

셀룰라아제에 의한 綿織物의 柔軟加工에 관한 研究

姜 知 延 · 柳 孝 仙

서울대학교 가정대학 의류학과

A Study on Softening Finish of Cotton Fabric using Cellulase

Ji-Yun Kang · Hyo-Seon Ryu

Dept. of Clothing and Textiles, College of Home Economics,
Seoul National University
(1990. 7. 20 접수)

Abstract

The purpose of this study is to investigate the softening effect of cellulase-treated cotton fabric and the damage on the fabric which is accompanied by the treatment. Cotton fabric is treated with cellulase under various concentrations and time, and the weight loss, hand values (by KES), surface characteristics, moisture regain, tensile strength, copper number and intrinsic viscosity of the treated samples and untreated samples have been compared.

The results are as follows:

1. The weight loss of cotton fabric increased as the concentration of cellulase and the treating time increased.
2. The enzyme treatment had little effect on the stiffness of the treated samples but anti-drape stiffness decreased for the treated samples. Fullness and softness of the treated samples increased and crispness decreased with the lowest level reaching after two hours of the treatment for all concentrations. Scooping feeling of the treated samples increased and flexibility with soft feeling increased as the treating time and the concentration of cellulase increased.
3. Moisture regain of the samples decreased as the treating time and the concentration of the enzyme increased and the treated fabric showed cracks on the fiber surface, and much surface fibers on the fabric have been removed after the treatment.
4. Tensile strength of the samples decreased as the treating time and as the concentration of cellulase increased, and the copper number increased while the intrinsic viscosity decreased as the treating time increased, but cellulase concentration had a little effect.

I. 序 論

綿은 強度가 강하고 吸濕性 및 染色性이 좋으며 알카리에 대한 耐性이 좋은 실용적인 纖維로서 거의 모든 의복의 재료로 사용되는 장점이 있는 반면¹⁾ 纖維가 강직하여 비교적 뻣뻣하고 특히 세탁을 거친 후에 stiffening이 일어나는 성질을 가지므로 陽이온系 界面活性劑인 유연제를 처리하여 이 점을 보완하였다²⁾. 그러나 유연제 처리도 일시적인 효과를 가지며 시간이 경과함에 따라 그 효과가 점차 감소하므로 좀 더 영구적이면서 효과적인 유연처리법이 요구되었는데 1970년에 영국에서³⁾, 그리고 1977년 일본에서⁴⁾ 면 또는 마 그리고 이들의 혼방직물을 셀룰로오스 분해 효소인 셀룰라아제 수용액으로 처리하여 섬유의 유연성과 촉감을 향상시키고 섬유표면의 잔털을 제거함으로써 광택을 유지할 수 있다는 보고가 있는 후 현재 연구가 진행되고 있다.

셀룰라아제에 의한 가수분해 매카니즘은 Reese 등^{5,6)}에 의해 그 최초의 가설이 이루어졌는데 그는 C₁과 C_x 성분의 두단계 반응을 제시하였고 그 후 많은 연구자들은 더욱 엄밀한 정제 과정을 통해 β-(1,4)-glucan cellobiohydrolase를 분리해 내었는데 이들은 C_x 효소가 결정성 셀룰로오스를 무작위로 가용화시키는 endo-glucanase이며 새로 분리해낸 β-(1,4)-glucan cellobiohydrolase가 C₁으로서 C_x와 상승효과를 나타내며 작용하는 효소라 하였다. Endo-glucanase인 C_x는 복합형태로 존재하여 β-(1,4)-glucan을 무작위로 가수분해하며 exoenzyme인 C₁은 C_x의 작용에 의해 생성된 비환원성 말단으로부터 cellobiose를 분리해 내고 glycosidase는 셀룰로오스 자체에 일차적인 작용을 하지않지만 cellobiose와 같은 저분자량의 oligosaccharide의 분해에 작용한다고 하였다⁷⁾.

山岸^{8,9)}는 면 및 폴리에스테르/면 혼방직물에 셀룰라아제 처리를 한 결과 직물의 강도는 저하하는데 그 정도는 직물의 조직에 따라 차이가 있으며 유연도가 향상된다고 하였고, 佐藤¹⁰⁾ 또한 면 및 폴리에스테르/면으로 된 직물을 셀룰라아제로 처리했을 때 유연도는 증가한 반면 인장강도와 인열강도 모두 저하한다고 하였다.

본 연구에서는 면 100%로 된 織物을 Trichoderma Viride로부터 얻은 셀룰라아제로 처리한 후 유연효과를 일으키는 물성변화와 전체적인 태의 변화를

Kawabata Evaluation System for Fabrics (KES-F)를 사용하여 살펴보고 인장강도의 저하와 동가 및 고유점도를 통해 상해정도를 비교검토하고자 한다. 아울러 주사전자현미경에 의한 표면 관찰과 수분율의 변화도 살펴보고자 한다.

II. 實 驗

1. 試 料

1) 試驗布

韓國衣類試驗檢査所에서 제작한 섬유류 제품으로 염색견뢰도 시험용 첨부 백포를 10% (owf) Na₂CO₃ 용액으로 액비 1 : 50에서 2시간 끓여 정련시킨 후 使用하였다. 이렇게 처리한 시험포의 특성은 Table 1과 같다.

2) 試藥

효소는 Celluclast[®](NOVO, IND)를 사용하였고 염산은 0.1 N 표준액 (Merck, Titrisol)을 사용하였으며 기타 시약은 시약일급을 사용하였다.

2. 實驗方法

1) 셀룰라아제의 상대활성

셀룰라아제의 상대활성은 Somogyi-Nelson法^{11,12)}에 의해 측정하였다.

2) 면직물예의 셀룰라아제 처리

활성도가 평가된 효소와 1g//의 界面活性劑로 이루어진 효소용액의 온도를 50°C로 pH를 Acetate 완충용액으로 5.0에 고정하고 효소의 농도와 처리시간을 변화시켜 가면서 온도조절과 교반이 가능한 magnetic stirrer

Table 1. Characteristics of fabric

Material	Cotton 100%
Weave	Plain
Fabric Count (ends x picks/5cm)	147 x 136
Yarn Number	36Ne x 36Ne
Thickness (50g/cm ²)*	0.299 mm
Weight	10.42 mg/cm ²
Tensile Strength	17.2 Kg
Moisture regain	7.32 %
Copper Number	0.281
Intrinsic Viscosity	10.80

*두께 측정시 압력조건

를 사용하여 액비 45 : 1로 20×20 cm 크기의 면직물을 처리한 다음 증류수로 충분히 수세하고 자연건조 하였다.

효소처리 前·後의 중량을 측정하여 중량손실률을 계산하였다.

3) 처리布의 태의 측정

KES-F^{13~15)} (Kawabata Evaluation System for Fabrics)를 따르되 KES-FB 試驗機(KATO, TECH, CO, LTD)를 사용하여 引張特性, 굽힘特性, 剪斷特性, 壓縮特性, 表面特性 및 두께와 중량의 6개의 역학적 특성항목에 대하여 16개의 특성치를 표준 조건에서 3회 측정하여 평균을 내었고 異方性이 고려되는 引張, 굽힘, 剪斷 및 表面特性은 경위사 방향별로 측정하였다. 직물의 무게는 KS K 0514에 의하여 측정하였다.

시료의 태값은 여러 산출식에 의해 계산된 결과 본 연구에 사용된 시험포에 가장 적합한 것으로 나타난 Women's Thin Outer Wear의 태값 산출식인 KN-202로 계산하되 剛硬度(stiffness, KOSMI), 反撥彈力性(Anti-Drape Stiffness, HARI), 豐柔度(Fullness and softness, FUKURAMI) 깔깔이(Crispness, SHARI), 살랑이(Scrooping Feeling, KISHIMI), 調和性(Flexibility with soft Feeling, SHINAYAKASA)에 해당되는 태값을 계산하였다.

역학적 특성치를 기본 태값으로 산출하는 식은 아래와 같다.

$$\text{변환식 (H.V)} = C_0 + \sum_{j=1}^{16} C_j \frac{X_j - \bar{X}_j}{\sigma_j}$$

X_j : j번째의 기본 역학량(특성치 또는 대수 변환치)

\bar{X}_j : X_j 의 평균(특성치 또는 대수 변환치)

σ_j : X_j 의 표준편차

C_0 : C_j 의 회귀 계수

4) 走査電子顯微鏡 觀察

走査電子顯微鏡(JEOL Co. JSM-T-200)으로 효소처리 布 표면의 잔털 상태와 섬유 상해 정도를 관찰하였다.

5) 水分率 측정

水分率は KS, K 0200에 의하여 측정하였다.

6) 引張強度

引張強度는 경사방향단을 KS K 0520 Ravel Strip 법에 의하여 측정하였다. 측정된 값은 상대치로 원포의

백분율로 표시하였다.

7) 銅價¹⁶⁾

분쇄한 시료 약 1g을 정확히 달아 10% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 용액 5 ml와 130 g Na_2CO_3 및 50 g NaHCO_3 를 증류수 1,000 ml에 용해시켜 만든 용액 95 ml를 혼합한 액에 넣고 逆流冷却機를 부착시켜 3시간 동안 항온수조에서 중탕하였다.

Glass Filter 1 G3을 사용하여 여과하고 5% Na_2CO_3 용액 100 ml로 씻어주고 다시 약 95°C 증류수 250 ml로 씻어주었다. 수세한 試料를 ferric alum 용액 25 ml에 넣어 잘 저어준 후 다시 Glass filter로 여과하고 증류수로 수세하였다.

이 여과액을 0.05 N KMnO_4 로 적정하고 다음식에 따라 銅價를 계산하였다.

$$\text{銅價} = \frac{6.36 \times \text{Vol of } 0.05 \text{ N } \text{KMnO}_4 \times 0.05}{\text{試料의 건조중량}}$$

8) 고유점도

고유점도 측정시 용매는 Cadoxen¹⁷⁾을 조제하여 사용하였다.

용액 20 ml에 정확히 20 mg의 시료를 용해시켜 flow time을 측정된 후 용매의 flow time의 비로 상대점도를 구하고 희석시켜 가면서 점도를 측정하여 환원점도(η_{sp}/c)로 부터 고유점도를 구하였다. 이때 원포의 고유점도를 측정하여 아래식¹⁸⁾에 의해 K값을 구한 후 이 상수를 다른 시료에 적용하여 각각의 고유점도를 구하였다.

$$[\eta] = \frac{\eta_{sp}}{C(1+K \eta_{sp})}$$

$[\eta]$: intrinsic viscosity

η_{sp} : specific viscosity

C: Concentration

단, C는 g/100 ml로 표현된 농도이다.

III. 結果 및 考察

1. 綿織物에의 셀룰라아제 처리

1) pH와 온도의 변화에 따른 셀룰라아제의 상대 활성

Fig. 1은 pH에 따른 효소의 상대 활성을 나타낸 것이다. 효소의 활성은 pH 4.5~5.0에서 가장 높은 것으로 나타났으며 pH가 4.0 이하가 될 때와 6.0 이상에서는 모두 활성이 50% 이하로 감소하였다.

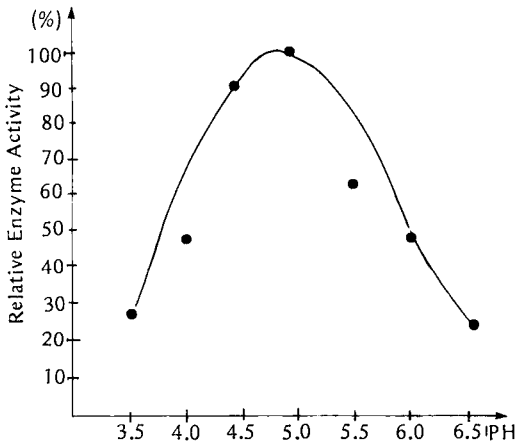


Fig. 1. Dependence of Enzyme Activity on PH. (Temp: 50°C)

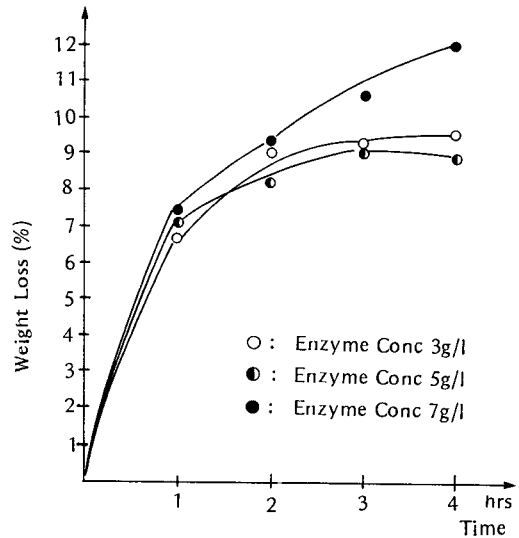


Fig. 3. Effect of Time on Weight Loss of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Concentration. PH: 5.0 Temp: 50°C

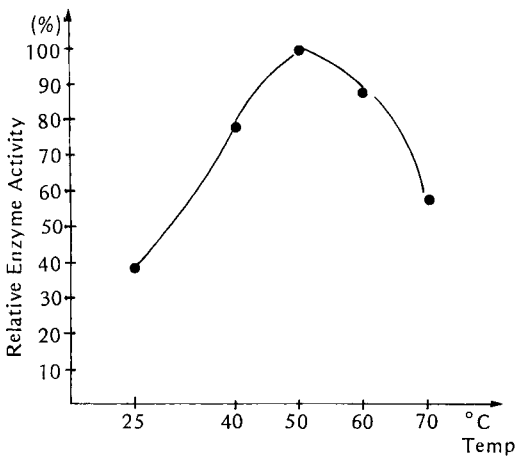


Fig. 2. Dependence of Enzyme Activity on Temp. (PH: 5.0)

Fig. 2는 온도에 따른 효소의 상대 활성을 나타낸 것이다. 효소 활성은 50°C 부근에서 최대를 나타내었다.

위의 결과를 통해 효소처리 조건은 pH가 4.5~5.0, 온도는 약 50°C가 적합하므로 이후의 실험은 이 조건에서 행하였다.

2) 면직물에의 셀룰라아제 처리시 농도 및 온도의 영향

Fig. 3은 면직물을 0°C pH 5.0에서 효소와 界面活性劑인 Tween-80으로 혼합된 水溶液으로 처리시 시간에 따른 減量率을 각 효소 농도별로 나타낸 것이다. 이렇게

면직물이 효소처리에 의해 減量이 되었다는 것은 셀룰로오즈 일부가 용해되었다는 것을 의미하며 중량은 각 농도에서 모두 시간이 경과함에 따라 감소가 많이 일어났으며 또한 농도가 3g/l일 때와 5g/l일 때는 처리시간 2시간 후 부터는 중량감소의 폭이 점차 줄어들었으나 농도가 가장 높은 7g/l인 경우는 처리시간 4시간 까지도 중량이 많이 감소된 것을 볼 수 있었다.

2. 처리布의 物性變化 및 섬유 손상

1) 태의 변화

Fig. 4의 (a), (b), (c)는 미처리 시료와 여러 조건에서 효소용액으로 처리한 면직물의 태값을 각 농도별로 나타낸 것이다.

강경도는 만져서 느낄 수 있는 可撓性, 反撥力, 彈性이 있는 充實한 감각을 뜻하는 것으로서 굽힘 강경도로 나타내기도 한다. 이 剛硬度에 기여도가 큰 것은 굽힘, 剪斷, 두께 및 무게인데 Table 2에서 나타난 시료의 특성치에서 굽힘 특성이 감소하긴 했으나 그 차가 그리 크지 못하며 처리과정 자체로 인한 수축현상이 일어났을 것으로 추측된다.

反撥彈性은 천을 손으로 쥐고 치켜들었을 때 선을 뗀다는 것과 같은 감촉, 뽀뽀한 감촉 등을 종합해서 표현한 것으로 드레이프성과 반비례 하는데 선행 연구들에

Table 2. Characteristic values of the samples

Characteristic Value	Control	3g/l			5g/l			7g/l									
		1	2	3	4hrs	1	2	3	4hrs	1	2	3	4hrs				
Tensile	LT-1	0.791	0.785	0.790	0.779	0.780	0.779	0.780	0.762	0.793	0.773	0.773	0.741	0.743	0.771	0.800	0.786
	LT-2	0.675	0.681	0.634	0.660	0.606	0.660	0.606	0.648	0.620	0.660	0.660	0.023	0.668	0.626	0.640	0.628
	LT	0.733	0.733	0.712	0.720	0.693	0.720	0.693	0.705	0.707	0.717	0.717	0.682	0.131	0.699	0.720	0.707
	WT-1	3.42	3.32	2.98	3.18	3.20	3.18	3.20	3.43	3.23	3.11	3.11	3.02	3.53	3.50	3.51	3.46
	WT-2	11.18	9.33	9.41	9.78	9.54	9.78	9.54	9.64	9.72	9.63	9.63	9.38	9.67	9.71	9.03	8.53
	WT	7.30	6.33	6.20	6.48	6.37	6.48	6.37	6.54	6.48	6.37	6.37	6.20	6.60	6.61	6.27	6.60
	RT-1	43.6	43.5	41.6	40.0	39.0	40.0	39.0	38.0	38.9	39.5	39.5	41.9	38.3	35.6	36.6	35.2
	RT-2	29.7	25.1	27.5	25.5	26.1	25.5	26.1	25.8	23.9	26.7	26.7	25.4	27.1	25.2	27.0	19.7
	RT	36.7	34.3	34.6	32.8	32.6	32.8	32.6	31.9	31.4	33.1	33.1	33.7	32.8	30.4	31.8	27.5
	EMT-1	1.31	1.68	1.53	1.63	1.63	1.63	1.63	1.80	1.63	1.61	1.61	1.63	1.78	1.92	1.73	1.70
EMT-2	5.89	5.89	5.70	6.46	5.60	6.46	5.60	6.14	6.63	5.84	5.84	6.02	5.79	6.33	5.33	7.04	
EMT	3.60	3.79	3.62	4.05	3.62	4.05	3.62	3.97	4.13	3.73	3.73	3.83	3.79	4.13	3.53	4.37	
Shearing	G-1	1.24	0.98	1.01	1.02	0.95	1.02	0.95	0.90	0.99	0.97	0.97	0.89	1.04	0.98	0.94	0.94
	G-2	1.24	1.00	0.98	0.98	0.93	0.98	0.93	0.94	0.97	0.94	0.94	0.95	0.97	0.99	0.96	0.88
	G	1.24	0.99	1.00	1.00	0.94	1.00	0.94	0.92	0.98	0.96	0.96	0.92	1.01	0.99	0.95	0.91
	2HG-1	3.53	2.56	2.56	2.31	2.22	2.31	2.22	2.26	2.56	2.27	2.27	2.37	2.64	2.62	2.41	2.62
	2HG-2	3.95	3.08	2.68	2.80	2.53	2.80	2.53	2.92	3.02	3.18	3.18	3.00	2.85	3.43	3.13	3.04
	2HG	3.74	2.82	2.35	2.56	2.38	2.56	2.38	2.59	2.79	2.73	2.73	2.69	2.75	3.03	2.77	2.83
	2HG5-1	6.12	4.97	4.72	4.96	4.53	4.96	4.53	4.50	4.89	4.77	4.77	4.53	5.07	5.02	4.73	4.73
	2HG-5-2	6.68	5.54	5.32	5.32	5.03	5.32	5.03	5.22	5.50	5.45	5.45	5.22	5.46	5.60	5.43	5.16
	2HG5	6.40	5.26	5.02	5.14	4.78	5.14	4.78	4.86	5.20	5.11	5.11	4.88	5.27	5.31	5.08	4.95
	Bending	B-1	0.0728	0.0699	0.0698	0.0697	0.0679	0.0697	0.0679	0.0684	0.0678	0.0673	0.0673	0.0669	0.0655	0.0647	0.0641
B-B		0.0279	0.0290	0.0279	0.0278	0.0277	0.0278	0.0277	0.0281	0.0273	0.0290	0.0290	0.0311	0.0308	0.0282	0.0285	0.0289
B		0.0504	0.0495	0.0489	0.0488	0.0478	0.0488	0.0478	0.0483	0.0476	0.0482	0.0482	0.0490	0.0482	0.0465	0.0463	0.0456
2HB-1		0.0985	0.0951	0.0945	0.0839	0.0782	0.0839	0.0782	0.0875	0.0866	0.0842	0.0842	0.0839	0.0879	0.0871	0.0864	0.0847
2HB-2		0.0362	0.0311	0.0289	0.0183	0.0282	0.0183	0.0282	0.0338	0.0324	0.0320	0.0320	0.0316	0.0335	0.0306	0.0302	0.0300
2HB		0.0674	0.0631	0.0617	0.0561	0.0532	0.0561	0.0532	0.0607	0.0595	0.0581	0.0581	0.0578	0.0607	0.0589	0.0583	0.0574

Table 2. Continued

Characteristic Value	Control	3g/l			5g/l			7g/l					
		1	2	3	4hrs	1	2	3	4hrs	1	2	3	4hrs
MIU-1	0.153	0.153	0.161	0.163	0.159	0.162	0.162	0.153	0.145	0.166	0.167	0.164	0.162
MIU-2	0.155	0.159	0.158	0.158	0.165	0.164	0.163	0.164	0.152	0.155	0.167	0.164	0.162
MIU	0.154	0.156	0.160	0.161	0.162	0.163	0.163	0.159	0.149	0.161	0.167	0.164	0.162
MMD-1	0.0215	0.0141	0.0161	0.0154	0.0144	0.0154	0.0144	0.0137	0.0151	0.0147	0.0138	0.0165	0.0178
MMD-2	0.0263	0.0229	0.0189	0.025	0.0187	0.0188	0.0187	0.0192	0.0213	0.0211	0.0160	0.0185	0.0147
MMD	0.0239	0.0185	0.0175	0.0185	0.0168	0.0170	0.0166	0.0165	0.0182	0.0179	0.0149	0.0175	0.0163
SMD-1	6.36	5.72	5.37	5.43	5.60	5.43	5.60	5.71	5.30	5.31	5.16	5.41	5.39
SMD-2	6.97	6.07	5.97	5.45	5.76	5.45	5.76	5.93	5.61	5.82	5.66	5.72	5.54
SMD	6.67	5.90	5.67	5.44	5.68	5.44	5.68	5.82	5.46	5.57	5.41	5.57	5.47
LC	0.292	0.281	0.294	0.290	0.289	0.290	0.289	0.307	0.309	0.282	0.294	0.285	0.297
WC	0.137	0.139	0.107	0.121	0.134	0.150	0.143	0.134	0.139	0.155	0.155	0.150	0.147
RC	35.3	36.3	38.3	39.8	40.4	36.5	36.1	35.6	35.8	37.0	36.2	36.7	36.7
TO	0.509	0.492	0.449	0.452	0.453	0.475	0.462	0.463	0.430	0.412	0.445	0.493	0.507
TM	0.299	0.294	0.281	0.286	0.281	0.298	0.286	0.289	0.271	0.289	0.281	0.285	0.296
W	10.42	9.54	9.30	9.29	9.25	9.50	9.40	9.30	9.31	9.47	9.24	9.15	8.99

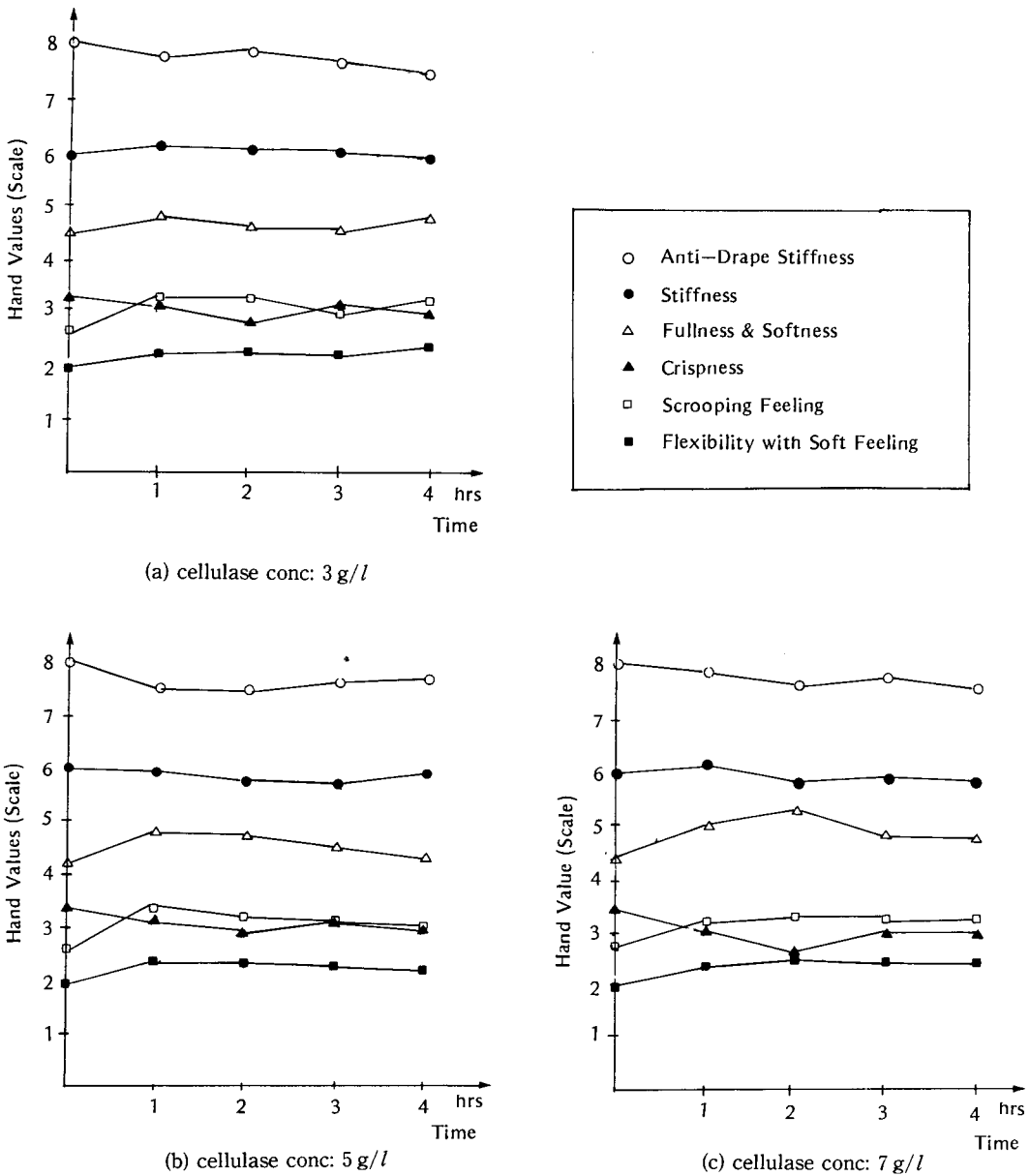


Fig. 4. Effect of Time on Hand Values of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Sol'n PH: 5.0 Temp: 50°C

서 언급한 효소처리에 의한 면직물의 유연성 증가는 거의 캔티레버법에 의한 것으로서 이것은 주로 드레이프성과 관련이 있는 성질을 보는 것이다. 본 실험결과에 의하면 반발탄력성은 효소처리시 감소하는 경향을 보이며 농도가 높을수록 많이 감소하는 경향을 보였다.

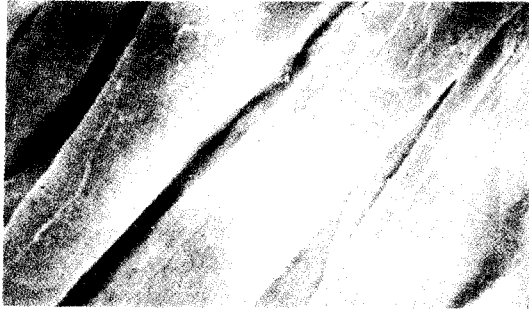
豐柔度는 천을 손으로 쥐었을 때 느끼는 重厚한 감촉, 압축, 탄력성등을 종합해서 표현한 것이다. 본 실험결과

에 따르면 각각의 태값 중 가장 큰 변화를 보인 것으로 剪斷特性和 가장 높은 상관을 보이는 값이다. 이 값은 농도 별로 최대 값을 나타내는 처리시간이 다른데 농도가 3g/l인 경우는 처리시간이 길수록 증가했으나 5g/l와 7g/l인 경우는 2시간 까지 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내었다.

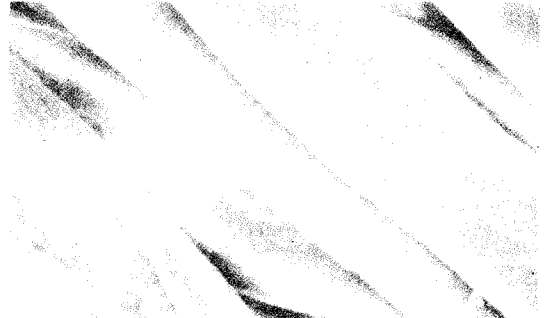
갈갈이는 천을 겹쳐서 손가락으로 쥐고 살짝 부빌 때

느끼는 까실까실한 마찰감, 천을 손으로 어루만질 때 느끼는 粗硬한 감촉 등을 종합해서 표현한 것으로 굵힘, 두께, 무게등과 높은 상관을 보인다. 이 값은 모든 처리 조건에서 미처리포에 비해 처리포가 낮은 값을 나타내고 있는데 모든 농도에서 처리시간 2시간까지는 감소하다가 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

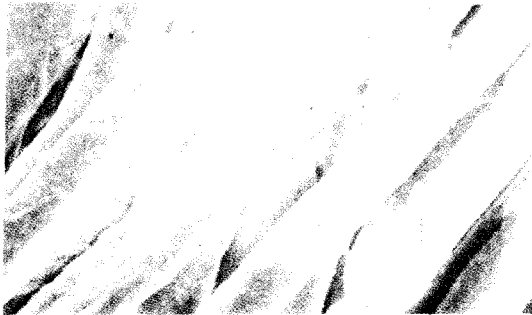
살랑이는 옷이 스칠때 느끼는 소리, 특히 순 견직물로 만든 옷깃이 스칠 때 일어나는 느낌으로 살랑이는 소리의 감각(rustle of crunch) 등을 종합해서 표현한 것인데 처리포의 경우 미처리포 보다 모두 높은 값을 나타내고 있으며 각 농도별로 4시간 처리한 경우가 가장 높게 나타났다.



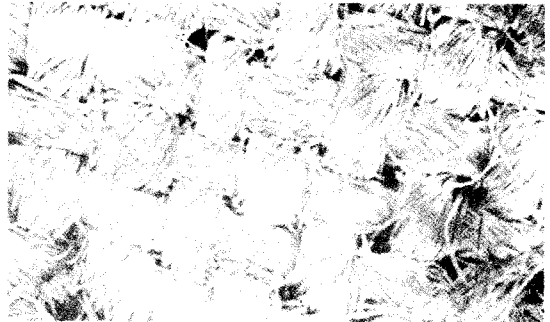
(a) Cotton Fabric untreated ($\times 2000$)



(b) Cotton Fabric treated with 3 g/l Enzyme at PH 5.0 Temp 50°C for 4hrs ($\times 2000$)



(c) Cotton Fabric treated with 7 g/l Enzyme at PH 5.0 Temp 50°C for 4 hrs ($\times 2000$)



(d) Cotton Fabric Untreated ($\times 50$)



(e) Cotton Fabric Treated with 3 g/l Enzyme at PH 5.0 Temp 50°C for 4 hrs ($\times 50$)



(f) Cotton Fabric Treated with 7 g/l Enzyme at PH 5.0 Temp 50°C for 4 hrs ($\times 50$)

Fig. 5. Scanning Electron Micrographs

調和性は 중만감, 유연함, 매끄러움 등이 혼합된 감각 그러면서도 반발 탄력성이 느껴지지 않는 감촉등을 종합해서 표현한 것인데 이 값도 처리포가 미처리포에 비하여 모두 높게 나타났으며 전체적으로 농도가 높을수록, 처리시간이 길어질수록 높게 나타났지만 그 차이는 크지 않았다.

각각의 태값과 처리시간의 관계를 Fig. 4에서 보면 시간의 경과에 따라 태값이 크게 증가 또는 감소하지 않음을 볼 수 있는데 이는 반드시 오랜 처리가 태의 향상을 가져다주지는 못한다는 사실을 알게 해 준다.

이것은 효소에 의한 가수분해의 특이성에 기인한다고 볼 수 있는데 산에 의한 가수분해의 경우 산의 분자는 효소 분자에 비해 크기가 매우 적어 분자 사슬의 절단이 골고루 분포되는데 비해 효소와 같이 분자가 큰 것은 공격이 어느 한 곳에 편중되므로 전체적인 태의 향상은 시간의 증가에도 불구하고 현저하게 나타나지 않는다고 추측된다.

또한 섬유소는 효소에 의해 공격을 받기 쉬운 영역이 먼저 분해 되므로 결국 시간이 지남에 따라 효소에 대한 感受性은 저하하게 되므로 초기의 효소에 의한 효과가 시간의 증가에 따라 계속 나타나지는 않는 것으로 생각된다.

2) 表面 변화

Fig. 5는 주사전자현미경으로 본 처리포의 표면 변화이다. 이 중 a), b), c)는 효소처리에 의해 섬유에 패임이나 균열이 생겨남을 볼 수 있다. 사진에 의하면 효소 3 g/l로 4시간 처리한 b)는 가수분해에 의해 섬유에 부분적으로 패임과 균열이 생겨남을 볼 수 있었고 c)의 경우는 섬유가 나선 방향으로 쪼개짐을 볼 수 있었다. 이것을 통해 인장 강도의 저하와 중량 손실은 섬유에 생겨난 균열이 심할 수록 증가함을 확인할 수 있었다.

Fig. 5의 d), e), f)는 직물 표면을 관찰한 것으로 미처리 포인 d)의 경우 잔털이 많지만 처리 농도를 높여 처리할수록 잔털이 많이 제거되어 매끈한 표면을 나타내었다. 이것은 Table 2에 나타난 표면 특성치와도 비교가 가능한데 미처리포에 비해 처리포의 경우 마찰계수 평균편차(MMD)와 표면 굴곡의 평균편차(SMD)가 감소함을 통해 이것을 확인할 수 있다.

3) 水分率

Fig. 6은 효소처리 시간에 따른 수분율의 변화를 나타낸 것이다. 수분율은 미처리포에 비해 처리포 모두 감소

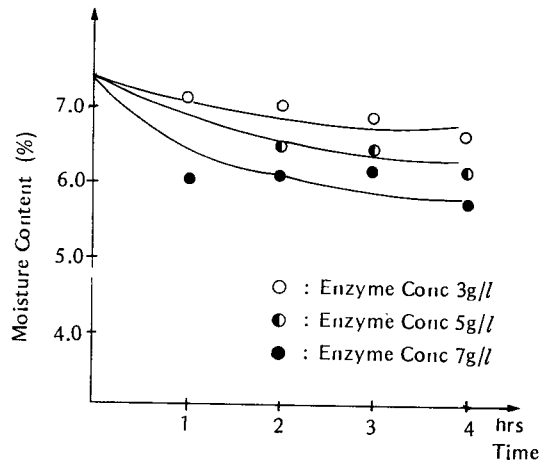


Fig. 6. Effects of Time on Moisture Regain of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Conc. PH: 5.0 Temp: 50°C

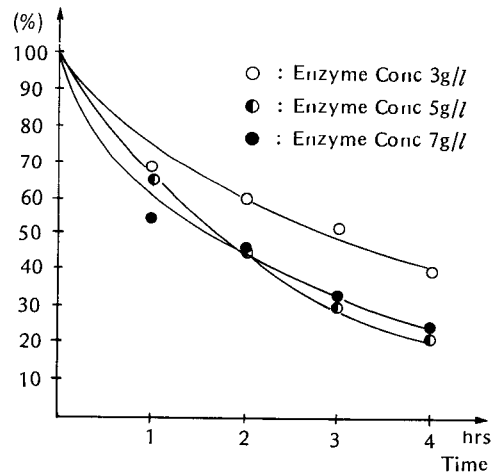


Fig. 7. Effects of Time on Tensile Strength of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Concentration. PH: 5.0 Temp: 50°C

하였으며 시간이 경과할수록 효소농도가 높을수록 그 정도가 현저하다.

Paralikal¹⁹⁾은 효소에 의한 셀룰로오스 분해시 수분율이 감소한다고 한 반면 山岸는 효소처리시 셀룰로오스의 수분율이 증가한다고 하였다. 이는 가수분해로 인해 셀룰로오스에 균열이 발생함으로 비표면적이 증가하여 수분율이 증가하게 되는 원인이 되지만 Fan²⁰⁾에 의하면 가수분해가 점차 진행됨에 따라 비결정 영역이 결정영역에 비하여 더욱 빨리 분해되어 결과적으로 결정영역의 상대적 증가를 나타낸다고 하였는데 이로 인해

수분율이 감소하게 되는 것으로 생각된다.

4) 引張強度

Fig. 7는 처리한 효소의 농도별로 시간에 따른 인장강도의 변화를 경사방향만 나타낸 것이다. Fig. 7에 의하면 각 농도 모두 시간이 증가함에 따라 인장강도가 저하되었음을 알 수 있는데 특히 농도가 5g/l, 7g/l인 경우는 2시간의 처리에 의해서 강도가 50% 이상 저하하였으며 7g/l로 4시간을 처리해 주었을 때는 강도가 원포의 24.4% 밖에 되지 않았다. 이는 주사전자현미경에서도 볼 수 있듯이 처리한 섬유는 횡방향의 균열이 생기고 더 많이 처리한 섬유는 나선형의 균열을 볼 수 있는데 이로 인해 인장강도의 감소가 현저한 것으로 보인다.

앞에서 살펴본 태 값과 강도저하를 관련지어 볼 때 시간의 경과에 따라 태 값은 별로 향상되지 않으면서 강도저하는 많이 일어나는 것을 볼 때 가공시 적절한 농도와 시간의 조건을 선택하여 불필요한 강도저하는 방지해야 할 필요성을 느끼게 된다. 3g/l의 효소 농도로 2시간 처리시 인장강도는 원포의 약 60% 정도 밖에 되지 않는데 이때의 감량은 약 9% 정도이며 감량이 12% 정도 되었을 때는 강도가 원포의 약 24% 정도 밖에 되지 않았다.

본 연구에서는 시간에 따라 강도가 계속 저하하는 것으로 나타난 반면 山岸는 처리시간의 경과가 인장강도에 크게 영향을 미치지 않아 초기에 급속히 저하하고 그 후로는 크게 저하하지 않는다고 하였는데 이는 농도가 저농도이며 사용하는 셀룰라아제의 종류 및 안정성에 따라 일어나는 강도저하의 경향이 다르기 때문이라고 생각된다.

5) 銅價

Fig. 8은 시간에 따른 銅價변화를 각 농도별로 나타낸 것이다. 시간의 증가에 따라 銅價는 증가하였는데 이는 셀룰로오스의 가수분해 결과 환원성 말단이 생성되고 시간의 증가에 따라 그 양이 증가함을 나타내었다.

농도가 3g/l인 경우와 5g/l인 경우는 거의 농도에 의한 차이가 나타나지 않았으나 7g/l인 경우는 모든 처리 시간에 걸쳐 가장 높게 나타난 것으로 보아 가장 많은 손상이 일어난 것으로 보인다.

인장강도가 시간에 따라 저하한 것과 비교해 볼 때 처리시간에 따른 섬유의 상해는 점차 증가한 것을 확인할 수 있었다.

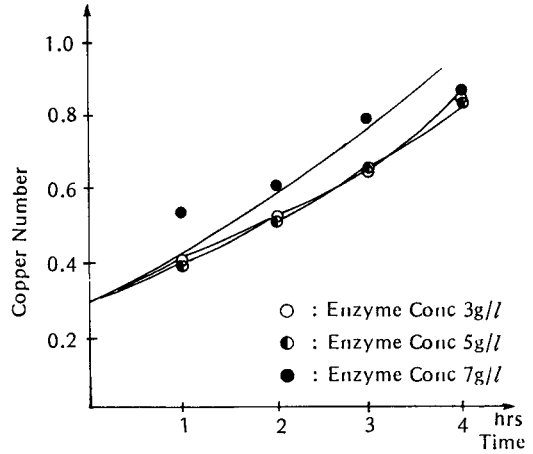


Fig. 8. Effect of Time on Copper Number of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Conc. PH: 5.0 Temp: 50°C

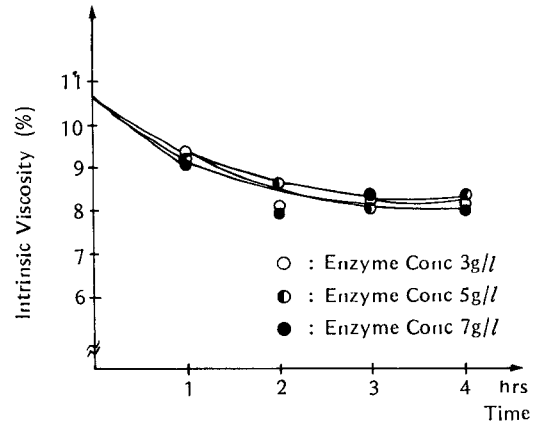


Fig. 9. Effect of Time on Intrinsic Viscosity of Cotton Fabric Treated Under Various Enzyme Conc. PH: 5.0 Temp: 50°C

6) 고유 점도

Fig. 9은 처리시간에 따른 면적물의 고유점도를 나타낸 것이다. 처리시간이 길어질수록 고유점도는 대체적으로 감소하지만 감소되는 정도가 비교적 적고 농도에 의해서도 큰 영향을 받지 않았다. 이는 셀룰로오스가 효소의 작용을 받을 때 많은 경우 말단으로부터 glucose, cellobiose 단위로 분해하며 1차 벽의 비결정 셀룰로오스가 공격되기 쉬우므로 평균 중합도는 많이 저하되지 않는 것으로 생각되는데 이것이 인장강도의 저하율 또는 銅價의 증가율과 조금 다르게 나타난 원인으로 추측된다.

또한 섬유가 효소에 비해 가지는 접근성이 큰 저분자 영역이 더 쉽게 분해되므로 오히려 평균 중합도는 더 높아질 수 있으리라 생각되며 이것이 시간의 경과에도 불구하고 고유점도가 크게 변화하지 않는 원인을 제공해 준다 하겠다.

이상의 사실을 통해 처리시간에 따라 가수분해가 일어나되 주로 말단에서의 분해가 일어나므로 이 실험에서 효소는 random 작용을 하는 endo-glucanase 보다는 말단 작용을 일으키는 exo-glucanase의 작용이 보다 우세하다고 하겠다.

IV. 結 論

면직물을 셀룰라아제 함유 수용액으로 처리할 때 pH와 온도를 고정하고 효소의 농도, 처리시간을 변화시켜 처리된 직물의 태를 비롯한 물성변화 및 상해 정도를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 면직물을 셀룰라아제 함유 수용액으로 처리했을 때 처리시간이 길어질수록 중량감소가 크게 나타났으며 농도는 3g/l와 5g/l는 중량감소에 큰 차이가 없었으나 7g/l인 경우는 이에 비해 중량감소가 많이 일어난 것으로 나타났다.

2. 미처리포에 비해 처리포의 反撥彈力性은 감소하였으며 농도가 가장 높은 7g/l인 경우 시간에 따라 가장 많이 감소하였고 剛硬度는 처리포와 미처리포 간에 큰 차이가 없었다.

3. 豐柔度는 미처리포에 비해 처리포가 높은 값을 나타내었는데 각 농도에 따라 최대값을 나타내는 처리시간이 다르게 나타났다.

4. 짚깎이는 처리포가 미처리포 보다 모두 낮게 나타났는데 모두 처리시간 2시간 까지는 감소하다가 다시 증가하는 현상을 보였다.

5. 살랑이는 미처리포에 비해 처리포가 모두 높게 나왔고 농도가 높을 수록 처리 시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났다.

6. 처리된 섬유는 표면에 균열이 생기고 미처리포에 비해 처리포가 직물위의 잔털이 많이 제거되었음을 보였으며 水分率은 처리 농도가 높을수록 처리시간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다.

7. 引張強度는 처리농도가 높을수록, 처리시간이 길어질수록 감소하였으며, 銅價는 처리시간이 길수록 증

가하였고 농도에 따라서는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 固有粘度는 처리시간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타냈으나 일정하지 않고 농도에 의한 영향이 적은 것으로 나타났다. 즉 본 연구에 사용된 셀룰라아제 효소는 endo-glucanase의 random가수분해 보다는 exo-glucanase의 말단기에 대한 작용이 우세한 것으로 나타났다.

8. 태의 변화와 손상도를 종합해 보면 본 연구에 사용된 효소의 경우 손상도는 시간의 경과에 따라 증가하면서 태는 시간에 따라 큰 변화를 보이지 않으므로 처리시간을 1시간으로 하는 것이 바람직하며 처리농도는 큰 손상을 일으키지 않으면서 가공에 효과적인 5g/l의 범위가 적당하다고 하겠다.

參 考 文 獻

- 1) 金聲連, 被服材料學, 敎文社 1981
- 2) 金聲連, 洗劑와 洗濯의 科學, 敎文社, 1989
- 3) U.K. Patent 1368599 (1970)
- 4) 日本國特許廳, 特許公報, 昭 52-48236 (1977)
- 5) Reese, E.T., Siu, R.G.H., and Levinson, H.S., *Journal of Bacteriology* 59, p. 485-497 (1950)
- 6) Reese, E.T., and Mandels, M: Enzymatic Degradation in High-Polymers Vol V. (Bikales, N.M. and Segal, L. Ed.) Wiley-Interscience p. 1079-109 (1971)
- 7) Kennedy, J.F., Phillips, G.O., Wedlock, D.J., and Williams, P.A.: Cellulose and its derivatives-Chemistry, Biochemisitoy and Applications, John Wiley & Sons (1985)
- 8) 山岸政昭: 셀룰로스系 纖維의 셀룰라아제による改質, 靜岡縣濱松纖維工業試驗場報告 24, p. 54-61 (1986)
- 9) 山岸政昭: 綿織物の 셀룰라아제による改質(第2報) 靜岡縣濱松纖維工業試驗場報告 25, p. 5-9, (1987)
- 10) 佐藤 整: 酵素의 各種纖維素材への應用, 加工 23(10), pp. 42-52, (1988)
- 11) Somogyi, M., : Notes on Sugar Determination. *Journal of Biochemistiry*, 195, pp. 19-23, (1952)
- 12) Nelson, N.: A phototric Adaptation of the Somogyi's Method for the Determination of Glucose. *Journal of Biochemistry*, 153, pp. 375-380, (1944)
- 13) Kawabata, S.: The Standardization and Analysis of hand Evaluation 2nd ed. The Hand Evaluation and Standardization Committee (1980)
- 14) Kawabata, S., Postle, R. and Niwa, M.: Objective

- Specification of Fabric Quality Mechanical Properties and Performance. The textile Machinery Society of Japan (1982)
- 15) 이재곤, KES와 織物의 태. 한국섬유공학회 제직분과 위원회 심포지움 (1988)
- 16) TAPPI STANDARD: Copper Number of Pulp (1950)
- 17) Segal, L., and Timpa, J.D.: Cellulose Solubility in Cadoxen and the Effect of Age of the solvent in Viscometric Data. *Svensk Papperstidning*, **72**, pp. 656-661 (1969)
- 18) Page, E.J.: The Fractionation of Cellulose. *Textile Research Journal* (1953)
- 19) Paralikar, F.M., and Bhatawdekar, S.P.: Hydrolysis of cotton Fiber by Cellulase Enzyme, *Journal of Applied Polymer Science*, **29**, p. 2573-2583 (1984)
- 20) Fan, L.T., Lee, Y.H., and Beardmore, D.H.: Mechanism of the Enzymatic Hydrolysis of cellulose, effects of Major Structural Features of Cellulose on Enzymatic Hydrolysis, *Biotechnology and Bioengineering*, **22**, pp. 177-199, (1980)