견사의 열화는 30일간 배양하였을 때 인장강도의 손상률은 76.3%가 감소하였다. Fig. 2에서는 견사에 공시균을 30일간 접종 배양하였을 때는 견사의 신도는 37.8~53.0%가 증가하였으며 AF에 의한 견사의 신도는 PC에 의한 신도의 변화보다 높았다.

佐藤¹⁰⁾는 견사에서 *A. niger*(AN)와 *C. globosum*(GC)의 견사에서 생육상태를 살펴본 결과는 AN이 CG보다 열화현상이 심한 것은 fibroin에 함유된 serine을 보다 이용되기 쉬운 영향현상이 심한 것은 fibroin에 함유된 serine을 보다 이용되기 쉬운 영양원이 된다고 하였다. 이러한 결과는 견사가 흐트러져 fibroin을 교착하여 견사의 단사를 형성하고 있는 serine이 배분적으로 효소작용을 받아 용출하여 단섬유로 분리된다고 생각된다.

3. 중량의 변화

공시균을 견포에 접종하여 30일 배양하여 포의 중량변화를 측정된 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 사상균에 의한 견포의 중량의 감소는 이들이 생산하는 단백질분해효소에 의하여 fibroin이 분해되기 때문에 3.37~4.70%가 감소하였으며 사상균의 종류에 따라서 약간의 차이가 있었다. 이와 같은 결과는 佐藤¹⁰⁾는 *C. globosum*과 *Myrothecium verrucaria*를 사용한 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 4. Effect of *A. fumigatus*(AF) and *P. citrinum*(PC) on tensile strength(kg/cm²) and elongating(%) on various media

Materials	Fungi	Czapeck Agar		Malt Agar		Potato Agar	
		kg / cm ²	%	kg / cm ²	%	kg / cm ²	%
Silk yarn	AF	0.84	14.04	0.78	16.57	0.75	15.61
	PC	0.86	13.26	0.82	13.61	0.82	14.77
	Control	1.05	11.14	1.05	11.14	1.05	11.14

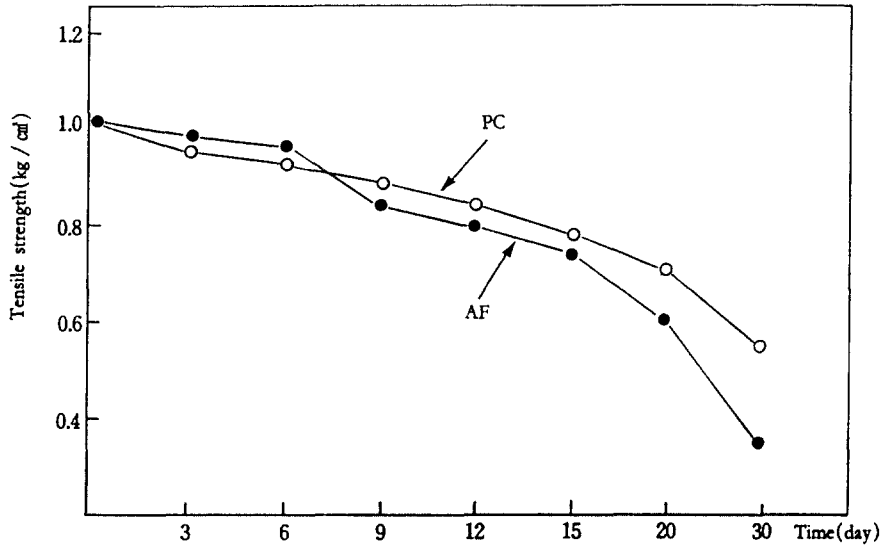


Fig 1. Change of tensile strength of silk yarn after inoculation with *A. Fumigatus*(AF) and *P.citrinum*(PC)

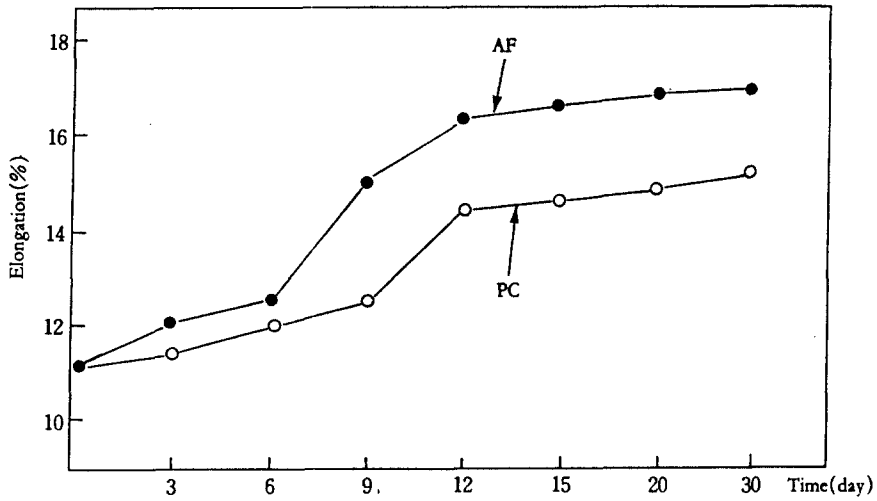


Fig 2. Change of elongation of silk after inoculation with *A. fumigatus*(AF) and *P. citrinum*(PC)

Table 5. Changes in weight of fabrics incubated for 30 days at 30°C after inoculation with *A. fumigatus*(AF) and *P. citrinum*(PC)

Fabrics	Fungi	Weight of fabric at the beginning (g)	Weight of fabric after washing (g)	Loss of weight (g)	The ratio loss of weight (%)
Silk	AF	0.1246	0.1187	0.0059	4.74
	PC	0.1217	0.1176	0.0041	3.37
	Control	0.1199	0.1191	0.0005	0.42

4. 전자현미경에 의한 견섬유형태의 변화 관찰

AF와 PC 균주를 사용하여 견포에 접종, 배양하였을 때 전자현미경으로 관찰한 섬유형태의 변화의 결과는 Plate 1, 2, 3, 4, 5, 7 및 7과 같다.

佐藤¹⁴⁾은 사상균에 의하여 견섬유의 lousiness 생성과정을 현미경으로 관찰하였을 때 이들이 생성하는 효소의 작용을 받아 fibroin의 fibril 구조의 변화는 균종에 따라 차이가 있다고 보고한 것과 같이 AF 균

주(Plate 1, 2, 3)가 PC 균주(Plate 4, 5, 6)보다 견섬유의 형태학적 파괴가 더 심하였다.

Plate 3과 6에서 보는 바와 같이 小西 등⁵⁾과 佐藤¹⁶⁾¹⁷⁾은 견섬유에 사상균이 작용하여 미생물이 생산하는 효소에 의하여 견 fibroin이 분해되어 lousiness 발생의 원인이 된다는 보고와 같이 섬유의 표면에 팽윤되고 용해되어 lousiness가 발생하여 견직물의 표면 상태를 저해하는 동시에 염색반점이 주원인이 된다고 생각된다.



Plate 1. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *A. fumigatus*(AF) for 9 days.(1500x)

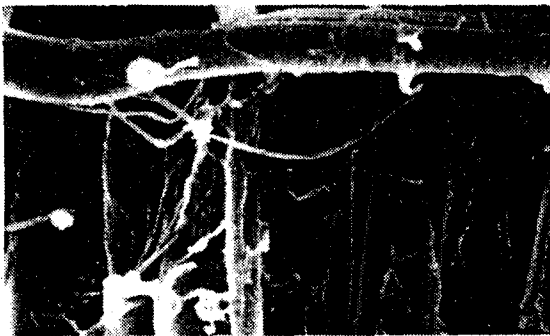


Plate 2. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *A. fumigatus*(AF) for 15 days.(1500x)

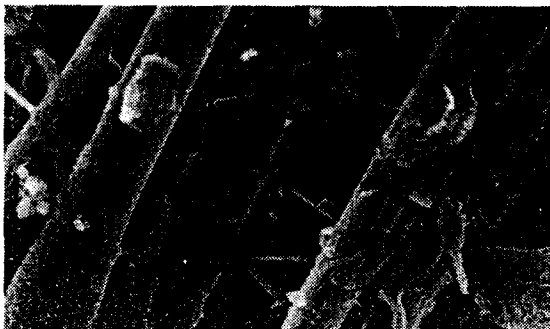


Plate 3. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *A. fumigatus*(AF) for 30 days.(1500x)

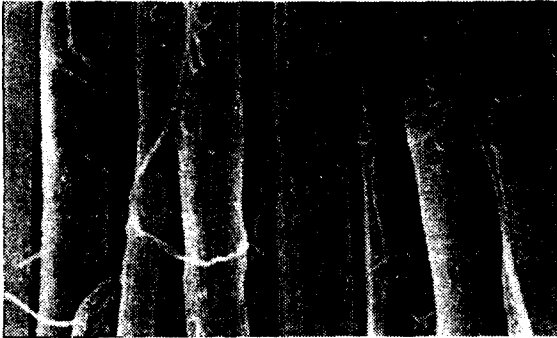


Plate 4. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *A. fumigatus*(AF) for 9 days.(1500x)

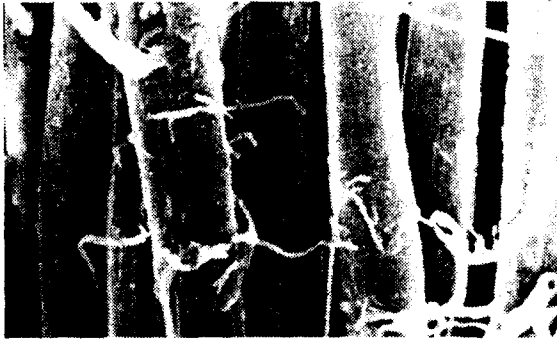


Plate 5. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *P. citrinum*(PC) for 15 days.(1500x)



Plate 6. Scanning electro-micrograph of silk fiber deteriorated by *P. citrinum*(PC) for 30 days.(1500x)

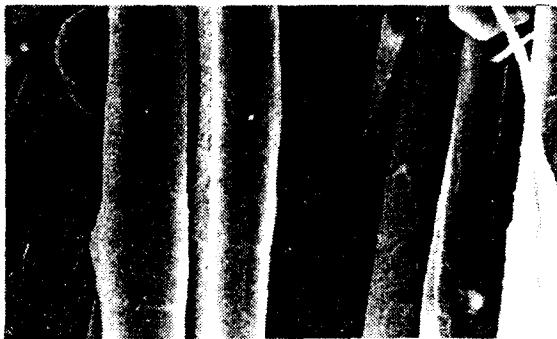


Plate 7. silk fiber(control) (1500x)

요 약

단백질 분해효소를 강력하게 생성하는 사상균 *A. fumigatus*(AF)와 *P. citrinum*(PC)의 균주가 생성하는 효소에 의한 견섬유 또는 견사와 견직물의 열화에 대하여 실험하였다. 공시균을 견사에 접종하여 Czapeck agar, malt extract 및 potato agar에 배양하였을 때 대체로 potato agar에서 균의 배양이 양호하였으며 인장강도는 무처리군에 비해 21.9~28.5% 감소하였으나, 신도는 32.5~40.1% 증가하였다. 공시균을 견포에 접종하여 potato agar에서 30일간 배양하였을 때 견포의 중량의 변화는 AF균주에 의하여 4.74%, PC 균주에 의하여 3.37% 감소하였다. AF와 PC를 30일간 배양하였을 때 인장강도는 76.3%와 56.4% 감소하였고 신도는 51.3%와 37.8% 증가하여 섬유제품으로써 사용이 불가능했다. 견포에 AF와 PC 균주를 접종하여 사상균에 의한 손상에 대한 표면구조와 상태의 정도를 전자현미경으로 관찰하였을 때 견포는 AF균주가 PC균주에 비하여 더 많은 손상을 입었다.

감사의 말씀

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성에 의하여 연구되었음.

【참 고 문 헌】

- 1) 古田 幸子, 微による被服の汚染に関する研究, 家政學雜誌, 24, 1973, p. 197.
- 2) 井口 信義, 山本喜志郎, 菊菌に関する研究, 日本農化學誌, 29, 1955, p. 394.
- 3) Yoshida, F. and Ichishima, E., Studies on the proteolytic enzyme of black *Aspergillus*, Agr. Biol. chem., 25, 1961, p. 102.
- 4) Yoshida, F., Hitoshi, G., Kaq, E., Yujuro Y. and takeshi, H., Fungal proteolytic enzymes, Agr. Biol. chem., 28, 1964, p. 216.
- 5) 小西 孝, 近藤 完夫, 黒川 昌孝, 酵素分解したワイプロインの構造について日本纖維學會誌, 23, 1967, p. 64.
- 6) Mercer, E. H., Formation of silk fibre by the silk worm, Nature, 168, 1951, p. 792.
- 7) Sprague, K. U., The Bombyx mor, silk proteins, Biochemistry, 14, 1975, p. 925.
- 8) 皆川 基, 絹精練に関する研究, 纖維, 13, 1961, p. 40.
- 9) 飯田 紘, 蛋白質分解酵素にする絹の精練について, 纖維加工, 23, 1971, p. 17.
- 10) 奇宇京, 徐正頃, 細菌性 sericin 分解 酵素에 의한 生絲纖維에 관한 研究, 韓國農化學會誌, 12, 1969, p. 75.
- 11) 李東義, 徐定頃, *Streptomyces*속 균주가 생성하는 Trypsin inhibitor, 大韓産業微生物學會誌, 10, 1982, p. 275.
- 12) 金孝垠, 絲狀菌에 의한 纖維 및 纖維製品의 劣化에 관하여, 大韓家政學會誌 19, 1981, p. 9.
- 13) 佐藤 睦子, 纖維および 纖維製品仁 對する カビ의 影響について(第2報), 京都府立大學學術報告, 18, 1967, p. 17.
- 14) 佐藤 睦子, 纖維および 纖維製品仁 對する カビ의 影響について(第1報), 京都府立大學學術報告, 17, 1966, p. 17.
- 15) 神野 節子, 林知 賀子, 小友 洋子, 衣服의 衛生加工に 關する 研究, 家政學雜誌, 21, 1970, p. 33.
- 16) 佐藤 睦子, 纖維および 纖維製品に 對する カビ의 影響(第3報), 京都府立大學學術報告, 18, 1967, p. 25.
- 17) 佐藤 睦子, 纖維および 纖維製品に 對する カビ의 影響について(第10報), 京都府立大學學術報告, 29, 1978, p. 35.