

文章编号: 0253-9721(2006)07-0027-04

# 棉针织物复合生物酶精练加工

王强<sup>1,2</sup>, 范雪荣<sup>1</sup>, 高卫东<sup>1</sup>, 陈坚<sup>2,3</sup>

(1. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214036;  
3. 江南大学 生物工程学院, 江苏 无锡 214036)

**摘要** 为进一步提高单一酶对棉织物的精练效果, 复合生物酶精练日益受到重视。但由于不同酶制剂最佳工作条件的不一致, 使复合酶精练受到极大限制。为此, 研究了自制碱性果胶酶、中性纤维素酶、中性-碱性蛋白酶和自制木聚糖酶及其组成的复合生物酶制剂的棉针织物一浴一步法精练加工工艺, 确定了最优精练组合。结果表明, 复合酶的精练效果较单一酶有明显的提高, 织物润湿性、染色性能接近常规碱精练水平且强力损失更小。

**关键词** 精练; 复合生物酶; 果胶酶; 棉针织物

中图分类号: TS192.12 文献标识码: A

## Scouring of knitted cotton fabrics with compound enzymes

WANG Qiang<sup>1,2</sup>, FAN Xue-rong<sup>1</sup>, GAO Wei-dong<sup>1</sup>, CHEN Jian<sup>2,3</sup>

(1. School of Textile and Garment, Southern Yangtze University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Key Lab of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi, Jiangsu 214036, China;

3. School of Biotechnology, Southern Yangtze University, Wuxi, Jiangsu 214036, China)

**Abstract** In order to improve the enzymatic scouring effect, compound enzymes have received growing attention. However, the optimal scouring conditions vary with enzyme preparation, which has greatly limited the application of compound enzymes. Therefore, one-step one-bath scouring of knitted cotton fabrics with home-made alkaline pectinase, neutral cellulase, neutral-alkaline protease and xylanase as well as their combinations was investigated in the present work. The enzyme combinations for cotton scouring were optimized. The results showed that compound enzymes scouring exhibits better effect than individual enzymes, and wettability and dyeing properties that are very close to the conventional scouring but less strength loss.

**Key words** scouring; compound bioenzyme; pectinase; knitted cotton fabric

传统的棉织物精练加工是在高温、强碱条件下进行的, 既不利于环保, 对织物又有损伤。随着环保和节能意识的增强, 近年来酶精练工艺受到了普遍关注, 显示出良好的应用前景。文献[1~7]研究了棉纤维上存在的杂质组成, 包括果胶酶、纤维素酶等酶制剂对棉织物的精练效果的影响。其中, 果胶酶及其与纤维素酶等组成的复合酶被认为具有较好的精练效果。丹麦诺维信公司开发了棉精练专用碱性果胶酶, 进一步促进了此领域的发展。然而, 目前果胶酶尚存在价格昂贵、不适于低品质棉加工等问题, 限制了其推广应用。本文初步考察了自制碱性果胶

酶、中性纤维素酶、中性-碱性蛋白酶和自制碱性木聚糖酶及其组成的复合生物酶制剂在棉针织物一浴一步法精练加工中的应用效果。

## 1 试验部分

### 1.1 材料

试样: 14.5 tex 纯棉棉毛布(无锡针织总厂)。

试剂: 氯化钠、碳酸钠、硅酸钠、30%过氧化氢, 均为化学纯, 由中国医药(集团)上海化学试剂公司生产; 碱性果胶酶、碱性木聚糖酶, 由江南大学生物

收稿日期: 2005-09-21 修回日期: 2006-01-03

基金项目: 国家“863”项目(2003 AA322050); 江南大学预研基金项目(2005 LYY0015)

作者简介: 王强(1973-), 男, 讲师, 博士生。主要研究领域为纺织染整助剂、纺织生物技术等。

工程学院提供;中性-碱性蛋白酶、中性纤维素酶,由杰能科公司提供;雷马素艳红 3BS,由德司达公司提供。

仪器: Rapid 恒温振荡水浴锅(瑞比染色试机有限公司生产)、SW12A 耐洗色牢度试验机(无锡纺织仪器厂生产)、WSD-III 全自动白度计(北京康光仪器有限公司生产)、Color Eye7000A 电脑测配色系统(美国 Gretag Mäbeth 仪器有限公司生产)、Y(B)571 耐摩擦色牢度仪(温州大荣纺织标准仪器厂生产)、YG031 顶破强力仪(常州第二纺织仪器厂生产)。

## 1.2 精练工艺

酶精练工艺<sup>[8]</sup>:热水预处理 30 min → 酶精练(57 ℃ × 75 min, pH 值 9.1, 浴比 1:20) → 热水洗 → 冷水洗 → 晾干。

碱精练工艺:碱精练(NaOH 2.0 g/L, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 0.25 g/L, 98 ~ 100 ℃ × 120 min, 浴比 1:20) → 热水洗 → 冷水洗 → 晾干。

## 1.3 染色工艺

染色处方:雷马素艳红 3BS 2%(o. w. f), NaCl 40 g/L, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10 g/L, 浴比 1:20。工艺流程:室温入染 → 升温至 60 ℃ → 加入 1/2 量 NaCl → 10 min 后加入另 1/2 量 NaCl → 恒温染色 45 min → 加 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 固色 45 min → 水洗、皂洗、水洗、烘干。

## 1.4 测试方法

润湿性:按 AATCC 79-1979 测定;白度:用 WSD-III 型全自动白度仪测 R457 白度  $W_r$  值;顶破强力:用 YG031 顶破强力仪按 GB/T 8878-1997 测定,并以坯布为基准计算强力损失;染色性能:颜色参数  $K/S$  值和  $L$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $C$  值用 Color Eye7000A 电脑测配色系统测定;干、湿摩擦牢度:用 Y(B)571 耐摩擦色牢度试验机按 GB/T 3920-1997 测定;皂洗牢度:用 SW12A 耐洗色牢度试验机按 GB/T 3921.1-1997 测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单一酶精练

为避免表面活性剂残留在处理后织物上而难以反映实际的润湿性<sup>[9]</sup>,本文未采用任何助剂。首先进行了单一酶精练试验,并与碱精练的试验结果进行比较,酶用量及精练后织物性能如表 1 所示。

表 1 单一酶和碱精练对织物性能的影响

处理剂	润湿性/s	白度/%	强力损失/%
坯布	—	59.94	0
碱	10.5	70.62	9.4
果胶酶	86	63.79	6.4
纤维素酶	42.3	64.82	9.4
蛋白酶	180	63.66	6.8
木聚糖酶	210	63.09	2.4

注:①酶用量分别为果胶酶 4 g/L、纤维素酶 1 g/L、蛋白酶 1 g/L、木聚糖酶 1 g/L。②“—”表示 30 min 测试时间内不润湿。

由表 1 可知,经碱精练后织物润湿性和白度均好于酶精练织物,但强力损失较大。经过酶处理后的织物润湿性都有了不同程度提高,尤以纤维素酶作用最为显著,但织物强力损失较大。酶精练对织物的白度影响均不大,原因在于各种酶对天然色素无去除作用。除纤维素酶外,处理后织物的顶破强力均低于碱处理,木聚糖酶对强力的影响最小。

虽然棉织物在单一酶精练后润湿性都有了一定提高,但和碱精练相比还有较大差距。因此在保证织物强力基础上,以果胶酶为主,辅以其它酶制剂的复合酶进行精练,进一步提高织物润湿性能。

### 2.2 以果胶酶为主的复合酶精练

#### 2.2.1 果胶酶与纤维素酶、蛋白酶、木聚糖醇复合

考虑到所用果胶酶为碱性果胶酶,为避免复配时各酶制剂最适 pH 值不一致导致无法同浴使用,选定中性纤维素酶、中性-碱性蛋白酶、碱性木聚糖酶作为研究对象,它们的最适作用条件相近。以果胶酶为主,分别与纤维素酶、蛋白酶、木聚糖酶两两复配进行精练,精练后织物各项性能如表 2 所示。

表 2 织物经 3 种酶复合精练后的性能

酶的种类	润湿性/s	白度/%	强力损失/%
果胶酶 + 纤维素酶	15.2	64.86	10.6
果胶酶 + 蛋白酶	43.5	62.60	7.5
果胶酶 + 木聚糖酶	45.2	62.20	3.3

注:酶用量分别为果胶酶 4 g/L、纤维素酶 1 g/L、蛋白酶 1 g/L、木聚糖酶 1 g/L。

从表 2 可知,复合酶的精练效果都好于单一果胶酶精练。从 3 种酶的复合效果看,果胶酶和纤维素酶联合精练,润湿性改善最为明显。这是因为 2 种酶会产生协同作用:果胶酶水解表皮层果胶质,会为纤维素酶产生更多作用位点,而纤维素酶水解也会使更多表皮层中的果胶质暴露给果胶酶。纤维

素酶与果胶酶的协同效应也为其他研究者所证实<sup>[4-6]</sup>。但由表 2 也可看出,果胶酶和纤维素酶联合精练棉针织物的顶破强力损失大于 10%,因此有必要考察酶用量对精练效果的影响。

### 2.2.2 不同用量的果胶酶与纤维素酶复合

选择 2 种不同用量的果胶酶分别与不同用量的纤维素酶复合,通过精练效果比较,确定合适的果胶酶和纤维素酶用量,结果如表 3 所示。

表 3 果胶酶与纤维素酶的复合

果胶酶用量/(g·L <sup>-1</sup> )	纤维素酶用量/(g·L <sup>-1</sup> )	润湿性/s	白度/%	强力损失/%
4	0.5	25.2	63.42	7.8
	1	15.2	64.86	10.6
	2	8.8	65.21	11.5
	4	7.5	64.92	13.4
8	0.5	16.3	63.82	8.2
	1	13.4	63.86	10.1
	2	7.4	64.23	12.2
	4	4.6	65.10	14.8

从表 3 可以看出,纤维素酶用量的变化对织物白度影响不大。随着纤维素酶用量的增加,强力损失也随之增加,这是因为当用量增加时,纤维素酶在破坏纤维表面的同时也损伤了纤维内部,造成了织物的强力损失。此外,在复合相同纤维素酶用量条件下,果胶酶用量 8 g/L 与 4 g/L 相比,并没有非常显著地改善织物的精练效果。综合考虑润湿性、强力损失和应用成本,初步确定复合酶组成为 4 g/L 果胶酶 0.5 g/L 纤维素酶。

### 2.2.3 果胶酶 + 纤维素酶与蛋白酶、木聚糖酶复合

为进一步提高复合酶精练效果,在果胶酶、纤维素酶复配基础上,再与不同用量的蛋白酶、木聚糖酶分别复配,结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出,复配蛋白酶处理的织物润湿性好于只有果胶酶和纤维素酶的联合精练的效果,

且润湿性随着蛋白酶用量增加而提高,但织物强力损失也随之增大。蛋白酶对织物白度影响不大。综合以上几个指标,蛋白酶用量选择 1 g/L 较为适宜。

表 4 果胶酶 + 纤维素酶和蛋白酶、木聚糖酶复配

酶的种类	酶用量/(g·L <sup>-1</sup> )	润湿性/s	白度/%	强力损失/%
蛋白酶	0.5	12.5	62.48	6.3
	1	10.3	63.18	7.8
	2	8.5	63.21	8.9
木聚糖酶	0.5	12.2	63.15	8.0
	1	8.2	62.41	8.4
	2	8.1	62.74	7.5

注:果胶酶 4 g/L,纤维素酶 0.5 g/L。

文献<sup>[7]</sup>考察了果胶酶与木聚糖酶组成的复合酶的棉精练效果,认为复合酶在改善润湿性方面较单一果胶酶好。由表 4 可知,木聚糖酶的添加使织物的润湿性有了一定程度的提高,而对白度和顶破强力的影响较小,综合考虑以木聚糖酶 2 g/L 较为适宜。

## 2.3 染色性能

为考察优选出的复合酶制剂对棉织物进行精练加工的实用性,进一步研究了经酶精练、常规氧漂处理后织物的染色性能,并与常规碱精练、氧漂织物的染色性能加以比较,具体前处理方式见表 5,染色性能如表 6 所示。

表 5 前处理方式

方式编号	处理方式
①	“果胶酶 + 纤维素酶”精练 → 氧漂
②	“果胶酶 + 纤维素酶 + 蛋白酶”精练 → 氧漂
③	“果胶酶 + 纤维素酶 + 木聚糖酶”精练 → 氧漂
④	常规碱精练 → 氧漂

注:酶用量分别为果胶酶 4 g/L、纤维素酶 0.5 g/L、蛋白酶 1 g/L、木聚糖酶 2 g/L;氧漂工艺为漂白(30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2 g/L, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 3 g/L, 98 ~ 100 °C × 90 min, 浴比 1:20) → 热水洗 → 冷水洗 → 烘干。

表 6 染色织物的颜色参数与单色牢度

方式编号	K/S 值	L	a	b	C	摩擦牢度/级		皂洗牢度/级	
						干	湿	褪色	沾色
①	24.26(0.42)	47.63	55.89	- 2.12	55.49	4~5	3	4	3
②	22.87(0.40)	48.40	55.19	- 2.80	55.26	4~5	3	4	3
③	23.24(0.47)	48.61	55.30	- 2.61	55.36	4~5	3~4	4~5	3
④	21.11(0.36)	49.68	54.87	- 3.53	54.98	4~5	3	4	3

注:括号中数值为 K/S 值的标准差,用来表征染色均匀度。

从表 6 可以看出,复合酶精练、氧漂后棉织物的得色深度高于碱精练、氧漂织物,但染色均匀度较之后者稍差,而颜色参数  $L$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $C$  值差异不大。复合酶精练、氧漂后染色棉织物的摩擦牢度和皂洗牢度与碱精练、氧漂织物的相近。

### 3 结 论

以果胶酶为主与纤维素酶、蛋白酶、木聚糖酶复配组成的复合酶制剂对棉针织物的精练效果较单一酶均有明显的提高,表现在织物润湿性接近常规碱精练水平且强力损失更小。尽管酶精练织物白度不如碱精练,但这完全可通过后续漂白工艺加以解决。从染色性能看,复合酶精练、氧漂后棉织物的得色深度略高于碱精练、氧漂织物,但染色均匀度较之后者稍差,而颜色参数  $L$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $C$  值差异不大。此外,复合酶精练、氧漂后染色棉织物的摩擦牢度和皂洗牢度与碱精练、氧漂织物的相近。

FZXB

#### 参考文献:

- [ 1 ] Ethers J N. Cotton preparation with alkaline pectinase: an environmental advance [ J ]. *Textile Chem Color Am Dyest Rep*, 1999, (3) :33 - 36 .
- [ 2 ] Durden D K, Ethers J N, Sarkar A K, et al. Advances in commercial biopreparation of cotton with alkaline pectinase [ J ]. *AATCC Rev*, 2001, (8) :28 - 30 .
- [ 3 ] Lenting H B M, Zwier E, Nierstrasz V A. Identifying important parameters for a continuous bioscouring process [ J ]. *Text Res J*, 2002, 72(9) :825 - 831 .
- [ 4 ] Li Y, Hardin I R. Enzymatic scouring of cotton: effects on structure and properties [ J ]. *Textile Chem Color*, 1997, 29 (8) :71 - 76 .
- [ 5 ] Hartzell M M, Hsieh Y L. Enzymatic scouring to improve cotton fabric wettability [ J ]. *Text Res J*, 1998, 68(4) :233 - 241 .
- [ 6 ] Li Y, Hardin I R. Enzymatic scouring of cotton-surfactants, agitation, and selection of enzymes [ J ]. *Textile Chem Color*, 1998, 30 :23 - 29 .
- [ 7 ] Traore K M, Buschle Diller G. Environmentally friendly scouring processes [ J ]. *Textile Chem Color Am Dyest Rep*, 2000, 32 (12) :40 - 43 .
- [ 8 ] 靳贺玲,范雪荣,王强. 响应面分析法优化棉针织物国产碱性果胶酶精练工艺 [ J ]. *江南大学学报(自然科学版)*, 2006, 5(2) :228 - 231 .
- [ 9 ] 王平,王强,范雪荣,等. 棉织物生物酶前处理润湿性评价 [ J ]. *印染*, 2002, 28(12) :32 - 34 .