

バイオ精製処理方法を用いた新規天然繊維の開発（第2報）

辻坂敏之^{*1)}，三木靖浩^{*1)}，若子倫菜^{*2)}

Development of the New Natural Fiber by Using Biotechnology (The Second Report)

TSUJISAKA Toshiyuki^{*1)}，MIKI Yasuhiro^{*1)}，WAKAKO Rina^{*2)}

筆者らのこれまでの研究において、プロトペクチンを可溶化するプロトペクチナーゼを利用するバイオ精製処理方法によって、吉野葛澱粉採取後の廃棄葛根から紡績可能な新規天然繊維を得ることができた。

本研究では、これまでの方法に加えてセルラーゼ酵素を用いるバイオ精製処理方法、及び叩解機を用いる物理的な方法により廃棄葛根の繊維をさらに細繊維化する方法について検討した。その結果、両方法ともに直径約 10 μm の細い繊維を得られることがわかった。

1. 緒言

吉野葛は全国的に知られた葛の根より採取される良質な澱粉の最高級品であるが、葛の根（葛根）に含まれる澱粉は 10%程度であり、澱粉採取後の根の大半は廃棄されている。奈良県内の葛粉加工企業からは澱粉採取後の葛根が年間約 1,000 トンも廃棄されている。

このような状況の下、財団法人奈良県中小企業支援センターを管理法人として奈良県繊維工業協同組合連合会とその組合員である、D.C.I株式会社及び今西靴下株式会社、さらに奈良県工業技術センターが共同で、経済産業省の地域資源活用型研究開発事業の公募研究開発課題に「吉野葛副産物を用いた糸による高機能靴下の研究開発」を提案した。その結果、平成 19 年度および 20 年度に採択されて葛根を利用した研究開発を進めることとなった。

紡績原料を得る精製方法として松本らは葛根原料の化学的処理方法および繊維集合体を作製するための機械的処理方法について報告している¹⁾。筆者らは、酵素剤を用いた葛根原料の精製方法^{2)~5)}、とりわけペクチナーゼ酵素剤を用いたバイオ精製処理方法について検討した。その結果、バチルス菌由来のプロトペクチナーゼを用いて、繊度 9.4~9.8tex、繊維長 35mm 以上の繊維が得られた^{6)~7)}。葛根表面に存在している結晶性物質は、結晶水を有する単斜晶系のシュウ酸カルシウム結晶であることがわかった。本研究では、これまでの方法に加えてセルラーゼ酵素剤を用いる方法、およびビーター（叩解機）を用いた物理的な方法により廃棄葛根の繊維をさらに細繊維化する方法について検討した。

2. 実験方法

2.1 セルラーゼ酵素剤による処理

実験に用いた市販のセルラーゼ酵素 8 種類を表 1 に示す。 α -アミラーゼ酵素剤を用いて葛根原料に残存している澱粉を除去し、水洗後、pH を約 7.5~8 に調整した。浴比：1:30 とし、さらに 55°C に加温し、プロトペクチナーゼ酵素剤を 0.1% 加えて浸漬処理した。処理終了後、温度を 75°C に上げ、30 分間放置して酵素の失活を行った。次に濃度 0.4%、温度 45°C の次亜塩素酸ナトリウム溶液中で 1 時間漂白を行い、脱塩素処理後、水洗、乾燥した。続いて、浴比：1:30 で 0.1% セルラーゼ酵素剤を用いて、2 時間、4 時間、および 24 時間の浸漬実験を行った。

表 1 実験に用いたセルラーゼ酵素

セルラーゼ 酵素	起源	至適 pH	至適温度 °C
A	Rhizopus sp.	5.0	45
B	Aspergillus niger	4.0	60
C	Aspergillus niger	4.5	50
D	Aspergillus niger	4.0	50
E	Aspergillus niger	4.5	50
F	Trichoderma reesei	4.5	50
G	Trichoderma viride	4.0	55
H	Trichoderma viride	4.5	45

2.2 ビーター（叩解機）を用いた処理

α -アミラーゼ酵素剤による澱粉除去後の葛根原料に対し、紙漉試験用ナイヤガラビーターを用いた叩解処理を 3 時間行った。この試料をスクワラーゼ IGA (IGA バイオリサーチ(株)、起源：バチルス属 (Bacillus)) を用いて 2 時間浸漬処理（濃度 0.2%、pH 7.5、温度 55°C）を行ってペクチンを除去し、水洗後乾燥した。

*1) 繊維・高分子技術チーム、*2) 現：金沢大学理工研究領域機械工学類機能設計研究室

3. 結果及び考察

3.1 セルラーゼ酵素剤を用いた処理結果

セルラーゼ酵素剤を用いて所定の濃度および時間で浸漬処理した際の葛根の表面性状を、S-2380N 走査型電子顕微鏡 (株式会社日立製作所製)を用いて観察を行った。その結果を図1～図9に示す。いずれのセルラーゼ酵素でも4時間以上の浸せき処理によって、葛根の繊維は10 μ m程度の細い繊維にほぐれて分かれ始めた。セルラーゼ酵素A(起源:Rhizopus sp.),セルラーゼ酵素C(起源:Aspergillus niger)を用いた場合に、ほぐれ方が小さいように思える。セルラーゼ酵素B(起源:Aspergillus niger),セルラーゼ酵素D(起源:Aspergillus niger),セルラーゼ酵素G(起源:Trichoderma viride)を用いた場合に、ほぐれやすいように思える。さらに効率的にほぐして細い繊維にするためには、化学的な作用だけではなく物理的な力を同時に与える方法を検討する必要がある。

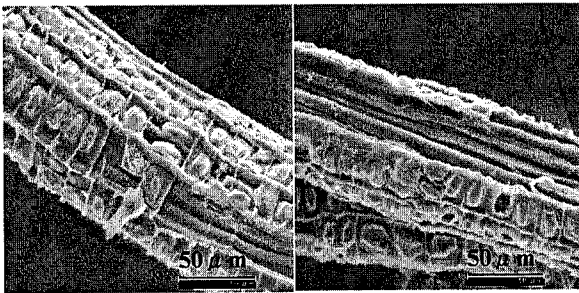


図1 セルラーゼ酵素による処理前の葛根 (左:ペクチナーゼによる処理後, 右:漂白処理後)

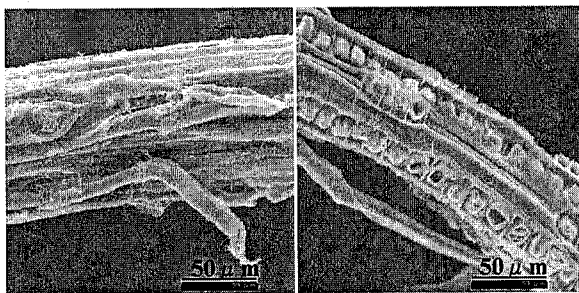


図2 セルラーゼ酵素Aによる処理後の葛根 (左上:2時間処理, 右上:4時間処理, 下:24時間処理)

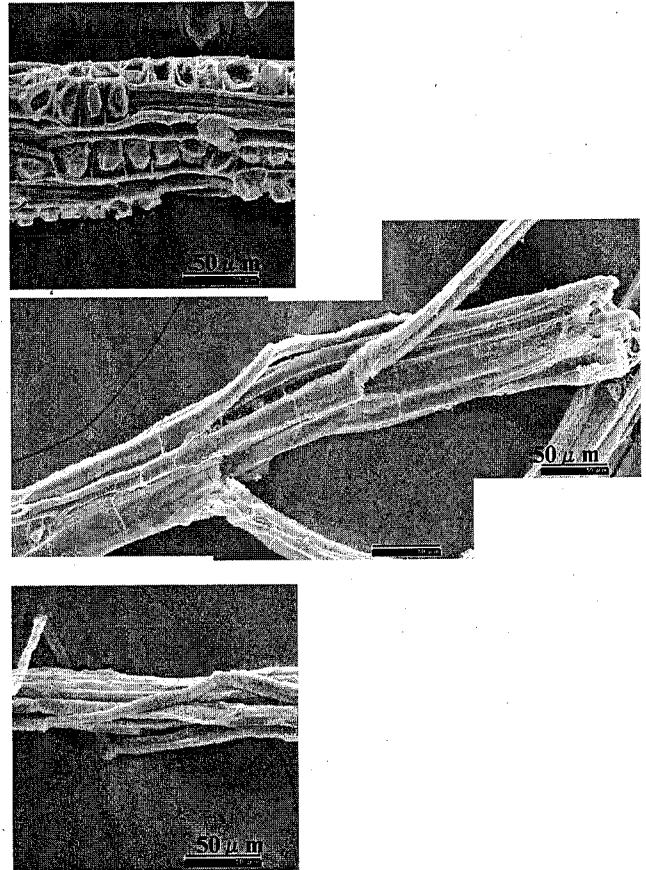


図3 セルラーゼ酵素Bによる処理後の葛根 (上:2時間処理, 中:4時間処理, 下:24時間処理)

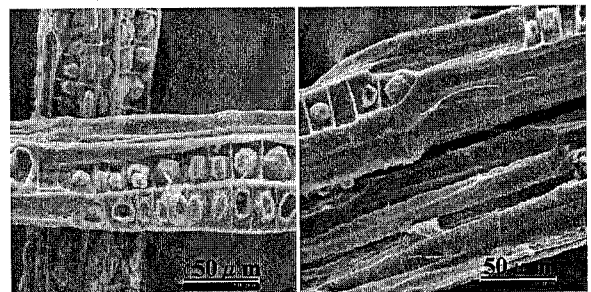
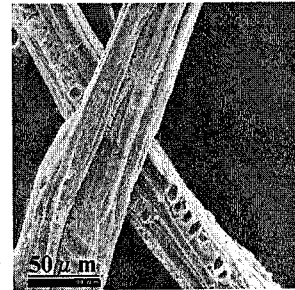
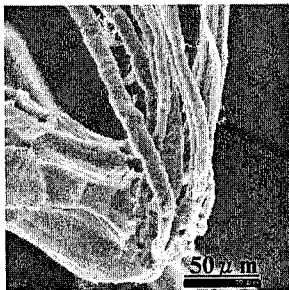


図4 セルラーゼ酵素Cによる処理後の葛根 (左上:2時間処理, 右上:4時間処理, 下:24時間処理)



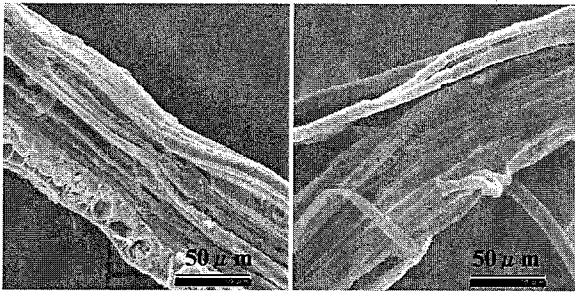


図 5 セルラーゼ酵素 D による処理後の葛根 (左上: 2 時間処理, 右上: 4 時間処理, 下: 24 時間処理)

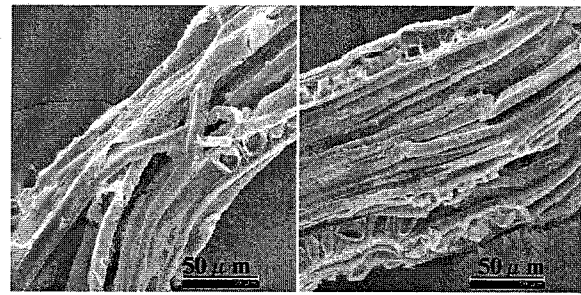


図 7 セルラーゼ酵素 F による処理後の葛根 (左上: 2 時間処理, 右上: 4 時間処理, 下: 24 時間処理)

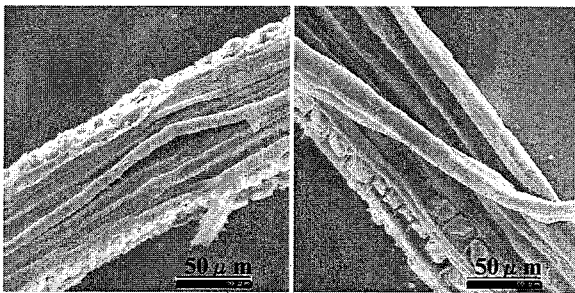


図 6 セルラーゼ酵素 E による処理後の葛根 (左上: 2 時間処理, 右上: 4 時間処理, 下: 24 時間処理)

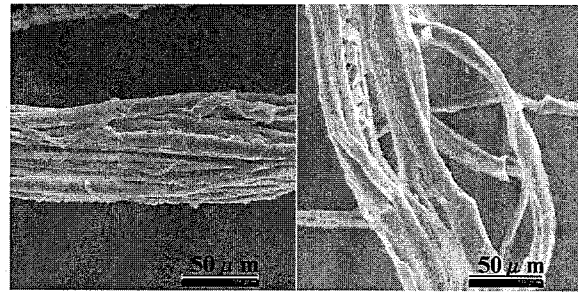


図 8 セルラーゼ酵素 G による処理後の葛根 (左上: 2 時間処理, 右上: 4 時間処理, 下: 24 時間処理)

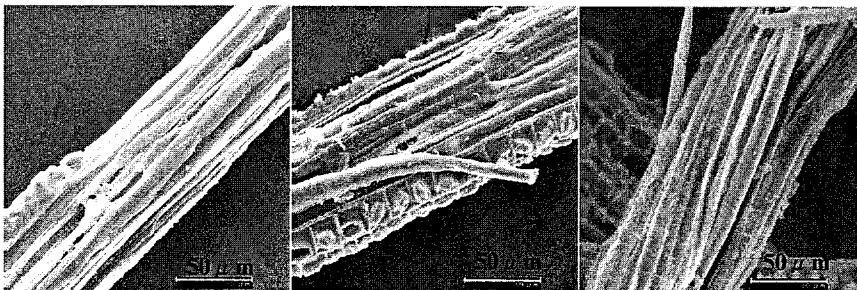
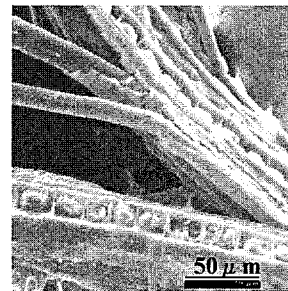
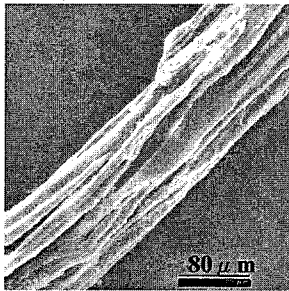


図 9 セルラーゼ酵素 H による処理後の葛根 (左: 2 時間処理, 中: 4 時間処理, 右: 24 時間処理)

3.2 ビーター（叩解機）を用いた処理結果

各処理段階における葛根の電子顕微鏡による表面性状写真を図10～図12に示す。ビーターによる叩解処理を3時間行った葛根は直径約10 μ mの繊維に裂け始めている。スクワラーゼ IGA によるペクチン除去処理を行った葛根はビーターによる叩解処理後の葛根よりもさらに裂けている。ペクチン除去処理中、溶液の色は次第に茶色に濁っていった。これはペクチンと結合しているリグニンの一部と一緒にセルロースから分離して溶出したためと考えられる。また、葛根の色は次亜塩素酸ナトリウムによる漂白およびセルラーゼによる精製処理を行った色と近く、手で触った感触も柔らかい。したがって、ビーターによる叩解処理はその後の工程におけるプロトペクチナーゼ酵素が浸透しやすくなってペクチン除去効果に良い影響を与えられられる。さらに、セルロースやペクチンと結合しているリグニンの除去にも効果が大きいと考えられる。

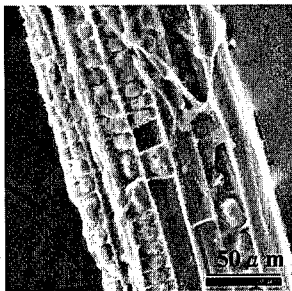


図10 アミラーゼ酵素による澱粉除去処理後の葛根

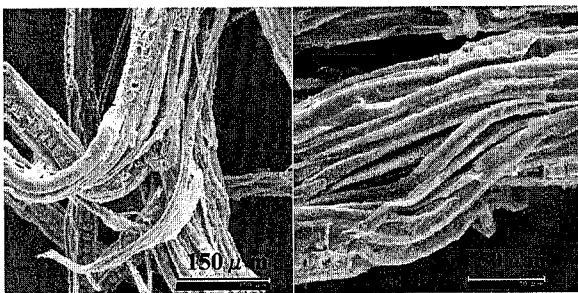


図11 ビーターによる叩解処理を3時間行った葛根

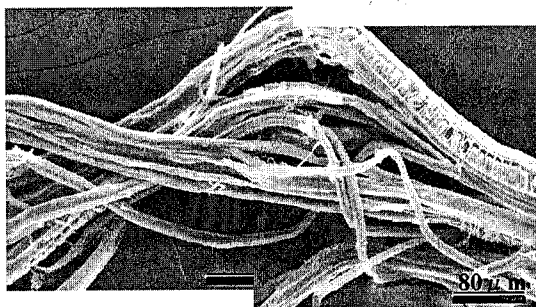


図12 スクワラーゼ IGA によるペクチン除去処理後の葛根

4. 結言

本研究では、プロトペクチナーゼ酵素剤を用いた葛根原料のバイオ精製処理方法に援用する方法としてセルラーゼ酵素を用いる化学的な方法、及び叩解機を用いる物理的な方法について検討した。その結果次の知見が得られた。

(1) α -アミラーゼ酵素剤、及びプロトペクチナーゼ酵素剤による精製処理に加えセルラーゼ酵素を用いた処理を行うと、葛根は直径約10 μ mに細繊維化が可能である。

(2) α -アミラーゼ酵素剤による澱粉除去処理の後にビーターによる叩解処理を行うと葛根は直径約10 μ mに細繊維化が可能である。

(3) ビーターによる叩解処理を行った葛根をプロトペクチナーゼで精製処理を行うと直径約10 μ mに繊維が裂けやすくなり、また脱リグニンも進行しやすい。

謝辞

本研究の実施にあたり、実験に協力いただきました京都工芸繊維大学大学院の木村照夫教授、及び同研究室の学生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 松本陽一, 西松豊典, 東 義昭, 森 鎮雄, 福嶋一成, *Journal of Textile Engineering*, **53**, 217-223(2007).
- 2) 河原豊, 津田知幸, 遠藤利恵, 南秀明, 西内滋典, *繊維学会予稿集*, **61**, 113(2006).
- 3) 茶谷悦司, 北野道雄, *愛知県産業技術研究所研究報告*, **4**, 196-199(2005).
- 4) 佐藤嘉洋, 斉藤秀夫, 丹羽隆治, *愛知県産業技術研究所研究報告*, **1**, 214-217(2002).
- 5) 三木靖浩, 首藤明子, 辻坂敏之, 若子倫菜, *奈良県工業技術センター研究報告*, **33**, 1-4(2007).
- 6) 辻坂敏之, 三木靖浩, 首藤明子, 若子倫菜, 山内弘行, 安川祥司, *奈良県工業技術センター研究報告*, **35**, 1-6(2009).
- 7) 辻坂敏之, 三木靖浩, 首藤明子, 若子倫菜, *特開 2009-35853*.