Aspergillus niger 와 *A. fumigatus* 에 의한 綿纖維에 대한 劣化

The Deterioration of Cotton Fiber Caused by *Aspergillus niger* and *A. fumigatus*

曉星女子大學校 衣類學科
助教授 洪 禎 敏
Dept. of Clothing and Textiles, College of Home Economics, Hyosung University
Assistant professor; **Jung-Min Hong**

<目 次>

Ⅰ. 序 論
Ⅱ. 材料 및 方法
Ⅲ. 結果 및 考察
Ⅳ. 結 論

<Abstract>

The effects of *Aspergillus niger* H-18 (AN) and *A. fumigatus* E-29 (AF) on the deterioration of test materials were examined.

1. When the fungi were inoculated to the cotton 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 cotton fiber on which AN was grown for 30 days decreased by 33.9% with a concommitant increase in elongation by 43.1%.

2. Cotton fabric lost the weight by 1.35%, when inoculated with AN while it lost the weight by 0.86% when inoculated with AF.

3. When AN and AF were inoculated separately on cotton fibers, tensile strength decreased by 52.8% and 43.3%, respectively, with concommitant increases in elongation by 34.2% and 29.4%, respectively.

4. The cotton was damaged more severely by AN than AF, when they were observed by scanning electron microscope.

Ⅰ. 서 론

19C 인조섬유의 개발이후 피복재료의 가공방법의 발달과 함께 변천하는 생활양식에 맞추어 그 성능이 개량되고 있다. 섬유원료와 제품의 관리상의 부주의로 여러종류의 세균 및 사상균에 의하여 오염, 침해되고 있으므로 피복위생관리에 주의를 기울여야 한다.[1~3] 피복재료로 우수한 천연섬유는 흡수성이 크므로 사상균의 생육조건을 양호하게 하여 부패 및 자연적 산화를 일으키게 하며 피복착용과 보존, 관리과정에서도 섬유물이 피해를 입

는 경우가 많다.[4] 이와같이 섬유는 그 자체가 갖고있는 여건이 미생물에 대한 배지역할을 하기도 한다. 천연섬유인 면섬유제품에 번식하는 미생물에 관한 연구에서 1934년 Prindle[5]은 cellulose은 β-1,4결합을 가수분해시키는 cellulase는 사상균, 세균, 방사균등에서 생성되며 특히 *Chactomium* 속, *Myrothecium* 속등이 강력한 생성균임을 보고하였다. 면섬유에 번식하는 미생물에 의한 cellulase의 분해에 관하여서는 Greathouse,[6] Abrains[7]와 Cooke 등[8]의 연구보고가 있으며, 韓[9]은 면사제품에 번식하는 미생물에 관하여 발표하였고 Reese[10]와 Siu[11]는 어떤 미생물은 섬유소를 유일한 탄소원으로써 배양하여도 잘 생육하는 사실을 발견하고, cellulose를 천연섬유에 작용하여 약간의 중합도를 가진 β-1,4-glucan을 생성하는 cellulase (C_1)와 이로 인하여 생성한 cellooligo와 같이 결정성이 없는 섬유소에만 작용하는 cellulase(Cx)가 있다는 것을 추정하게 되었다.

미생물에 의한 섬유의 열화에 관하여는 咸[12]등은 사상균에 의한 식물성 섬유의 손상도에 있어 인장강도가 50~60%저하한다고 하였다. 裵[13]는 *Chaetonium globosum*에 의한 대마직물의 손상도에 관하여 보고한 바 있다. Heyn[14]은 면섬유의 미생물에 의한 형태적 열화에 관하여 검토한 바 있다. 中村[15]등은 *Aspergillus niger*와 *C. globosum*에 의하여 면포의 손상에 있어서 formaldehyde를 처리한 면에서 *C. globosum*이 더 잘 배양됨을 보고하였다.

그러나 *A. niger*와 *A. fumigatus*에 의한 면 및 면제품의 형태학적인 열화에 관한 연구가 거의 없으므로 본 연구에서는 사상균에 의한 면사 및 면제품의 형태학적인 열화, 인장강도 및 신도의 변화에 관해서 체계적으로 검토하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 면사 및 면포

면사와 면포는 한성섬유(주)회사('87년 5월) 제품으로 면사는 길이 25 cm, 면포는 5×5 cm로 절단하여 정련한 후 경북 섬유기술진흥원센타에서

Table 1. Characteristics of yarns and fabrics used in this study

Characteristics		Cotton	
		Yarn	Fabrics
Count of yarn	warp	10.0's	26.1's
	weft		26.1's
Weight(g/m²)			121.34
Thickness(mm)			0.38
Fabric count(no/in)	warp		64.03
	weft		60.04
Tensile strength (Kg/cm²)	warp	0.53	19.54
	weft		21.07
Elongation(%)	warp	6.64	17.12
	weft		26.37
Bursting strength(Kg/cm²)			24.04
Air permeability(cc/cm²/sec)			64.77
Moisture regain(%)		6.82	7.02

인장강도 및 신도는 인장강도기기(CRE Type, Yamaco, 일본)를 사용하여 Grab method(KSK 0526)로 실험하였으며 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2) 공시균 및 배지

공시균은 경북대학교 미생물학과에서 섬유소분해력이 강한 균주, *A. niger* H-18(이하 AN)와 *A. fumigatus* E-29(이하 AF)를 분양받아 사용하였으며 배지는 Czapeck agar, malt extract agar 및 potato agar를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 배지의 조성

(1) Czapeck agar: Czapeck agar · Table 2와 같이 증류수 100 ml에 용해시킨 후 121°C(15 Lbs)로 20분간 살균하여 배지로 사용하였다.

(2) Malt extract agar: Malt 100 g에 증류수 400 ml를 가하여 60°C에서 6시간 당화시킨후 면포로 착증한 용액에 계란흰자 1개를 넣어 충분히 혼합시켜 2분간 끓인 다음 냉각하여 여과하였다. 여과된 용액에 agar 1.8 g을 가하여 용해시킨 후 같은 방법으로 20분간 살균하여 배지로 사용하였다.

(3) Potato agar: Potato agar는 Table 3에서

Table 2. Composition of Czapeck agar[16]

Sucrose	30 g
$NaNO_3$	2 g
K_2HPO_4	1 g
$MgSO_4 . 7H_2O$	0.5 g
$FeSO_4$	0.01 g
KCL	0.5 g
Agar	18 g
Distilled water	1 *l*

Table 3. Composition of potato agar[16]

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

* 200g of sliced potato in 1 *l* of distlled water was boiled for 30 minutes. After cooling the extract was filtered through cotton cloth.

와 같이 감자를 수세한 다음 감자의 눈을 깊게 파내고 껍질을 두껍게 제거한 후 약 1 cm^3크기로 잘게 썰인 감자 200 g을 3% acetic acid에 30분간 침지하였다. 이것을 흐르는 증류수에 1시간 수세한 후 증류수 1 *l*를 가하여 1시간 가열, 냉각시킨 후 탈지면으로 여과한 용액을 1 *l*로 되게 증류수로 보충하고 이것을 증류수로 2배 희석하여 glucose 및 agar를 각각 1.8%를 가하여 용해시킨 후 살균하여 배지로 사용하였다.[17]

2) 시료의 발호 및 정련처리

시료에 2%의 diastase용액을 가하여 60°C에서 12시간 침지하여 전분을 당화하여 제거시켰다. 金의[17] 방법에 의하여 3% Na_2CO_3를 증류수 1 : 20 (V/V)로 희석하여 1시간 30분 정련시킨 후 수도물을 수세하여 건조시켰다. 이 조시료를 佐藤[18]의 방법에 따라 증류수로 5시간, 90% ethanol로 1시간 그리고 ether중에서 5시간 처리하여 105°C에서 건조하였다.

3) 균 배양면사 및 면포의 수세와 평량.

면사 및 면포에 착생한 균을 제거하기 위하여 균 배양면사 및 면포를 균의 종류별로 300 ml의 삼각 플라스커에 넣어 150 ml의 증류수를 가하고 1분간 60회전하는 진탕기로 3회 30분간 수세하였다. 이것은 100~105°C에서 함량을 구하였다. 수세후 균 배양포를 현미경으로 관찰(500×)하였을 때 잔균은 거의 볼 수 없었다.

4) 열화실험

앞서 살균한 면사와 면포에 살균수를 충분히 가하여 ptato agar배지에 밀착시켜 공시균의 포자현탁액 1 ml씩을 무균적으로 접종시켜 30°C에서 배양하면서 3, 6, 9, 12, 15, 20, 30일 간격으로 접종된 면사 및 면포를 배지에서 떼어내어 증류수로 수세하여 사용하였다.

5) 인장강도 및 신도 측정

인장강도 및 신도는 인장감도기(CRE Type, Yomaco, 일본)를 사용하여 Grab method(KSK 0525)에 의하여 kg/cm^2 및 %로 표시하였다. 길이 15 cm의 시료를 준비하여 온도 20°C, 상대습도 65%하에서 각 시료마다 15회씩 측정하여 평균치를 구하였다.

6) 전자 현미경 관찰

전자 현미경은 Scanning electron microscope (ISI-SS 130, 명석제작소, 일본)으로 관찰, 촬영하였으며 증착금속은 백금을 사용하여 두께 700 Å, 이때 가속전압은 15 KV로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 배지에 의한 인장강도 및 신도의 영향

배지종류에 따라 면사의 인장강도와 신도를 측정하기 위하여 Czapeck agar, malt extract agar 및 potato agar상에서 공사균을 15일간 배양하여 측정한 결과는 Table 4에 나타난 바와 같이 AN은 potato agar에서 제일 많은 손상을 입혔으므로 공시균은 potato agar에 배양하여 실험하였다. AN균주의 경우 인장강도는 무처리구에 비해 33.9%감소하였으나 신도는 43.1%증가하였다. 金[17]의 보고에 의하면 *A. niger*에 의한 면사의 연화현상은 malt extract agar가 potato agar보다 현저한 손상을 입혔다는 반대의 결과를 얻었다.

Table 4. Efect of *A. niger* H-18 and *A. fumigatus* E-29 on tensile strength(Kg/cm²) and elongation(%) on various media

Materials	Fungi	Czapeck agar		Malt agar		Potato agar	
		kg/cm²	%	kg/cm²	%	kg/cm²	%
Cotton yarn	*A. niger* H-18	0.39	7.61	0.43	8.23	0.35	9.50
	A. fumigatus E-29	0.43	7.83	0.45	8.06	0.40	8.84
	Control	0.53	6.64	0.53	6.64	0.53	6.64

Table 5. Changes in weight of fabrics incuabted for 30 days at 30°C after inoculation with *A. niger* H-18 and *A. fumigatus* E-29

Fabrics	Fungi	Weight of fabric at the begining (g)	Weight of fabric after washing (g)	Loss of weight (g)	The ratio loss of weight (%)
Cotton	*A. niger* H-18	0.2816	0.2778	0.0038	1.35
	A. fnmigatus F-29	0.2857	0.2832	0.0025	0.88
	Control	0.2845	0.2841	0.0004	0.14

2. 중량의 변화

공시균을 면포에 접종하여 30일 배양하여 포의 중량변화를 측정한 결과는 Table 5와 같다. Table 5에서 보는 및와 같이 사상균에 의한 면포의 중량의 감소는 이들이 생산하는 섬유소 분해효소에 의하여 분해되기 때문에 그 중량 감소율은 면포가 0.86~1.35%로 감소하였으며 사상균의 종류에 따라서 큰 차이는 없었다. 이와같은 결과는 佐藤[19]은 *C. globosum*과 *Myrothecium verrucaria*를 사용한 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

3. 인장강도 및 신도의 변화

공시균을 면사에 접종하여 배양하였을 때 인장강도 민 신도의 변화는 Fig. 1,2와 같다. Fig. 1에서는 AN균주에 의한 면사의 손상율은 AF균주에 의한 손상율보다 높았으며 AN균주를 30일간 배양했을 때 인장강도는 52.8%로 감소하였다. 南[20]은 *T. metagrophytes*을 면포에 접종하여 30일간 배양하였을 때 인장강도는 22.3%감소하였는데 비하여 본 실험에 사용한 공시균에 의한 인장강도의 변화는 43.3~52.8%로 감소하였다. Fig. 2에서 보는 밑와같이 면사에 공시균을 30일간 접종배양하였을 때는 면사의 신도는 29.4~34.2%가 증가하였다. Abrams[7]와 金[17]은 면포에 *C. globosum*을 사용하여 potato agar에 배양한 결과 보다 공시균을 면사에 접종하여 30일간 배양하였을 때의 신도의 변화가 높았으며 中村[15]의 보고에서 *A. niger*에 의한 면포의 신도보다는 약간 낮았다.

4. 전자현미경에 의한 섬유형태의 변화 관찰

AN과 AF균주를 사용하여 면포에 접종, 배양하였은 때 전자현미경으로 관찰한 섬유형태의 변화의 결과는 plate 1,2,3,4,5,6 및 7과 같다. 渡邊[21]의 보고와 같이 면섬유는 미생물이 번식함에 따라 면섬유 전체가 팽윤하여 fibril이 흩어져서 cellulose가 분해된다는 것과 같이(plate 1) cellulose분해효소에 의하여 분열이 진행 미세섬유가 웅켜진 상태로 되었다(plate 2와 3). 渡邊[22]은 미생물에 의한 섬유의 형태변화에 있어서 *Penicillium*속 균주가 *Aspergillus*속보다 팽윤하는 예가 많다고 하였다. *A. niger*는 citric acid의 산생산으로 인하여 cellulose의 분해를 촉진시킨다는 中村[15]등의 보고와 AN균주가(plate 6) 전자현미경에 의하여도 현저히 섬유소가 파괴되었음을 관찰할 수 있었다.

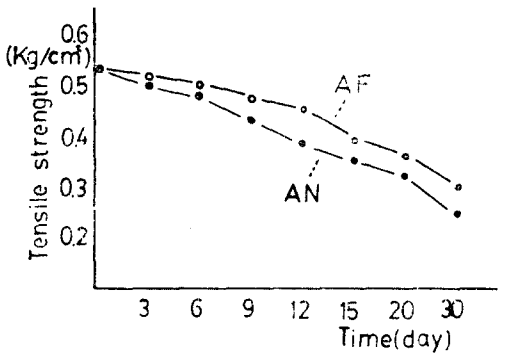

Fig. 1. Change of tensile strength of cotton yarn after inoculation with *A. niger* H-18(AN) and *A. fumifatus* E-29(AF)

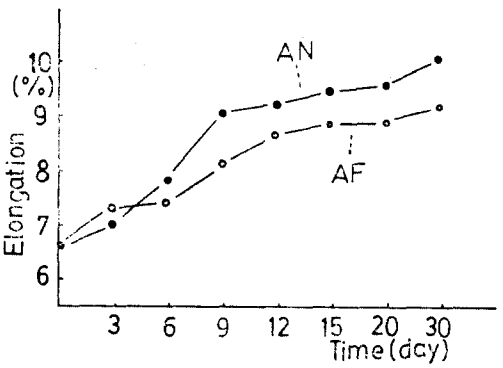

Fig. 2. Change of elongation of cotton yarn after inoculation with *A. niger* H-18 (AN) and *A. fumigatus* E-29 (AF)

Plate 1. Scanning electromicrograph of cotton fiber deteriorated by A. niger H-18 for 9 days. (1500x)

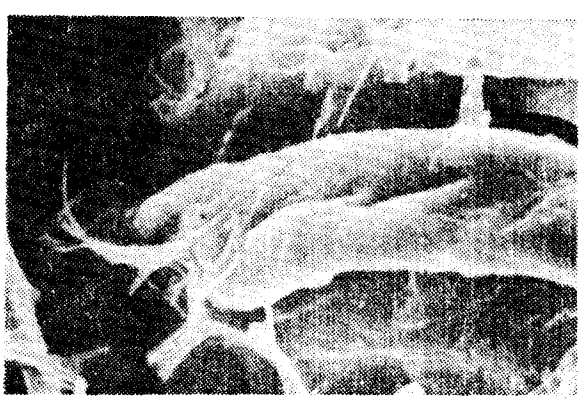

Plate 2. Scanning electromicrograph of cotton fiber deteriorated by A. niger H-18 for 15 days. (1500x)

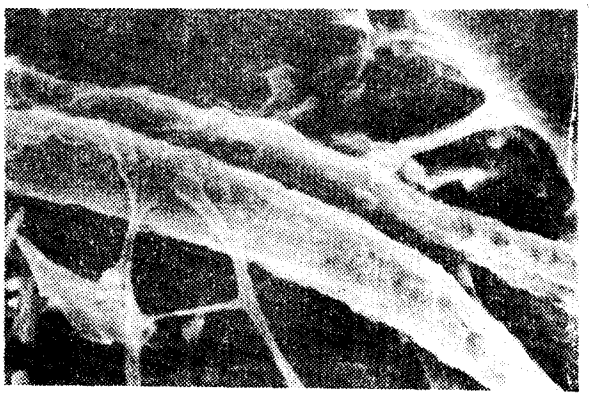

Plate 3. Scanning electromicrograph of cotton fiber deteriorated by A. niger H-18 for 30 days. (1500x)

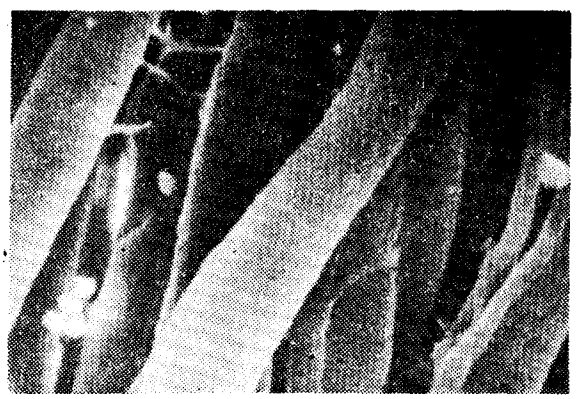

Plate 4. Scanning electromicrograph of cotton fiber deteriorated by A. fumigatus E-29 for 9 days. (1500x)

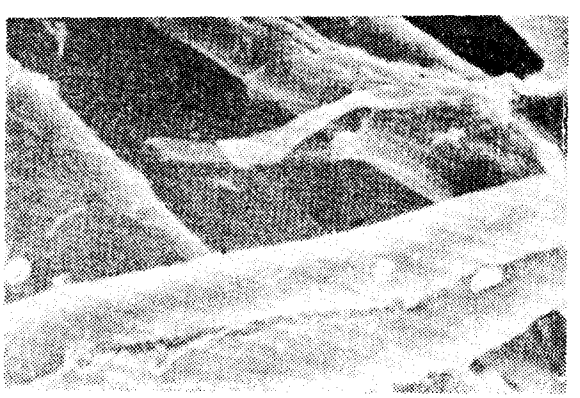

Plate 5. Scanning electromicrograph to cotton fiber deteriorated by A. fumigatus E-29 for 15 days. (1500x)

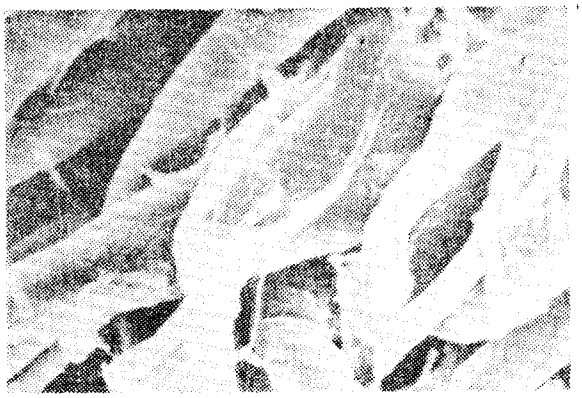

Plate 6. Scanning electromicrograph to cotton fiber deteriorated by A. fumigatus E-29 for 30 days. (1500x)

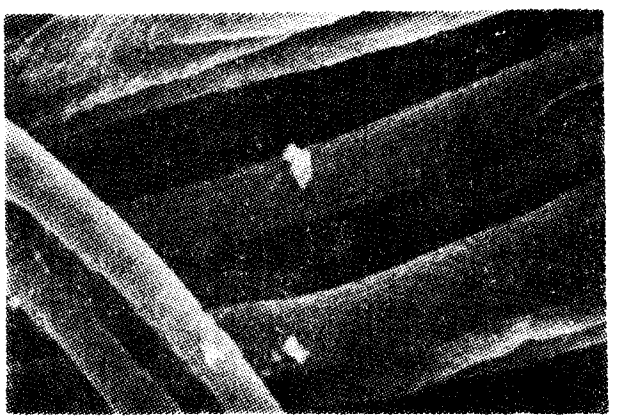

plate 7. Cotton fiber (control) (1500 x)

요 약

섬유질 분해효소를 강력하게 생성하는 사상균 *A. niger* H-18 (AN)와 *A.fumigatus* E-29 (AF)의 균주가 생성하는 효소에 의한 면섬유 및 섬유제품의 열화에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 공시균은 면사에 접종하여 Czapeck agar, malt extract, potato agar에 배양하였을 때 대체로 potato agar에서 균의 배양이 양호하였으며 AN균주의 경우 인장강도는 무처리구에 비해 감소하였으나 신도는 33.9%증가하였다.

2. 공시균을 면포에 접종하여 potato agar에서 30일간 배양하였을 때 면포의 중량의 변화는 AN균주에 의하여 0.09%, AF균주에 의하여 4.74%로 감소하였다.

3. AN과 AF균주를 면사에 30일간 배양하였을 때 인장강도는 각각 52.8, 43.3%감소하였고 신도는 34.2, 29.4%증가하여 섬유제품으로 사용이 불가능했다.

4. 면포에 AN과 AF균주를 접종하여 사상균에 의한 손상에 대한 표면구조와 상태의 정도를 전자현미경으로 관찰하였을 때 면포는 AN균주가 AF균주에 비하여 더 많은 손상을 입었다.

참 고 문 헌

1. 南潤子：被服과 皮膚絲狀菌과의 관계에 관한 硏究, 大韓家政學會誌, 14, 1975, p21.
2. 秋野豊太：綿を侵害する 絲狀菌について, 纖

維學會誌, 12, 1956, p. 53.
3. Nelby, K.,: The degradation of cotton cellulose by extracellular cellulose of *Myrothecium verrucaria*, Biochem. J., 79, 1960, p. 562
4. 古田幸子：黴による 被服の 汚染に 關する 研究, 家政學雜誌, 24, 1973, p. 197
5. Prindle, B.,: The microbiology of textile fiber, Textile Research J.,4, 1934, p. 11.
6. Greathouse, G.A.,: Microbiological degradation of cellulose, Textile Research J., 20, 1950, p. 227.
7. Abrams, E.,: Microbiological degradation of cellulose during the first 72 hours of attack, Textile Reseqrch J., 20, 1950, p. 71.
8. Cooke, T.F.: Resistance of microbiological deterioration of resin-treated cellulosic tabrics, Textile Research J., 26, 1954, p. 197.
9. 韓榮求：綿絲製品에 번식하는 微生物에 관한 研究, 한국농화학회지, 13, 1970, p. 243.
10. Reese, E.E., Siu R.G.H. and Levinson H.S.: The biological degradation of soluble cellulose derivatives and it relationship to the mechanism of cellulose hydrolysis, J. Bacteriol., 59, 1950, p. 485.
11. Siu, R.G.H.: Mechanism of microbiological decomposition of cellulose, Textile Research J., 20, 1950, p. 218.
12. 咸玉相, 金孝垠：絲狀菌에 의한 植物性 纖維의 損傷度에 관한 研究, 大韓家政學會誌, 17, 1979, p1.
13. 배상경：대마직물의 방미성에 관한 연구, 대한가정학회지, 22, 1984, p. 79.
14. Heyn, A.N.J.: Bacteriological studies on cotton, Textile Research J., 27, 1957, p. 591.
15. 中村立子, 植木文江：綿布における 黴害の メカニズムに 關する研究, 家政學雜誌, 30, 1979, o. 2248.
16. 李東義, 徐正塤：Streptomyces 속 균주가 생성하는 Trypsin inhibitor, 韓國産業微生物學會誌, 10, 1982, p. 275.
17. 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.
18. 佐藤睦子：纖維および 纖維製品仁 對する カビの 影響について(第2報), 京都府立大學學術報告, 18, 1967, p. 17.
19. 佐藤睦子：纖維および 纖維製品に 對する カビの 影響について(第一報), 京都府立大學學術報告, 17, 1966, p. 17.
20. 南潤子：*Trichophyton metagrophytes*의 發育에 의한 被服纖維의 損傷에 관한 研究, 경희대학교 논문집, 11, 1982, p. 75.
21. 渡邊敬, 森田紀美, 津脇弘子：綿, 羊毛, 絹および レーヨン 纖維の *Aspergillus spp.* および *Penicillium spp.*(による 形態的 劣化, 纖維學會誌, 36, 1980, p. 403.
22. 渡邊敬：微生物による 纖編の 劣化, 防菌防微誌, 7, 1979, p. 20.