

# 纯棉针织物的纤维素酶整理工艺研究

黄 晨 许云辉 张晓丽 孙 理

(安徽农业大学蚕业丝绸系,合肥,230036)

摘 要:通过单因素实验,分析影响纯棉针织物酶整理效果的诸因素,优化了纤维素酶整理工艺,并对比分析了厚、薄 2 种棉针织物与棉机织物的酶整理效果。结果表明,纯棉针织物经过纤维素酶整理后的柔软性、透气性、吸湿性等性能均有改善,且厚型纯棉针织物的整理效果更好。

关键词:棉针织物 纤维素 整理 性能

中图分类号:TS 195.651 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2004)02-0085-03

利用纤维素酶对纤维素纤维的催化降解作用,可使棉针织物表面部分水解,当减量率控制在一定范围内时,可使整理后的针织物有精细的外观和手感,织物变得光洁柔软,从而提高了产品档次和附加值<sup>[1,2]</sup>。本文研究了纯棉针织物的纤维素酶处理工艺,分析影响酶洗效果的各因素,并以减量率、断裂强力、悬垂系数为综合指标,优化纯棉针织物(厚型)的酶整理工艺,同时对其整理后的织物各项性能进行了测试<sup>[3,4]</sup>。

## 1 实验材料、方法与内容

### 1.1 实验材料和药品

1.1.1 实验材料 30tex/1 半畦编组织(厚型)织物。

1.1.2 主要药品 进口酶 1:纤维素酶 R-10 (Yakult of Japan),活力为 10,000 Au/g;进口酶 2:纤维素酶 ECS2610 (Cellulase T. C, USA),活力 > 25,000 Au/g;渗透剂 JFC(工业品);醋酸、醋酸钠;MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O;CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O;均为 AR 级。

### 1.2 酶整理工艺流程

针织物前处理(碱缩→煮练→H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>漂白)→配制整理液→升温至所需温度,加入针织物→在恒温振荡摇床上浸渍规定时间(往复速度 50 次/min)→取出针织物→80~85℃热水洗 15 min→60℃温水洗 10 min→在烘箱中 105℃烘至恒重→称量→测试针织物各项性能指标。

### 1.3 性能测试方法

1.3.1 酶减量率测定 减量率 = (A - B) / A × 100%。式中, A 为酶处理前针织物恒重(g); B 为酶处理后针织物恒重(g)。

将酶处理前后的样布在烘箱中 105~110℃烘至恒重,采用箱外热称法称得样布重量(g)。

1.3.2 测试仪器及方法 减量率在 TG328B 分析天平上称量计算;断裂强力用 YG021 A-3 型单纱强力

仪按 GB3916-83 标准测试;透气性用 YG461 型织物中压透气量仪按 GB5453-85 标准测定;毛效用 YGW-871 型毛细管效应仪测试;悬垂系数用 YG321 型悬垂仪测定;白度用 ZBD 型白度仪测试。

### 1.4 试 验

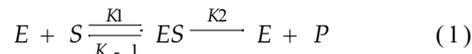
1.4.1 试样制备 将样布在实验室条件下,在干燥器内平衡放置 24 h 后,距布边 5 cm 以上沿纵向均匀剪取试样若干块。本试验所用织物为 30 tex/1 半畦编纯棉针织物(厚型),5 g/块。

1.4.2 酶洗工艺单因素试验 以影响纤维素酶整理效果的主要因素:温度、pH 值、酶用量、时间、浴比等与减量率的关系进行试验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酶用量及酶活力对减量率的影响

纤维素酶用量对棉织物的处理效果有重要影响,酶用量与减量率的关系如图 1 所示。酶用量在 6%(o.w.f)以下时,减量率增加明显;并且酶用量与减量率基本上成线性关系。但酶用量超过 8%(o.w.f)后,其减量率变化趋于平缓。根据酶解反应动力模型<sup>[3,4]</sup>可知,纤维素酶(E)分解纤维素分子(S)的反应过程为:



由纤维或产物的生成速率决定酶与纤维形成的络合物(ES)的浓度,因而可得酶解反应速度公式:

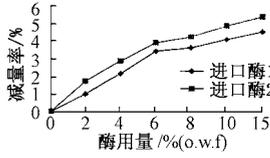
$$r = d[P]/dt = K_2[ES] \quad (2)$$

其中,[ES]为酶~纤维络合物浓度,P为产物浓度;K<sub>2</sub>为反应速率常数。

用稳态处理,得 d[ES]/dt = K<sub>1</sub>[E][S] - K<sub>-1</sub>[ES] - K<sub>2</sub>[ES],变形得 d[ES]/dt + (K<sub>-1</sub> + K<sub>2</sub>)[ES] = K<sub>1</sub>[E][S]。再解微分方程,可得:

$$r = K_1 K_2 [E][S] / (K_{-1} + K_2) \quad (3)$$

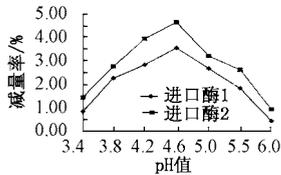
由式(3)可见,纤维素酶水解纤维的酶解速率与用量[ $E$ ]成正比。然而,针织物在处理液中的酶解反应是非均相反应,这可能是因为纤维素酶在催化水解纤维时,单位质量纤维的特性表面积( $A_{sp}$ )和可供酶形成络合物的位置数( $n$ )是一定的<sup>[5,6]</sup>,所以在达到比饱和值后,酶浓度的增加不会使络合物浓度[ $ES$ ]有明显的变化,从而使反应速率增加不明显。这种关系在酶用量与针织物减量率关系曲线上也反映出来。而且从图1可见,在酶用量相同时,用活力高的进口酶2处理时的减量率要比活力较低的进口酶1的减量率高,这是由于酶活力越高,其反应速度常数 $K_1$ 和 $K_2$ 增大,酶在相同时间里催化水解纤维素的能力也就越强。由此可见,在纤维素酶处理针织物工艺过程中,使用过高的酶用量对针织物进行处理是不经济的,而且还会大大增加生产工艺的成本。



注:温度 55℃, pH 值 4.6, 时间 60 min, 浴比 1:25

图1 酶用量与减量率关系

2.2 pH值和温度对减量率的影响  
pH值和温度都是影响酶活力的关键因素,这是由纤维素酶本身的性质所决定的。由图2可知,酶在pH值4.6时,表现出较高的活力,其减量率最大;pH值在4.2~5.5时,减量率较稳定。从图3中可见,当温度低于55℃时,随着温度的上升,针织物减量率逐渐增大。而当温度在55℃时,其减量率达到最大;但当温度继续升高时,减量率却急剧下降,当温度高于60℃时,进口酶2的减量率已不到1%,而进口酶1的减量率已不足0.5%。酶只有在一定pH值和一定温度范围内,才能表现出较高的活力,而此时的减量率也较稳定。而当处理棉针织物的pH值或温度在此范围之外过高或过低时的减量率都很低,这是由于pH值变化可能影响酶分子的活力中心上有关基因的解离,从而影响酶与纤维络合物的形成;另外,酶作为一种蛋白质,只有在一定pH值范围内才能稳定,否则会收到不可逆性的破坏而易变性失活。并且在本试验中发现,当pH值 $\leq 3.2$ 时,针织物有泛黄现象,这是由于纤维素纤维不耐酸,酸可对纤维大分子中苷键(1,4 $\beta$ -D葡萄糖苷键)的水解起催化作用,使纤维素聚合度降低而受到损伤。为了在处理工艺中避免这种泛黄现象,

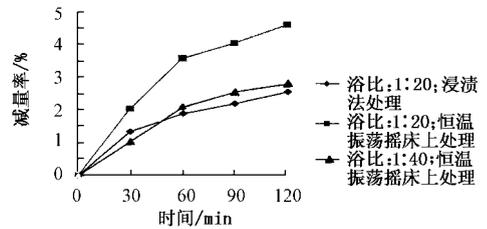


注:酶用量 6%(o.w.f), 温度 55℃, 时间 60 min, 浴比 1:25

图2 pH值与减量率关系

### 2.2 pH值和温度对减量率的影响

2.3 酶处理时间和浴比及机械作用对减量率的影响  
由图4可见,随处理时间的延长,针织物的减量率随之增加。减量率在前60 min内增长较快,而在90 min之后其减量率增长缓慢。这可能是由于酶在催化反应时,首先要和纤维素结合形成一中间络合物,然后再转变为产物并释放出酶,而酶的这种催化链状方式若不加以控制,虽然减量率不断增长,但会引起织物强力急剧下降。此外,酶作为一种催化剂,随着时间延长,其活性会逐渐变弱,从而使织物减量率增加缓慢。所以,对酶(进口酶1)处理时间的控制尤为重要。综合考虑各因素,较合适的处理时间为50~60 min。

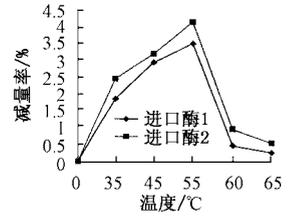


注:进口酶1:酶用量 6%(o.w.f), pH 值 4.6, 55℃

图4 浴比及机械作用与减量率关系

要求处理液的pH值不宜过低。而温度升高对酶有双重影响:一方面,活化分子数增加,有利于催化反应进行;另一方面,酶蛋白会逐渐变性失活。因此,在选择酶整理工艺中的温度特别重要。因此,根据本试验综合考虑,选择较好的酶处理液pH值为4.2~5.0;处理温度为40~55℃。

2.3 酶处理时间和浴比及机械作用对减量率的影响  
由图4可见,随处理时间的延长,针织物的减量率随之增加。减量率在前60 min内增长较快,而在90 min之后其减量率增长缓慢。这可能是由于酶在催化反应时,首先要和纤维素结合形成一中间络合物,然后再转变为产物并释放出酶,而酶的这种催化链状方式若不加以控制,虽然减量率不断增长,但会引起织物强力急剧下降。此外,酶作为一种催化剂,随着时间延长,其活性会逐渐变弱,从而使织物减量率增加缓慢。所以,对酶(进口酶1)处理时间的控制尤为重要。综合考虑各因素,较合适的处理时间为50~60 min。



注:酶用量 6%(o.w.f), pH 值 4.6, 时间 60 min, 浴比 1:25

图3 温度与减量率关系

### 2.3 酶处理时间和浴比及机械作用对减量率的影响

如图4可知,随着浴比的增加,减量率下降,这是由于浴比增大,相当于酶的浓度下降,对纤维的催化能力减弱;但若浴比过小,织物与酶整理液可能因接触不充分而产生减量不匀。因此,酶处理液的浴比在保证织物与酶液充分接触的条件下,以浴比小一些为好,一般在1:20~1:30。本试验中采用在恒温振荡摇床上进行酶(进口酶1)洗工艺,往复次数控制在50次/min;由图4可见,在其它处理工艺条件相同时,采用恒温振荡摇床法进行处理的减量率平均要比无任何机械搓揉作用的酶洗工艺(浸渍法)时的减量率高出近1.5个百分点;这是因为纤维素不溶于水,所以,纤维素酶在对其接触时会有空间障碍,而吸附于纤维素上的酶的活性又受时间的限制,在尚存活性时,若不与基质作用,就会失活。在酶处

如图4可知,随着浴比的增加,减量率下降,这是由于浴比增大,相当于酶的浓度下降,对纤维的催化能力减弱;但若浴比过小,织物与酶整理液可能因接触不充分而产生减量不匀。因此,酶处理液的浴比在保证织物与酶液充分接触的条件下,以浴比小一些为好,一般在1:20~1:30。本试验中采用在恒温振荡摇床上进行酶(进口酶1)洗工艺,往复次数控制在50次/min;由图4可见,在其它处理工艺条件相同时,采用恒温振荡摇床法进行处理的减量率平均要比无任何机械搓揉作用的酶洗工艺(浸渍法)时的减量率高出近1.5个百分点;这是因为纤维素不溶于水,所以,纤维素酶在对其接触时会有空间障碍,而吸附于纤维素上的酶的活性又受时间的限制,在尚存活性时,若不与基质作用,就会失活。在酶处

理过程中,通过机械与织物的摩擦,织物相互摩擦,水流对织物摩擦及液压剪切作用,使得水解取得小茸毛易于从纤维上脱落,有利于酶对针织物得接触的渗入,从而可缩短处理的时间,大大减少酶用量和大幅度提高酶洗效果。

### 3 结 论

1. 本实验采用减量率、纵向拉伸断裂强力和悬垂系数作为综合评价指标,应用纤维素酶处理纯棉针织物效果好,且符合实际生产工艺标准。

2. pH值和温度是影响酶整理效果的主要因子,酶对纯棉针织物的作用效果还受到酶用量、活力、处

理时间、浴比等因素影响。此外,机械搓揉作用可提高酶洗效果,节省酶用量和工艺处理时间。

### 参 考 文 献

- 1 王光明等.棉、麻、人丝织物的酶洗工艺研究.印染,2002(4):6~10.
- 2 钱国坻.纺织品的生物酶整理.印染,2000(4):39~43.
- 3 罗兰译.酶的结构和功能.北京:科学技术出版社,1983.
- 4 Schurz J et al. Enzymatische Hydrolyse von Regenerierten Cellulosefasern mit Cellulase aus Trichoderma Reesei. Cellulose Chem Technol, 1989 (23):465~476.
- 5 Brandt D. et al. Engineering Aspects of the Enzymatic Conversion of Waste Cellulose to Glucose. AIChE Symp Ser, 1973(133):127~133.
- 6 沈勇.纤维素酶对纤维素纤维吸附参数的研究.纺织学报, 2000(5):21~24.