

# 纤维素酶在牛仔布后整理中的应用研究

钱 坤 余晓斌 丁建琴

(纺织服装学院) (生物工程学院) (图书馆)

**摘要** 以生物技术对织物进行后整理的角度出发,着重研究了纤维素酶对牛仔布的酶洗工艺,通过固态发酵法培养纤维素酶产生菌康氏木霉 92-01,分离提取出纤维素酶,所制得的酶粉水解 CMC 活性为 2800U/g. 通过正交实验,研究了各种主要因素对酶洗效果的影响,获得了较佳的工艺条件。

**主题词** 纤维素酶;酶水解;织物整理

**中图分类号** TS195.9

## 0 前 言

采用生物酶技术对牛仔布(服)进行后整理,比传统石磨工艺具有许多优越性,如可减少环境污染,降低机器的磨损,提高产品的档次等,因此国外已做了大量的研究工作,并且已实现了工业化生产和应用,如丹麦 NOVO 公司于 1987 年向市场推出专用棉织物处理的纤维素酶 Denimax 等,而我国对纤维素酶用于棉织物处理的研究试验尚处于起步阶段,因此开发研究纤维素酶在棉织物整理中的应用是非常有意义的。

## 1 牛仔布酶洗的作用机理

### 1.1 纤维素酶的作用模式

酶是生物体内产生的一类具有催化作用的物质,能加快化学反应速度,所以也称为生物催化剂,其化学本质是具有催化活性的蛋白质,具有催化反应条件温和、催化效率高、高度专一性等特点,可以通过调节 pH 值、温度、添加激活剂或抑制剂等来控制酶促反应速度。纤维素酶是将纤维素水解成为短链小分子,可溶纤维寡糖和葡萄糖一组酶的总称。最新的观点认为纤维素酶系统至少是由以下 3 种酶组成的多组分酶。

1) 内切- $\beta$ -1,4-葡萄糖酶,作用于大分子中心的  $\beta$ -1,4-糖苷键,产生带有自由末端的长链片段。该酶主要作用于非结晶纤维素,或吸涨纤维,或已部分水解的纤维素。

2) 内切- $\beta$ -1,4-葡萄糖酶,作用于纤维素末端,产生纤维二糖,该酶主要作用于结晶纤维素,使纤维素碳骨架激活和解聚。

收稿日期: 1995-12-08

3)  $\beta$ -葡萄糖苷酶,水解纤维二糖为葡萄糖,该酶一般活性较低。

纤维素酶组分中一般内切酶活性较高,外切酶次之, $\beta$ -葡萄糖苷酶活性最低。纤维素的完全水解需三种酶组分的协同作用。纤维素酶对纤维素分解模式见图1。

### 1.2 棉纤维的结构

通常,棉纤维由不同性能的同轴圆层组成。Rul-lims 和 Trip 认为棉纤维最外层是很薄的初生胞壁。它由纤维素,果胶质,腊质组成。其中纤维素是主要成分,占93.9%,次生胞壁由组织结构不同的纤维聚合物组成。R-lwland 和 Howlcy 认为,棉纤维次生胞壁具有晶区和无定形区的混合结构。据文献报道<sup>[8]</sup>,棉纤维中结晶区占70%左右,非结晶区约为30%左右,晶区的纤维素聚合物高度取向,晶区的纤维素分子紧密堆积在一起,使晶区对化学试剂和酶的作用较稳定。而无定形区的聚合物较紊乱,非晶态区的纤维素分子堆砌比较疏松,其中有较多的缝隙与孔洞,使得酶在非结晶区域易于作用。

### 1.3 酶洗的作用机理

纤维素酶对纤维分子作用的动力学模型认为,作用过程首先是酶的吸附,继而是纤维素水解,吸附速度较水解速度(限制反应速度)快2~3倍。对纤维素纤维作用方式的调查表明纤维素酶首先侵袭纤维的表面,而留下芯部,这种作用方式使得纤维素酶特别地适合于石洗的靛蓝牛仔布。因这种靛蓝染料属还原性染料,这种染料不溶于水,一般水洗不易褪色。牛仔布的石磨工艺是通过机械摩擦去除纤维表面染料,同时也去除一部分表面纤维。纤维素酶并不是作用于染料本身,而是通过部分水解含染料的表面纤维,使表面颜色变白,同样能产生石磨水洗的效果。总之,生物洗涤是采用纤维素酶,按下述原理使牛仔布产生泛旧感。

1) 首先用 $\alpha$ -淀粉酶或水洗等方法将吸附于牛仔布上的上浆淀粉,聚乙烯醇等纤维浆料去除,使牛仔布表面处于易被纤维素酶接触和作用的状态。

2) 纤维素酶对牛仔布表面的纤维起作用,将表面纤维部分水解,造成纤维处于易于物理性脱落的状态。

3) 在与纤维素酶起作用的同时,在转鼓中,牛仔布之间进行相互摩擦,使牛仔布表面被纤维素酶降解的纤维脱落,同时也将上染纤维的靛蓝染料与纤维一起去掉,在牛仔布表面形成水手服风格。即类似于石磨水洗牛仔布的效果。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

牛仔布 7 $\times$ 6 $\times$ 气流纺纱,263 $\times$ 161根/10cm

评定变色用灰色样卡 GB250-84 ISO 105/A02 1984 由上海纺织标准计量所发行

酶粉 由固态发酵制得,过程如下:

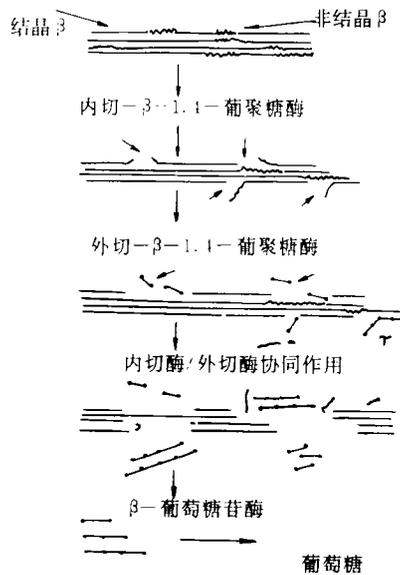


图1 纤维素酶对纤维素分解模式



图2和图3比,颜色差异显著,根据灰色卡评为2级,具有明显的石磨效果,布样表面毛羽少,手感柔软。

以上结果表明,所制得的纤维素酶对牛仔布表面纤维有很好的降解作用,能去除含染料的表面纤维,绒毛大量脱落可能是由于绒毛表面积较大,易于酶的吸附,且毛羽的结晶度较差,所以纤维素酶的降解作用及机械搅拌作用相配合,使毛羽断裂脱落,获得了柔软和光洁的表面。

### 3.2 正交实验

酶的作用主要依赖于反应系统中的pH值、温度、酶量和搅拌时间,考察了上述四因素对酶洗作用的影响,以色度级别和减量率两指标来评价酶洗效果,设计了 $L_9(3^4)$ 正交实验,各因素与水平见表1(浴比1:20,5g布样放入100ml缓冲液中)。

#### 3.2.1 以级别来评定

由表2,3可见,对级别影响因素最大的为搅拌时间,其点子分散最大,其次分别是pH值、酶的用量和温度。最佳工艺条件为:酶用量8g/L,温度55℃,pH5.0,搅拌时间120min,分析如下:

表2  $L_9(3^4)$ 正交实验结果

试验号	A	B	C	D	级别	减量率(%)
1	1	1	1	1	2.5	3.92
2	1	2	2	2	1.5	4.88
3	1	3	3	3	1.5	4.76
4	2	1	2	3	1.0	7.76
5	2	2	3	1	2.5	5.25
6	2	3	1	2	1.5	6.51
7	3	1	3	2	2.0	6.86
8	3	2	1	3	1.0	8.27
9	3	3	2	1	1.5	7.32

表1 因素与水平

因素水平	酶浓度(g/L)	温度(℃)	pH值	搅拌时间(min)
	A	B	C	D
1	2	40	4.0	60
2	4	50	5.0	90
3	8	55	6.0	120

表3 正交试验的数据处理

项目	级 别				减 量 率 (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
$k_1$	1.83	1.83	1.67	2.17	4.52	6.18	6.23	5.50
$k_2$	1.67	1.67	1.33	1.67	6.51	6.13	6.65	6.08
$k_3$	1.50	1.50	2.00	1.17	7.48	6.20	5.62	6.93
极差R	0.33	0.33	0.67	1.00	2.96	0.79	1.03	1.43
较优水平	$A_3$	$B_3$	$C_2$	$D_3$	$A_3$	$B_3$	$C_2$	$D_3$
因素主次	$DCB$				$ADCB$			

1) 搅拌时间越长,牛仔布越白。其原因一方面可能是酶的作用时间长,有利于酶对纤维素的降解,另一方面时间越长,搅拌次数也多,牛仔布之间相互摩擦充分,使表面纤维脱落较多,因而染料去除也多。

2) pH值为5.0效果最好。这是因为酸性纤维素酶的最适pH值为5.0左右,此时酶的活力最高,酶促反应速度最大,所以在pH5.0时酶洗效果最好。

3) 酶用量越多,每毫升浓液中酶的活性越高,对纤维素的降解能力也就越强。因此,酶洗效果越明显。同时,酶用量的增加,可适当缩短搅拌时间。但酶用量不能过多,否则不仅会降低服装的强度,而且增加成本。

4) 温度以55℃最佳。因温度对酶促反应速度的影响有两个方面。一方面,温度升高时反应速度加快,一般每升高10℃,酶的反应速度增加1~2倍。另一方面,随温度升高,酶会变性,甚至完全丧失活力。因此,酶反应有一个最适温度,该酶的最适温度为55℃。

3.2.2 以减量率来评定 由表2,3可见,获得最高减量率的最佳工艺条件为:酶用量为8g/L,温度55℃,pH=5.0,搅拌时间120min。减量率与色度级别对评定酶洗牛仔布效果完

全一致。

对减量率影响最大的是酶的用量,其次分别为搅拌时间,pH 值和温度。说明酶的用量越多,对牛仔布表面纤维的降解能力越强。稍经搅拌,脱落的毛羽也就越多,减量率也就越高。当然在实际应用中,应考虑在不过多减少织物强度的条件下,以减量率作为酶洗效果的指标才具有指导价值,纤维素酶对织物强度的影响,尚待进一步研究。

## 4 结 论

用自制的酸性纤维素酶对牛仔布进行后整理有十分明显的石磨效果,故有较好的应用前景。

1) 用酶洗代替石磨处理牛仔布可获得满意的效果,其最佳工艺条件为:酶量 8g/L,温度 55℃,pH 值为 5.0,搅拌时间 120min。搅拌时间可降至 90min(其余条件均不变),仍能获得较满意的效果。

2) 酶洗牛仔布不仅能达到石磨水洗的效果,而且具有较高的减量率(3.92%~8.27%),布面光洁,毛羽少,柔软性好,布料质地有显著提高。

### 参 考 文 献

- 1 杨立艾. 辽宁纺织科技,1991,(3):1~7
- 2 Asfery L O, et al. 纺织科技译刊,1991,(1)
- 3 山内三郎. 分开特许公报,平 3-167378
- 4 Indian J. Fibre Text Res 1991,16(2)
- 5 王玉梅等. 辽宁纺织科技,1992,(2)
- 6 Dipl-Lng W H. Hemmpel. International Textile Bulletin Dyeing Printing Finishing 3/91
- 7 姚穆等. 纺织材料学. 纺织工业出版社,1982
- 8 村尾尺夫等. セルラーゼ 讲谈社サイエニテイフイク
- 9 Kochavi, Daniel. American Dyestuff Reporter, 1990,79(9):24,26,28
- 10 张洵栓. 染整概论. 纺织工业出版社,1989
- 11 Willis A. Wood Methods in Enzymology Volume 160

## Study on the Cellulase Applied in Jeans Finishing

Qian Kun

Yu Xiaobin

Ding Jianqing

(School of Textile & Wearing) (School of Bioengineering) (Library)

**Abstract** The application of cellulase in jeans finishing was studied. The cellulase was produced by solid-state fermentation with *Trichoderma Koning* 92-01. The activity of extracted enzyme powder on CMC was 2800U/g. The influences of various factors on enzyme-washing effects were tested, and the optimal operation conditions were determined.

**Subject-words** Cellulase; Jeans; Finishing