

TECHNICAL BULLETIN



COTTON INCORPORATED

6399 Weston Parkway, Cary, North Carolina, 27513 ● Telephone (919) 678-2220

ISP 1003

ENZYME TECHNOLOGY FOR COTTON PRODUCTS

綿製品のための酵素処理技術

This report is sponsored by the Importer Support Program and written to address the technical needs of product sourcers.

この解説書は輸入業者支援プログラムの一貫として編纂されたもので、
テキスタイル製品の調達担当者が必要とする技術的問題点への対応を目的とする。

始めに

デニムやキャンバスなどの生地で作られたある特定のカジュアル用コットンアパレルにおいては、現在のファッションの流れの中で、それが例え新品の状態であっても、着古して、こなれた外観とソフトな風合いを持つことが求められる。こうした特徴はストーンウォッシュを行うことで現実のものとなる。実際にはガーメントを洗い機に入れ、軽石または酵素といっしょに、時にはこれらを組み合わせて洗い加工が行われることになる。酵素処理はこれ以外に、生地表面の綿の毛羽を取ることで、通常では家庭洗濯を繰り返した後のようなスムーズでクリーンな表面感を得る目的にも使われる。ちなみに、多くの洗濯洗剤にはこうした働きをする酵素剤が添加されている。こうした酵素処理はファブリックもしくはガーメントのいずれの段階でも行える。

近年、テキスタイル業界における酵素技術の応用は急速に広がっており、市場価値を高めるためにますます多くのガーメントやファブリックで酵素処理が行われるようになってきている。バイオテクノロジーの進歩によって、テキスタイルのウェットプロセスに使える酵素の応用範囲が多岐に広がってきている。このレポートでは、現在のテキスタイル業界で使われている酵素技術、特にセルラーゼ酵素に力点を置いて、その概要を簡単にまとめた。

酵素とは

酵素はあらゆる有機生命体を持っている特殊なタンパク質で、生物の生命現象を続けていく上で欠くことのできないものである。これら複雑で立体的な構造を持つ化合物は、生化学的触媒として相互作用的に働き、例えば、ウェットプロセスの際にはファブリック表面の改質を行う。

触媒とは、通常では反応する物質に対して少量だけ存在し、反応過程で使われてなくなることもなく、その化学反応速度を促進する物質である。テキスタイルの製造工程においては、これらの酵素はそれ自身もファブリック表面に付着した状態で、その表面でのいろいろな反応を促進する。当然ながらこうした反応は酵素がない状態ではずっと緩やかな速度で進むものである。

現状テキスタイルのウェットプロセスで使われている酵素を何種類かここに取り上げてみた。

酵素タイプ	用 途
アミラーゼ	糊抜のための澱粉の加水分解*
セルラーゼ	セルロースの加水分解
プロテアーゼ	タンパク質の加水分解
カタラーゼ	過酸化水素の加水分解
ラッカーゼ	インジゴの脱色

*ここで加水分解とは物質を水と反応させて分解することを言う。

酵素がよく用いられるのは、それが穏やかな条件下で反応を促進するためである。これらは比較的に低温で、しかも環境に優しい条件下で有効に作用する。また、人や環境に作用する溶剤やその他の有機化合物の代替品としても使われる。

酵素はある特定の物質の改質に使われる、例えばファブリック表面の改質といった目的で使われる。1つの酵素は特定の1つの物質にしか作用しないため、2種類の酵素を一緒に効果的に使うことも可能となる。もちろん酵素で処理しようとする物質には、その酵素と反応しやすい場所（反応基）が1ヶ所はなければならない。所定の時間が経過した後には、その酵素を取り除くか、不活性化してやることになる。酵素はプロセスの処理条件を変更することで不活性化することができ、再度活性化することもない。一般的にはpHを上げる（アルカリ度を上げる）か、温度を上げるか、または強電解質でイオン性を変換することで不活性化する。

セルラーゼ酵素とは

1980年代において、インジゴデニムジーンズのストーンウォッシュに似たフェード感と中古感を得る目的で、デニム洗い用途にセルラーゼ酵素が広く使われるようになった。今日においてもなお、テキスタイルのウェットプロセスに用いられるセルラーゼ酵素では最も一般的で、しかも最も研究が進められている分野である。デニムファブリックは、経糸にインジゴ染の綿糸と緯糸に未染色の生成りの綿糸を使って織られている。経糸は糸の表面にのみ染料を染着させる特別なプロセスによって染色される。このように染料が表面染着することで染料が簡単に取り除かれ、洗い落ち感が得られる訳である。一般の消費者でもこうしたインジゴガーメントの着用と洗濯を繰り返せば、長い年月をかけて同様の洗い落ち感が得られるのだが、セルラーゼ酵素による処理を行えば、同じものが直ちに実現できる。

ここ最近では、メーカーサイドもセルラーゼの配合を多様化させて、より効果的なセルラーゼ酵素剤を提供するようになってきた。このことでデニムの裏糸汚染（裏面に起こるインジゴ染料の再付着）や強力低下を抑えたり、最適なプロセス条件範囲を広げたりすることが可能となっている。

その他の軽い目付けのファブリックなどでもセルラーゼ酵素処理を行って、表面の綿の毛羽を取り除き、よりクリーンでスムーズな表面感を得ることができる。しかも、この効果は家庭洗濯を繰り返した後でもはっきりと残る。

セルラーゼは異なった組成からなる天然の酵素の混合品で、それらが相互に作用し合ってセルロースをグルコースにまで分解する。一般的にセルラーゼは、それらが最も効果的に働くpH範囲（酸性もしくはアルカリ性）で分類される。

セルラーゼタイプ	pH
酸性標準タイプ	4.0 - 6.5
酸性変性タイプ	5.0 - 6.5
酸性エンドーエンリッチタイプ	4.5 - 6.0
酸性単一配合タイプ	4.5 - 6.0
中性セルラーゼ	5.5 - 8.0

実際の取扱い手順やそれに最適な加工条件は、使用するセルラーゼタイプまたは加工するファブリックのタイプによって個々に設定される。重い目付けのしっかりしたファブリックの場合には、より効果の高い酵素が必要で、酸性標準タイプのものが望ましい。デニム製品で裏面汚染を抑えるには、酸性変性タイプもしくは中性セルラーゼがより効果的であろう。ただし、それで必要な色落ち効果が得られるかどうかは考慮しておかなければならない。エンドーエンリッチタイプや中性タイプはその効果が控え目で、強力低下が懸念される場合に用いられる。セルラーゼ酵素の選択肢が広がってきたことで、必要な酵素を選ぶ作業がますます難しくなってきた。しかし一方で、現場の技術者にとっては選択肢が広がることで、独自の製品を造れる可能性がますます大きくなっている。

セルラーゼ酵素処理プロセス

酵素処理中にその働きに影響をおよぼす要因がいくつかあって、それを機械的要因と化学的要因に分類してみた。

機械的要因	化学的要因
機械タイプ	セルラーゼタイプ
機械構造	セルラーゼ使用量
処理時間	処理時間
負荷（詰込）量	処理温度
浴比	処理 pH
運転速度	助剤
その他助剤	前処理方法

ファブリックやガーメントのセルラーゼ処理に最適な条件を得るには、ここで上げたそれぞれの要因が、セルラーゼの活性を総合的にどの程度阻害するのか、もしくは促進するのかを考慮しておかなければならない。メカニカルアクション（ファブリックが受ける物理的作用）は、使用する機械それぞれのタイプや構造によっていろいろ異なっている。ファブリックの表面改質のためは、一般的に液流機、ジグガーまたは高速エアータンブル装置が用いられる。オーバーフロータイプの液流機では、一般的にメカニカルアクションが少なく、より活性の高い標準タイプの酵素を使用する必要がある。ソフトフロータイプの液流機は、メカニカルアクションがより多く、変性タイプもしくは標準タイプのいずれの酵素も使用が可能である。より多くのメカニカルアクションを与えることができる高圧液流機もしくはエアータンブル装置では、どのタイプの酵素も使用可能である。ガーメントの酵素処理にはロータリードラムタイプもしくはパドルタイプの機械が用いられ、通常これらの機械は製品洗いや製品染に使われるものと同じ機械である。これらの機械の中でガーメントが受けるメカニカルアクションには製品同士の擦れ合いも含まれるが、こうしたメカニカルアクションは他の機械より強く、表面毛羽の除去や色落ち、そして風合いの柔軟化の度合いはよりいっそう強められる。

通常の酵素処理時間は30分間から2時間の範囲である。デリケートな、または軽い目付けのファブリックやガーメントはより短時間で処理がなされる。条件をきちんとコントロールすれば、必要以上に強力低下を起こさず、30分間以内で所定の表面改質を行える。デニムのような重い目付けのファブリックで標準的な色落ち程度、縫い目の当りやソフトな風合いを得るためには、所定の濃度の酵素を使用しても通常より長い処理時間が必要となる。インジゴデニムの裏糸汚染については、通常では酵素のタイプを途中で標準タイプから変性もしくは中性タイプに変えることで解決できる。これ以外には、再汚染防止剤を用いる、酵素の使用量と処理時間の兼ね合いを検討する、製品の詰込量を減らすなどの方法が考えられる。

品質管理およびバッチ間のバラツキをなくして再現性を良くするためには、一連の酵素処理における温度管理は重要である。セルラーゼの活性化に適した温度範囲は狭く（通常では45-60℃）、通常の運転条件では上限温度である60℃を若干下回る温度が採用される。軽い目付けのファブリックを処理する場合や、処理時間を延長する場合には、その処理温度をよりいっそう下げることも行われている。時には、理想的な条件にならないときに、その処理温度を下げることでpHの有効範囲を広げてやるといった興味深い方法が取られることもある。

処理温度と同様にpHレベルもセルロースの働きに影響する。それぞれのタイプの酵素で活性が最大となるのに最適なpHが決まっている。いろいろな要因でそれを厳密にコントロールすることは難しいが、品質管理と再現性を良くするためには、現実的な範囲で運転することは非常に重要である。通常では処理中にガーメントからアルカリ成分が出るために、浴のpHをコントロールするにはリン酸塩、クエン酸または酢酸をバッファーとして使うことを推奨する。

ニットや織物をセルラーゼで処理する際の浴比は、多くの場合10:1程度である。一方で、ガーメントではこれより低く5:1程度で行われる。よくあることだが、低浴比ではセルラーゼの使用量を減らせる。しかし、均一性を得るには十分な注意が必要となる。

しばしば見過されがちだが、併用する助剤によってセルラーゼの働きが著しく阻害される。強電解質はセルラーゼの活性を低下させる。一般的には、ノニオンタイプの界面活性剤は酵素の働きを助長する傾向がある。

染料や仕上剤などもセルラーゼ酵素の働きに影響し、それによって効果がいくらか割り引かれる。通常バット染品はその働きに何ら影響しないが、皮膜形成タイプのバインダーで固着された顔料染品では、酵素の接触が妨げられ、許容範囲に色を落とすには処理時間を長くすることが必要となる。直接染料による染色品、特にフィックス剤で後処理されたものや、反応染品などは酵素の利きが悪くなる。防しわ加工などに用いられる仕上剤なども、酵素が繊維構造の内部へ入るのを制限することでその効果を減少させる。しかしながら、非常に大量の形態安定加工製品で、セルラーゼ酵素による後洗いが上手く行われているのも事実である。

まとめ

アパレル業者や小売業者また消費者は、コットンアパレル製品によりカジュアルな外観を求めてくることがよくある。こうした外観を得るためには、現代の酵素技術を応用したテキスタイル加工用のウェットプロセスが採用される。使用するセルラーゼ酵素を慎重に選び、処理するファブリックやガーメントに適した条件にきちんとコントロールして処理を行えば、問題のない品質のガーメントが得られはらずである。また、セルラーゼ酵素を使うことで、ファブリック表面の毛羽を取り除くことができ、スムーズでクリーンな表面感が得られる。

過去 20 年以上に渡って、テキスタイル業界においては酵素技術の応用が急速に進んできた。この技術は特に綿のガーメントやファブリックの処理に多く用いられ、しかもこれを使うことで環境に対して悪い影響をおよぼすこともなく綿製品の付加価値を高めることができた。将来的には、こうした酵素技術はバイオケミストにとって重要な位置を占め続けるであろう。また、テキスタイルケミストも新しい製品の開発やテキスタイル製品の製造に更なる大変革をもたらすような製造技術の革新を目指して努力を続けることになる。

ここに記載された見解や推奨事項および提案事項は、試験およびその時点で関係した製品もしくは製造プロセスに関する事項に限った中から得られた信頼できる情報をベースとしたものである。個々のケースでの厳密さについては保証の限りではない。またこの精度もしくは再現性についての保証はできないものの、直接もしくは間接的なこの情報の使用は自由である。ただし広告や製品の保証もしくは証明を目的にこの情報を使うことは認められない。さらにこの情報、製品やプロセスを使用することで既存の特許に抵触する恐れのある場合には、これを承認または推奨するものではない。ここに記載された商品名の使用はいかなる製品の保証宣伝においても認められない。またコットン インコーポレイテッド (Cotton Incorporated) の名前や記載された製品に関連するトレードマークの使用も認めるものではない。

輸入業者支援プログラム

コットンボードとコットンインコーポレイテッドは、米国アップランド綿の生産者および綿と綿製品（原綿、反物およびアパレル製品を含む）の輸入業者から資金の提供を受けている。この輸入業者からの資金の一部が輸入業者支援プログラムの名の下に、輸入業者のための特別活動に充てられており、この基金を元としたプロジェクトとして、例えばトレーニングスクール、教育プログラム、フォーカスグループ、実務者ミーティングや研究支援活動などが行われている。

輸入業者のビジネスに関連していくつかの重要な技術的テーマが、そのメンバーによって取り上げられ、こうしたテーマについて基礎的でしかも実用的な情報を提供することを目的として、簡潔に、しかも技術的になり過ぎないようにしてまとめられたのがこのレポートである。

さらに詳しい情報が必要な方は以下に連絡を：

ELIZABETH KING
MANAGER
IMPORTER RELATIONS
COTTON BOARD
PHONE: 973-378-7951
FAX: 973-378-7956
eking@cottonboard.org

DEAN B. TURNER
SENIOR VICE PRESIDENT
GLOBAL PRODUCT MARKETING
COTTON INCORPORATED
PHONE: 919-678-2257
FAX: 919-678-2231
dturner@cottoninc.com

弊社ウェブサイトにもお立ち寄り下さい：www.cottoninc.com



Cotton Incorporated