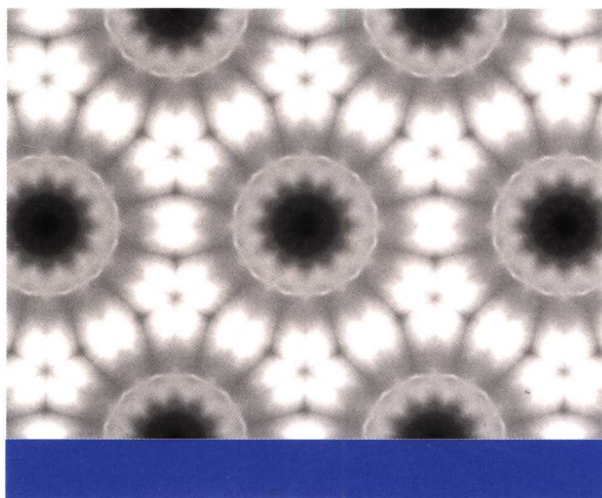


李 群 赵昔慧 主编

酶在纺织印染工业中的应用



CHEMICAL INDUSTRY PRESS



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

酶在纺织印染工业 中的应用

李 群 赵昔慧 主编



化学工业出版社
化学与应用化学出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

酶在纺织印染工业中的应用/李群,赵昔慧主编.
北京:化学工业出版社,2005.12
ISBN 7-5025-8048-4

I. 酶… II. ①李…②赵… III. ①酶-应用-纺织工业②酶-应用-染整工业 IV. TS101.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 150316 号

酶在纺织印染工业中的应用

李 群 赵昔慧 主编

责任编辑:王蔚霞

文字编辑:伊守亮

责任校对:李 军

封面设计:潘 虹

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
化学与应用化学出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 1/4 字数 205 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8048-4

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书从专业和实用两个角度介绍了酶对纺织材料的作用原理、酶应用研究方法、酶在纺织品前处理中的应用、酶在退浆中的应用、酶在煮（精）练中的应用、酶在纺织品后处理中的应用、酶在纤维改性中的应用等内容。

本书既可作为纺织、印染、轻化工、精细化工、环保、生物化工、应用化学等专业工程技术人员、科研人员的参考用书，也可供纺织工程、染整工程、轻化工程、生物化工、应用化学等专业的师生作为教材或教学参考书使用。

本书编写人员名单

主 编：李 群 赵昔慧

参编人员：李 群 赵昔慧 赵云国 吕 洲

王 蕊 张 玮 薛 云

前 言

众所周知，生物技术是 21 世纪三大关键高新技术之一，而酶工程又是生物技术的重要组成部分。酶制剂被誉为“工业问题的自然界解决方案”，显然，在“回归自然，和谐发展”已成为 21 世纪人类崇高的目标，可持续性发展战略也已成为我国的基本国策之一的今天，酶对人类活动的作用和影响是不可估量的。

人们对酶并不陌生，加酶洗衣粉已家喻户晓，消化不良通常会吃些多酶片、食母生一类的含酶药剂。但酶是什么？酶的作用原理如何？为什么说“酶制剂是工业问题的自然界解决方案”？这并不是每一个人都能说得上来的。尤其是酶在纺织印染工业中的应用情况，包括应用原理、应用方法及其给纺织印染工业带来的变化和好处也是专业人员才能讲清楚的。本书出版的目也就是想给大家提供一条了解和掌握这些科学和技术问题的途径。

酶制剂用于机织物的退浆已有半个世纪的历史。在近几年中，纤维素酶在牛仔石磨水洗和生物光洁柔软整理中得到了广泛应用。最近，过氧化氢酶、果胶酶、蛋白酶的应用也逐渐兴起，新的成果和应用领域不断有所报道。

酶在纺织印染工业中的应用可在以下一个或多个方面给业界带来惊喜：

① 某些工艺可在常温下进行，降低劳动强度，改善工作环境，降低能源消耗；

② 减少烧碱、染料等强污染物质的使用量，降低废水排放量，有利于实现洁净化生产，有助于保护生态环境；

③ 提高生产效率，减少工艺步骤，缩短工艺时间，降低生产成本；

④ 整体提高纺织产品质量，往往会产生独特的整理效果，有利于绿色纺织品的生产，增加产品附加值，提高产品在国际市场上的竞争力。

正由于生物酶在纺织印染工业中有如此良好的应用前景，所以作者想抛砖引玉，引导相关科技工作者参与到该领域研究中来，为我国在该领域的科学技术进步做出新的贡献。

尽管生物酶在纺织印染工业中的应用已有 60 年的时间，但目前系统的研究和有较高应用价值的材料还比较少。作者试图结合自己的研究和认识，从专业和实用两个角度向初学者介绍、推荐酶应用研究的基本方法，帮助读者尽快地步入酶应用研究的殿堂；同时本着实用和示范的原则向专业技术人员介绍酶在纺织品煮退漂等前处理工艺、酶在纺织品后整理工艺中的应用实例和最新进展；又从研究和生产的实际需要出发，以附录的形式简单介绍常用纺织用酶活力的测定方法以及部分生产厂商，以便于读者了解更多的信息，进行更加深入和广泛的研究与应用。

在本书的编著过程中，由于材料比较零散，系统的介绍又需要大量的材料支持，所以收集有价值的材料遇到了不少困难。在本书即将出版的时候，感谢青岛大学毛蕾蕾、刘侠、刘伟、刘燕、闫永臣、杨英贤、张芳、秦晓、聂丽曼、谢芳等研究生所做的材料收集工作。同时感谢青岛大学化工学院朱平教授对本书提出了许多宝贵意见，特别感谢化学工业出版社给予的信任和支持。

本书体系尚属首次尝试，由于作者的学识有限，书中难免存在不尽如人意和不妥的地方，敬请各位读者批评指正，不胜感激。

作 者

2005 年 9 月于青岛大学

目 录

第 1 章 酶对纺织材料的作用原理.....	1
1.1 酶的作用原理	1
1.1.1 酶作用在于降低反应活化能	1
1.1.2 中间络合物学说	2
1.2 纤维素酶对纤维素纤维的作用原理	4
1.2.1 纤维素的结构	4
1.2.2 纤维素纤维的形态结构与性质	7
1.2.3 纤维素酶对纤维素纤维的作用原理.....	14
1.3 酶对蛋白纤维的作用原理.....	18
1.3.1 蛋白纤维的组成与性质.....	18
1.3.2 常用的蛋白酶.....	21
1.3.3 蛋白酶与羊毛的作用原理.....	22
1.3.4 蛋白酶与丝绸的作用原理.....	23
1.4 淀粉酶在退浆中的应用.....	24
1.4.1 淀粉的组成.....	24
1.4.2 淀粉酶的分类.....	27
1.4.3 淀粉酶的退浆机理.....	27
1.5 果胶酶在纤维精练中的作用机理.....	28
1.5.1 果胶类物质.....	28
1.5.2 果胶酶分类及作用方式.....	29
1.5.3 果胶酶精练的机理.....	30

第 2 章 酶应用研究方法 33

- 2.1 影响酶反应速度和活性的主要因素 33
 - 2.1.1 pH 对反应速度的影响 33
 - 2.1.2 温度对反应速度的影响 35
 - 2.1.3 底物浓度对反应速度的影响 36
 - 2.1.4 酶浓度对反应速度的影响 37
 - 2.1.5 抑制剂对反应速度的影响 38
- 2.2 酶的应用研究方法 38
 - 2.2.1 淀粉酶在退浆中的应用研究——棉布退浆 39
 - 2.2.2 脂肪酶在退浆中的应用研究——棉机织物的脂肪酶辅助退浆 44
 - 2.2.3 果胶酶和棉煮练——棉织物的果胶酶处理 46
 - 2.2.4 蛋白酶生物抛光——真丝牛仔服及面料的酶洗 52
 - 2.2.5 蛋白酶在蛋白纤维加工上的应用 58
 - 2.2.6 纤维素酶在纤维素纤维加工中的应用 72
 - 2.2.7 氧化还原酶的应用研究——过氧化氢酶在织物漂白中的应用 77
 - 2.2.8 酶应用研究新动向 81

第 3 章 酶在前处理中的应用 83

- 3.1 酶在退浆中的应用 84
 - 3.1.1 纤维上浆浆料的种类及性质 85
 - 3.1.2 退浆的方法及各自的特点 88
 - 3.1.3 影响酶退浆的因素 93
 - 3.1.4 常用的退浆酶 98

3.1.5	退浆效果的评定	101
3.1.6	棉纤维织物的退浆	102
3.1.7	Lyocell 纤维织物的退浆	111
3.1.8	涤/棉混纺织物退浆	113
3.2	酶在煮(精)练中的应用	114
3.2.1	酶精练的特点	114
3.2.2	酶在棉织物精练中的应用	116
3.2.3	酶在天然彩色棉精练中的应用	131
3.2.4	酶在麻脱胶中的应用	138
3.2.5	酶在丝的精练脱胶中的应用	155
3.3	酶在漂白中的应用	163
3.3.1	漂白方法	164
3.3.2	过氧化氢酶与生物酶净化工艺	170
3.3.3	生物酶净化工艺实例	175
3.3.4	氧漂生物酶净化工艺的特点	176
3.4	酶在洗涤中的应用	177
3.4.1	碱性蛋白酶在洗涤中的应用	177
3.4.2	纤维素酶在洗涤中的应用	178
3.4.3	脂肪酶在洗涤中的应用	180
3.5	前处理工艺举例	180
3.5.1	冷堆(退煮一浴)工艺	180
3.5.2	先退浆后煮练工艺	181
3.5.3	冷堆、碱蒸、氧漂工艺	183
3.5.4	棉、亚麻织物轧酶冷堆工艺	183
3.5.5	退浆后酶煮漂一浴工艺	184
3.5.6	酶练氧漂一浴二步工艺(染浅色采用)	185

3.5.7 酶练、乳化净洗—浴二步工艺（中深色采用）	186
----------------------------------	-----

第4章 酶在后处理中的应用 187

4.1 酶洗与生物抛光	188
4.1.1 生物抛光用酶与酶作用	189
4.1.2 生物抛光的效果	191
4.1.3 各种纤维的生物抛光	192
4.1.4 酶洗工艺及其在产品上的应用	201
4.2 酶在染色中的应用	213
4.2.1 蛋白酶在羊毛染色中的应用	214
4.2.2 生物酶在纤维素织物染色中的应用	222
4.2.3 大豆纤维酶处理后染色性	234
4.2.4 成衣染色的酶光洁处理	235

第5章 酶在纤维改性中的应用 237

5.1 酶在纤维素纤维改性中的应用	237
5.1.1 酶改性的加工方法	238
5.1.2 棉纤维酶改性实例	240
5.2 酶在羊毛纤维改性中的应用	242
5.2.1 羊毛的鳞片结构与蛋白酶对其底物适应性	243
5.2.2 酶对羊毛催化水解的不均一性	245
5.2.3 羊毛酶改性的应用	246
5.3 酶在骆驼毛改性中的应用	250
5.3.1 骆驼毛酶改性基本原理	250
5.3.2 酶用于骆驼毛改性试验实例	251
5.4 酶在腈纶及涤纶改性中的应用	255

5.4.1 腈纶的生物酶表面改性	255
5.4.2 涤纶的生物酶表面改性	257
附录	261
附录 1 常用纺织印染用酶活力的测试方法	261
附录 2 酶的国内外主要生产企业简介	272
参考文献	277

第 1 章

酶对纺织材料的作用原理

酶种类繁多，若按其适用 pH 来分，有碱性酶、中性酶和酸性酶；按其适用纤维来分，有纤维素酶和蛋白酶等；按其性质或来源来分，有生物酶、多糖类分解酶、木瓜酶、蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶、脂蛋白脂肪酶、胰蛋白酶、细菌酶等。

在纺织工业中，酶被用作工业洗涤剂、退浆剂、精练剂、蚕丝脱胶剂、表面处理剂等。近年来，随着生物技术的进展，新型酶制剂比活力很高，用于织物和服装高附加值的加工的研究和成果越来越多，酶在纺织工业中的应用前景十分广阔。本章重点介绍酶对各种纺织材料的作用原理。

1.1 酶的作用原理

1.1.1 酶作用在于降低反应活化能

酶能显著地降低反应活化能，故表现为高度的催化效率（图 1-1）。例如 H_2O_2 ，能显著降低反应活化能，使反应速度

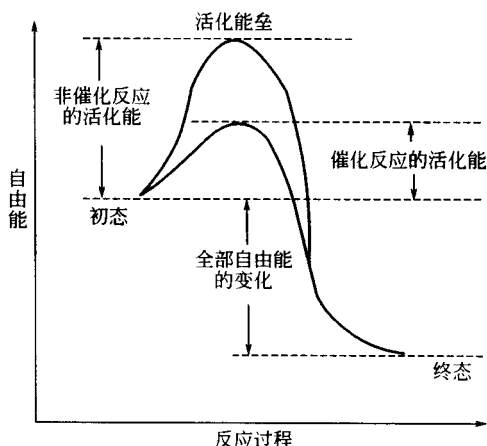
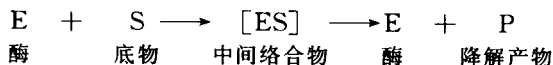


图 1-1 酶催化反应机理示意图

增高 10^6 倍之多。

1.1.2 中间络合物学说

酶催化反应过程是先通过其活性中心与底物形成中间络合物，随后再分解成产物，并放出酶。酶的活性部位 (active site) 是它结合底物并将底物转化为产物的区域，通常是整个酶分子相当小的一部分，它是由线性多肽中可能相隔很远的氨基酸残基形成的三维实体。在活性部位，底物被多重的、弱的作用力结合 (静电相互作用、氢键、范德华力、疏水作用等)，在某些条件下亦可能是由可逆的共价键结合。反应式如下：



从溶菌酶结构的研究中，已制成它与底物形成络合物的结晶，并得到了 X 射线衍射图，证明的确会形成 ES 复合物。可见，酶降解底物的先决条件是它与底物首先要结合成中间络合

物，而后才能在水的作用下发生水解作用。

目前有两种催化理论模型可以说明酶与底物作用机理。

1.1.2.1 锁钥模型

在酶催化反应中，酶只有和底物充分靠近或接触才能使反应进行。酶和底物是如何充分靠近或接触的成为揭开酶催化特性之谜的关键。

1894 年 Emil Fischer 提出锁钥模型 (lock-and-key model)，底物的形状和酶的活性部位被认为彼此相适合，像钥匙能插入它对应的锁中一般 (图 1-2)。两种形状被认为是刚性的 (rigid) 和固定的 (fixed)，当正确组合在一起时，正好互相补充。由此解释了酶催化反应的专一性。

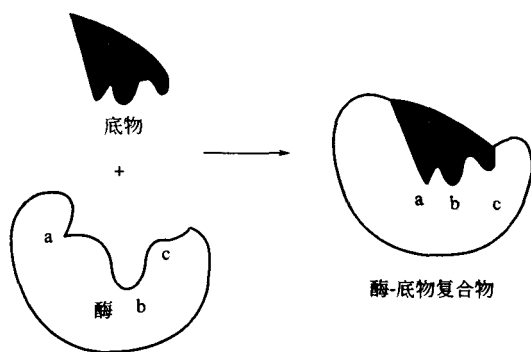


图 1-2 锁钥模型

1.1.2.2 诱导契合模型

对那些尚不能用锁钥模型作出圆满解释的催化反应，可由 Daniel E. Koshland Jr 在 1958 年提出的诱导契合模型 (induced-fit model) 来认识。该理论认为，底物的结合在酶的活

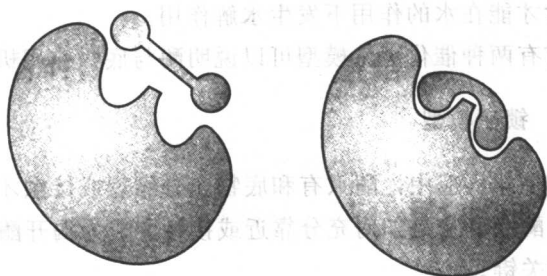


图 1-3 底物和酶相互作用的诱导契合模型

性部位发生诱导作用，使分子构象发生变化（图 1-3）。

酶的活性部位并不是和底物的形状正好互补的，而是在酶和底物结合的过程中，底物分子或酶分子，有时是两者的构象同时发生了某些变化后才互补的。这时催化基团的位置也正好在所催化底物键的断裂和即将生成键的适当位置，这个动态的结合过程就称为诱导契合。

1.2 纤维素酶对纤维素纤维的作用原理

1.2.1 纤维素的结构

纤维素是天然高分子化合物，其分子式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，大分子结构式如图 1-4 所示。

纤维素是一种多糖物质，每个纤维素大分子是由 n 个葡萄糖残基，彼此以 1,4-苷键（氧桥）连接而成。所以，纤维素大分子的基本链节（基本单元或单基）是葡萄糖残基，在大分子结构式中为不对称的六环形结构，也称氧六环。相邻两个氧六环彼此的位置扭转 180° ，依靠苷键（—O—）连成一个重复