

酵素処理によるインジゴ染色デニムの白糸汚染

Back-staining of Indigo-dyed Denim by Enzymatic Finishing

ライフサイエンス専攻 生活環境化学研究室 都甲 由紀子

背景および目的

セルラーゼはセルロース性物質を加水分解する酵素である。繊維業界でもセルロース繊維の改質加工（減量加工）や、特にジーンズのバイオウォッシュ加工に用いられ、酵素処理によって生ずる独自の風合いが消費者に好まれている。この加工の際、染色系（縦糸）のインジゴが白糸（横糸）を青く染める傾向があり、染色加工業界で問題になっている。

セルラーゼは、酵素の一般的な構造である分解部位（触媒ドメイン）の他に、セルロースへの吸着部位（結合ドメイン, CBD: Cellulose Binding Domain）と、これらの部位を連結するリンカーから構成される点が特徴である。しかし近年、遺伝子組換え技術により CBD を持たない酵素が生産されるようになった。

このような、バイオウォッシュ加工における白糸への汚染を助長する要因には、セルラーゼの存在、結合ドメイン CBD の関与、などがこれまでに明らかになっている¹⁾。本研究では、白糸汚染の原因を、酵素のマクロな構造の相違とセルロースへのインジゴ吸着との関係、酵素と繊維・染料との相互作用を中心に追究することを目的とした。

方法

[酵素試料] Novo Nordisk Bioindustry Ltd. 提供

| 酵素の種類 | 酵素名 | CBDの有無 | 至適pH | 備考 |
|--------|-----|--------|------|--|
| 多成分酵素 | CL | ○ | 5 | バイオポリッシング用 “白糸汚染有” Trichoderma viride 由来 |
| 単一成分酵素 | C5 | ○ | 5 | C4のアミノ酸残基を変化 |
| | C4 | ○ | 7 | 毛羽除去効果が高い エンド活性が強い酵素 |
| | C3 | × | 7 | |

[試料布]

- 市販インジゴ染色デニム：綿7番手 A8508 倉敷紡績（株）製
- 綿ブロード：40番手，シルケット加工済，色染社製，水・エタノールにより精練

[条件及び手順]

1) インジゴ分散液調製

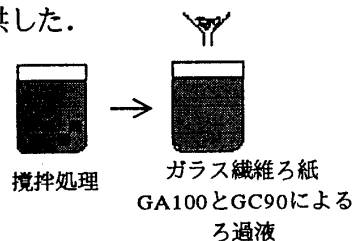
結果の再現性を得るため、予め染色デニムからインジゴを脱落処理し、これを均一な分散浴として、実験に供した。

浴比：1:50

(染色デニム/水)

温度、機械力、時間

条件は2)に同じ。



2) 酵素処理条件

酵素濃度：0~3 g/L

液性：pH=5, 7

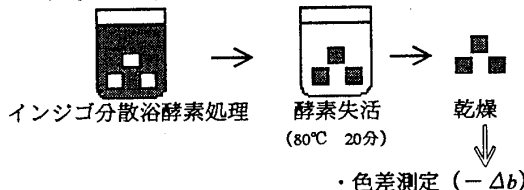
浴比：1:50

温度：50°C

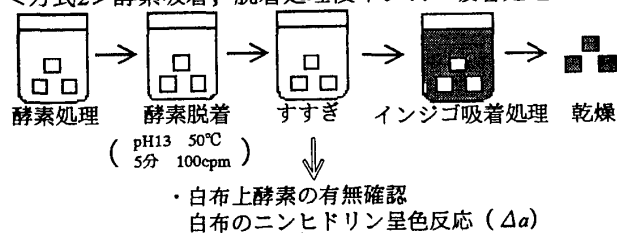
機械力：160cpm (ターゴトメーター)

時間：30min

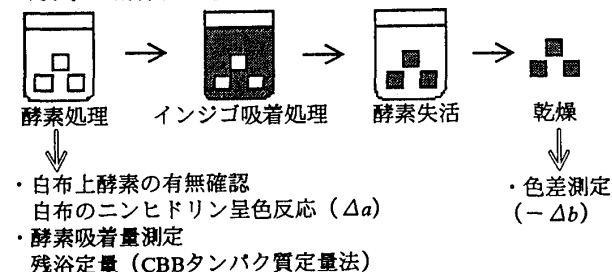
<方式1> 酵素インジゴ同浴吸着処理



<方式2> 酵素吸着, 脱着処理後インジゴ吸着処理



<方式3> 酵素処理後インジゴ吸着処理



[測定方法]

- 白布の色差測定 (L_{ab}): ハンディー色差計 (NR-3000, 日本電色 (株))
- 吸収スペクトル測定: 紫外・可視分光光度計 (V-550, 日本分光 (株))

結果および考察

① 酵素・インジゴ同一浴で処理（方式1）した白布の青み（ $-\Delta b$ ）に対する，酵素活性の影響を図1に示した．この結果から，インジゴ汚染は酵素が存在しなくても生ずること，酵素の存在がさらに汚染を助長すること，酵素の活性に依存しないことが分かった．なお失活の効果は減量率に明らかに現われている．

② 酵素の存在の有無が汚染性に及ぼす影響を，布に吸着した酵素を脱着させることで調べた（方式2，図2）．その結果 $-\Delta b$ は，酵素を脱着すると低下するが，ブランクより大きいこと，これは酵素が完全に脱着していないこと（ニンヒドリン呈色反応で確認）と矛盾しないこと，が明らかになった．

③ 図3は，酵素処理後，インジゴを吸着させた（方式3）結果の，酵素吸着量（BSA 換算）と $-\Delta b$ の関係を示している．至適 pH や CBD の有無など酵素の種類が異なっても，同一の性質を示す．さらに 0.4mg protein/10g of fabric 前後までは，布に吸着した酵素量がわずかでも，著しくインジゴを吸着する．CBD を持たない酵素では，酵素はほとんど布へ吸着せず，かつ汚染も生じない．

まとめ

- 1) 白糸汚染に関して，酵素の活性は関与しない．
- 2) 白糸汚染には，微量でも吸着した酵素が関与する．CBD を持たないセルラーゼは，綿布に吸着せず，白糸汚染をおこさない．
- 3) 綿布上に吸着している酵素を除くことで，インジゴの汚染量は減少する．

以上のことから，セルラーゼがセルロースとインジゴのバインダーとして存在することが白糸汚染の原因であると結論づけられる．本研究では，再現性を得るためモデル系を設定して行ったが，実際系において，染色系から脱落したインジゴ分子がセルラーゼとの複合体を形成して繊維に吸着するのか，予め繊維に吸着した酵素タンパクに遊離のインジゴが結合するのかは，今後の研究課題である．

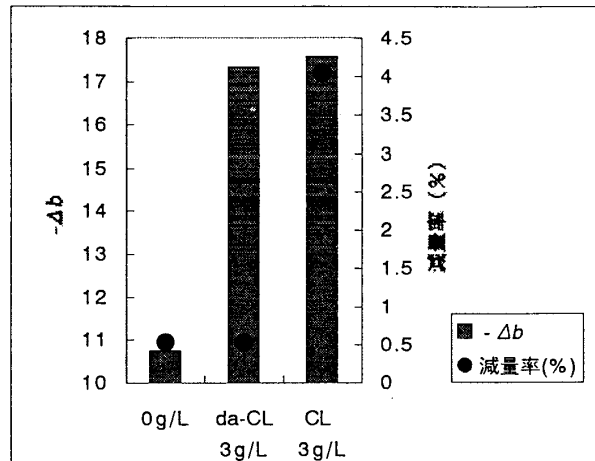


図1 $-\Delta b$ に対する酵素の活性と減量率の影響

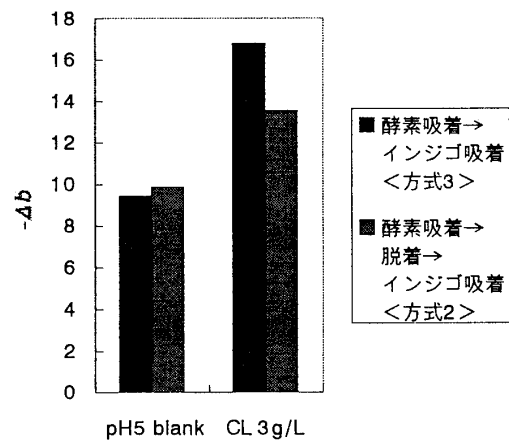


図2 白布上酵素の脱着と $-\Delta b$ の関係

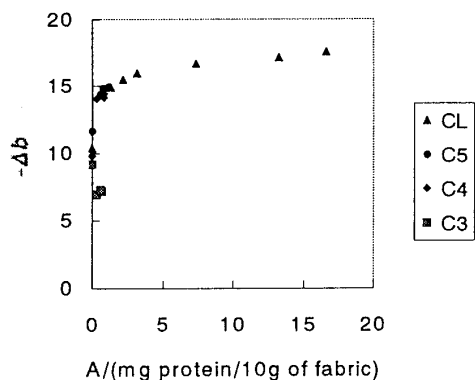


図3 酵素吸着量（BSA換算）と $-\Delta b$ の関係

引用文献

1) 都甲由紀子「バット染色品の酵素処理と白糸汚染の関係」，卒業論文，1998

(指導教官 駒城素子)