酵素によるリネン布の精練効果の評価

奈良女子大学大学院人間文化研究科 金 春花

奈良女子大学生生活環境学部 前川昌子

Evaluation of Enzyme Treatment of Linen Fabrics

Chunhua Jin^{*1} and Masako Maekawa^{*2}

^{*1}Graduate school of human culture, Nara Women's University, Nara, 630-8506, Japan

^{*2}Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Nara, 630-8506, Japan

Abstract: Linen fabrics were treated with three kinds of commercial enzyme mixtures under the same condition. The relative residual pectic substances on the fiber surface and the amount of pectic substances extracted from the fiber were evaluated. In addition, the change of percentage shrinkages, weight losses, tensile and tearing strength for the treated fabrics were measured. Furthermore the mechanical properties of the fabrics were also measured with KES-F evaluation system. The effects were compared with those obtained by alkaline boiling. It was revealed that Ultrazyme treatment reduced pectic substances in the fabrics efficiently, the reduction of the tearing strength by the treatment was lower than that of alkaline treatment, and the action of the enzyme mixtures on linen was weaker than that on ramie.

(Received 23 February, 2001; Accepted 30 May, 2001)

1. 緒 言

リネンは木綿に比べてセルロース含量が低く、ペクチン質、ヘミセルロース、リグニン、脂質、蠟などの非セルロース物質を多く含んでいる[1]。また、リネン繊維には木綿のような第1次壁を構成するcuticleがないため精練剤に対して木綿よりも作用を受けやすい傾向がある。そのためセルロースを損傷することなく、脱ペクチン処理をしなければならない[2, 3]。

従来、リネンの精練にはアルカリ剤を用いて煮沸を行う方法が用いられてきた。しかし、アルカリによる精練は高温、強アルカリ条件下で行うため、作業環境の安全性と排水負荷やエネルギーコストなどが問題とされている。近年、環境負荷の低減を目指して種々の繊維加工への酵素利用が試みられている。酵素は中性付近の穏やかな条件下で作用する。また、処理後に温度やpHを変化させることによって失活するため多量の洗浄水を必要とせず、容易に次の段階につなげることができる。そのため綿織物の酵素精練[4, 5, 6, 7]、セルラーゼ酵素処理による綿織物の品質改善[8]、ウール染色助剤としての酵素の利用[9]、麻レッティングへの酵素の利用[3, 10]など酵素を用いた繊維加工に関する研究が多く見られる。

本研究では、酵素を用いることにより、アルカリ精練より繊維の膨潤を抑制し、効率的にペクチン質を除去できると考え、ペクチナーゼを主成分とするウルトラザイムと、大豆細胞中に存在するような分鎖状のペクチンに対しても活性を有するビスコザイムの2種の市販酵素を用いてリネン布を精練した。また、酵素精練とバイオポリッシング加工を同時に行う可能性を検討するためにセルラーゼ製剤セルソフトも用いた。処理後、酵素精練とアルカリ精練の比較、ならびにリネン布と前報[11]で評価したラミー布との比較をもとに、着色法と抽出法によりペクチン質除去効果を評価した。また処理布の種々の力学特性値を測定して処理による物性の変化を評価し、重量減少や強度低下についても考察した。

2. 実 験

2.1 試料

リネン布は、pH 3、温度32～34℃の水に4～5日浸漬しレッティングした中国黒龍江省産の平織布を用いた。75℃の蒸留水で30分間のり抜きし、実験に供した。

酵素は次の3種の市販酵素（Novo Nordisk 社提供品）を用いた。1）ウルトラザイム40 Lは飲料加工用で、主

要な酵素成分はペクチントランスエリミナーゼ、ポリガラクトチュロナーゼ、ペクチンエステラーゼ、ヘミセルラーゼであり、表示活性は2000 F D U⁵⁵/mlである。2) ビスコザイムは、穀物、野菜加工用で、アラバナーゼ、ゼララーゼ、 β -グルカナーゼ、ヘミセルラーゼ、キシラナーゼ等さまざまなカルボヒドラーゼからなる複合酵素剤であり、表示活性は100 F B G/gである。3) セルソフトはバイオポリッシング加工用で、微生物Trichodermaを液中培養して得られるセルラーゼ製剤であり、表示活性は750 E G U/gである。

水酸化ナトリウム、D-a-ガラクトツロン酸は、試薬特級（ナカライテスク）を用いた。

2.2 酵素処理およびアルカリ処理

酵素処理は、3種の酵素の最適温度ならびにpHが同じ範囲内にあることから、表1に示した条件下でターゲット（上島製作所製）を用いて55回/分で攪拌処理して行った。処理後、脱イオン水で3回すすぎ、室温で乾燥し、標準状態（20℃、65%RH）で保存した。アルカリ処理も表1の条件で行い、処理後脱イオン水で5回すすぎ、室温で乾燥し、標準状態で保存した。

Table 1 The conditions for enzyme treatment and alkaline boiling.

Treatment	Enzyme	Alkaline
Temperature(℃)	50	100
pH	4.6	14
Concentration(%)	0.03	4
Liquor ratio	1 : 100	1 : 100
Time(hour)	1	1

2.3 測定方法

2.3.1 表面ペクチン質

リネン布を0.1%ルテニウムレッド水溶液に2分間浸漬して着色した後乾燥し、CM-2002 MINOLTA分光測色計を用いて着色布の反射率を測定し、k/s値を求めた。

2.3.2 ペクチン質抽出量

布1gを1cm×1cmの大きさに切し、シュウ酸アンモニウム0.5%水溶液100ml中に入れ、90℃で1時間攪拌抽出した。カルバゾール硫酸法[12, 13]を用いて抽出液中のペクチン質をガラクトツロン酸として比色定量した。基準物質としてD-a-ガラクトツロン酸を用いた。得られたガラクトツロン酸量の1/37倍[14]を布中のペクチン質量とした。

2.3.3 強伸度および引裂強度

強伸度の測定は、ショッパー型引張り試験機（島津製作所製）を用いて、JIS L 1096 の引張り強度および伸び率 A 法（ストリップ法）に準じて行った。

引裂強度の測定は、6.3cm×10cm の試験片を用いて、JIS L 1096 の引裂強度 A-2 法（シングルタング法）に準じ、AG-500S オートグラフ型引張り試験機（島津製作

所製）で行った。これらの測定は標準状態で行った。

2.3.4 基本力学特性

KES-F計測システム（Kawabata's evaluation system for fabric）（カトーテック（株）製）により処理布の引張り特性、曲げ特性、せん断特性、表面特性、圧縮特性の測定を行った。測定は、20cm×20cmの試験片を用いて標準測定条件[15]に準じ、標準状態で行った。

3. 結果および考察

3.1 表面のペクチン質相対残存率および繊維から抽出したペクチン質量

表2は、種々の処理をしたリネン布表面のペクチン質相対残存率ならびに本実験条件下で抽出された繊維中のペクチン質量を示す。前報[11]で得られたラミーの結果も示した。未処理布の表面ペクチン質の残存率を100%とすると、アルカリ処理布では62.9%であった。ウルトラザイム処理布とビスコザイム処理布では、アルカリ処理布のそれに比べて大きな差はみられなかった。セルソフト処理布では80.6%と大きかった。前報[11]で、セルソフトで処理したラミー布の表面ペクチン質残存率は42.5%と最も小さかった。これは、表面セルロースが除去される際に、表面に存在するペクチン質も同時に除去されたと考えた。しかし、リネンではこの傾向は見られなかった。

繊維中から抽出したペクチン質の量は、アルカリ処理布では0.17%であったが、ウルトラザイム処理布では0.08%と小さく、多くのペクチン質が分解除去されたことがわかる。ビスコザイム処理布とセルソフト処理布では未処理布の値と大きな差はみられなかった。前報[11]のラミーを用いた結果も同様の傾向であったが、ウルトラザイムで処理したラミー布から抽出されたペクチン質は0.03%であり、未処理布からの抽出量との差、すなわち分解量はラミー布で大きい。

Chakravarty[16]は、ジュートセルロースに関する研究で、成長過剰老化部でペクチン質などがラメラ層へ浸

Table 2 The relative residual pectic substances on the fiber surface and pectic substances extracted from the fiber for linen and ramie.

Treatment	Relative pectic substances (%)		Extracted pectic substances (%)	
	Linen	Ramie[11]	Linen	Ramie[11]
Untreated	100	100	0.22	0.41
Alkaline	62.9	62.1	0.17	0.41
Ultraszyme	66.4	67.6	0.08	0.03
Viscozyme	56.7	60.5	0.27	0.43
Cellusoft	80.6	42.5	0.21	0.43

入して、生長部では未熟状態の細胞形態が安定しないためセルロースは高度の秩序性を持つことができないと推論している。ラミー未処理布から抽出された繊維中のペクチン質量は0.41%であり、リネン未処理布の0.22%の約2倍である。このことからラミーセルロースはリネンより秩序性が低いと考えられる。そのため、ラミー表面のセルロースはセルラーゼの影響を受けやすくなり、表面セルロースが除去される際に、表面に存在するペクチン質も同時に除去されたと考えられる。また、ウルトラザイムで処理したリネン布から、ラミー布から抽出されたより多くのペクチン質が抽出されたのも、リネンセルロースの秩序性が高く、繊維内部のペクチンが質がウルトラザイムにより分解されにくかったことが一因であると考えられる。

3.2 縮み率および重量減少率

表3は、種々の処理をしたリネン布の縮み率および重量減少率を示す。縮み率は、アルカリ処理布のたて方向でいく分大きく、膨潤収縮の程度の差によると考えられる。その他は、いずれの処理布でもたて、よことも大きな差はなかった。重量減少率はアルカリ処理布で6.03%と大きく、酵素処理布では、ウルトラザイム、ビスコザイムの重量減少は小さかった。しかし、セルソフト処理布では7.31%とアルカリ処理による減少率より大きく、これはセルラーゼの作用が大きかったことを示している。

3.3 強伸度および引裂強度

表4は、引張り強度および切断時の伸び率ならびに引裂強度を示す。各処理布とも引張り強度はたて方向より

よこ方向が大きく、伸び率はよこ方向の方が小さい。セルソフト処理布の引張り強度はたて、よことも低下が著しいが、その他の処理布では未処理布のそれに比べて大きな低下は見られなかった。セルソフト処理布で強度が小さいにもかかわらず伸び率が小さいのは、セルソフト処理による損傷のため強度が低下し、伸びる前に切断したことが原因である。

一方、引裂強度はアルカリ処理布でウルトラザイムやビスコザイムより幾分低かった。これは、アルカリ処理による膨潤収縮が他より大きく、組織が密となったためであると考えられる[17]。セルソフト処理布の強度低下が大きかったのは、その作用の強さを示している。

3.4 KES-F計測システムによる布の基本力学特性の変化

表5は、KES-F計測システムにより測定した各処理布の基本力学特性値を示す。前報[11]で報告したラミー布は処理の前後で硬くて弾力性が小さかったが、リネン布も同様に硬くて弾力性に乏しい。処理による変化をみると、わずかではあるがアルカリ処理した布は、引張りレジリエンスR Tが増大し、伸び率E M Tも増加した。また、曲げ剛性Bと曲げヒステリシス2H Bは減少している。これらの結果はアルカリ処理により、リネン布の弾力性がわずかに増し、曲げやすく、伸びやすくなったことを示している。前報[11]で、ラミー布はウルトラザイム処理によりごくわずかであるが硬さが増し弾力性が低下する傾向が見られた。しかし、リネン布ではその傾向は見られなかった。処理布のその他の力学特性値も、未処理布のそれに比べて大きな差は見られなかった。このようにリネン布の基本力学特性値の変化は、前報[11]のラミー布を用いた酵素精練での力学特性値の変化より小さい。これはリネンのペクチン質含有量がラミーのそれより少ないことと関連していると考えられる。

4. 結 論

本研究では3種の市販酵素を用いてリネン布の処理を行い、酵素による精練効果の評価と、精練にセルラーゼを併用する可能性について検討し、以下の知見を得た。

Table 3 The percentage shrinkages and weight losses by alkaline boiling and enzyme treatment.

Treatment	Shrinkage(%)		Weight loss (%)
	warp	weft	
Alkaline	3.28	2.01	6.03
Ultrazyme	1.56	2.19	1.76
Viscozyme	1.46	1.71	2.75
Cellusoft	1.87	2.06	7.31

Table 4 The change of tensile strength, elongation percentage and tearing strength by alkaline boiling and enzyme treatment.

Treatment	Tensile strength (kg·f)		Elongation (%)		Tearing strength (kg·f)	
	warp	weft	warp	weft	warp	weft
Untreated	83.0	109.0	28.3	10.3	7.37	7.50
Alkaline	78.0	106.0	30.2	12.1	5.79	5.82
Ultrazyme	80.0	95.0	29.8	11.8	6.88	7.78
Viscozyme	76.3	97.0	29.3	11.8	6.23	7.23
Cellusoft	25.0	52.5	24.3	10.7	5.95	5.10

Table 5 Mechanical properties of untreated, alkaline boiled and enzyme treated linen fabrics.

Property Parameter (unit)		Untreated		Alkaline		Ultrazyme		Viscozyme		Cellusoft	
		warp	weft	warp	weft	warp	weft	warp	weft	warp	weft
Tensile	LT	0.606	0.690	0.497	0.720	0.545	0.715	0.550	0.782	0.548	0.765
	WT (gf · cm/cm ²)	13.2	5.20	14.1	5.83	12.4	5.72	11.9	6.22	11.2	4.75
	RT (%)	20.1	25.1	24.4	29.4	21.7	23.8	22.6	22.7	23.5	28.5
	EMT (%)	9.32	3.11	12.0	3.53	9.59	3.80	9.25	3.61	8.51	2.69
Bending	B (gf · cm ² /cm)	0.240	0.553	0.195	0.474	0.235	0.547	0.233	0.494	0.199	0.600
	2HB (gf · cm/cm)	0.134	0.260	0.0588	0.146	0.114	0.220	0.117	0.241	0.118	0.253
Shearing	G (gf/cm · deg)	0.772	0.664	0.613	0.737	0.628	0.717	0.707	0.666	0.573	0.757
	2HG (gf/cm)	1.01	0.700	0.575	0.674	0.629	0.724	0.712	0.588	0.545	0.845
	2HG5 (gf/cm)	3.77	3.05	3.03	3.53	3.00	3.25	3.81	3.23	2.80	3.72
Surface	MIU	0.231	0.246	0.239	0.225	0.245	0.236	0.232	0.230	0.270	0.228
	MMD	0.0475	0.0535	0.0513	0.0452	0.0457	0.0496	0.0451	0.0366	0.0538	0.0427
	SMD (μm)	9.82	8.51	9.71	10.7	10.6	10.3	11.6	12.4	10.4	12.3
Compression	LC	0.449		0.349		0.383		0.358		0.445	
	WC (gf · cm/cm ²)	0.335		0.303		0.331		0.260		0.350	
	RC (%)	52.9		50.2		57.7		53.0		49.9	
Thickness	T (mm)	0.968		0.983		1.02		0.985		1.01	
Weight	W (mg/cm ²)	26.3		26.6		26.4		26.0		26.2	

1. ペクチン質分解酵素製剤ウルトラザイムを用いた処理による重量減少は少ないが、繊維内部のペクチン質はアルカリ処理や他の酵素処理に比べて著しく減少する。
 2. アルカリ処理による引裂き強度の低下はやや大きいですが、ウルトラザイム処理による引張り強度および引裂き強度の低下は小さい。
 3. さまざまなカルボヒドラーゼからなるビスコザイム処理による作用は、ウルトラザイムによる作用と比べて小さい。
 4. バイオポリッシング加工用セルラーゼ製剤セルソフトをウルトラザイムと同条件で用いると、引張り強度および引裂強度の低下が大きい。
 5. 酵素処理によるペクチン質分解作用や基本力学特性の変化は、リネン布ではラミー布より小さい。

謝 辞

本研究を始めるきっかけを与えてくださった大阪府立大学大学院高岸徹教授ならびに強伸度、引裂強度の測定にご尽力いただいたクラボウ（株）山本良平氏に感謝いたします。

文 献

1. A. J. Turner, *J. Text. Inst.*, **9**, 857 (1949)

- M-H. Dezert, P. Viállier, D. Wattiez, *J. Soc. Dyers Colour*, **114**, 283 (1998)
- U. Roessner, *Textilveredlung*, **32**, 184 (1997).
- M. M. Hartzell, Y. L. Hsieh, *Text. Res. J.*, **68**, 233 (1998).
- Y. Li, I. R. Hardin, *Text. chem. Color*, **29**, 71 (1997).
- J. N. Etters, B. D. Condon, P. A. Hausen, N. K. Lange, *Am. Dyes Rep.*, **88**, 19 (1999).
- Y. L. Hsieh, L. Cram, *Text. Res. J.*, **69**, 590 (1999).
- L. G. Sndet, *Text. chem. Color*, **29**, June, 27(1997).
- A. Riva, J. m. Alsina, R. Prieto, *J. Soc. Dyers Colour.*, **115**, 125 (1999).
- D. E. Akin, L. L. Rigsby, W. Parkins, *Text. Res. J.*, **69**, 747 (1999).
- C. H. Jin, M. Maekawa, *Text. Res. J.*, in press.
- T. Bitter and H. M. Muir, *Analytical Biochemistry*, **4**, 330 (1962).
- E. A. McComb, R. M. McCready, *Anal. Chem.*, **24**, 1630 (1952).
- S. OuYang, *J. Text. Res. (China)*, **16**, 22 (1995).
- S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation" 2nd ed., Textile Machinery Society of Japan. (1980).
- A. C. Chakravarty, *Text. Res. J.*, **33**, 662 (1963)
- A. Ogawa, "Textbook of Clothing Materials" p 87, Koseikan, Tokyo (1970).