

新型

纺织酶制剂

的发酵与应用



The Novel Enzymes
in Textile Industry
Fermentation and Application



© 陈坚 华兆哲 堵国成 著

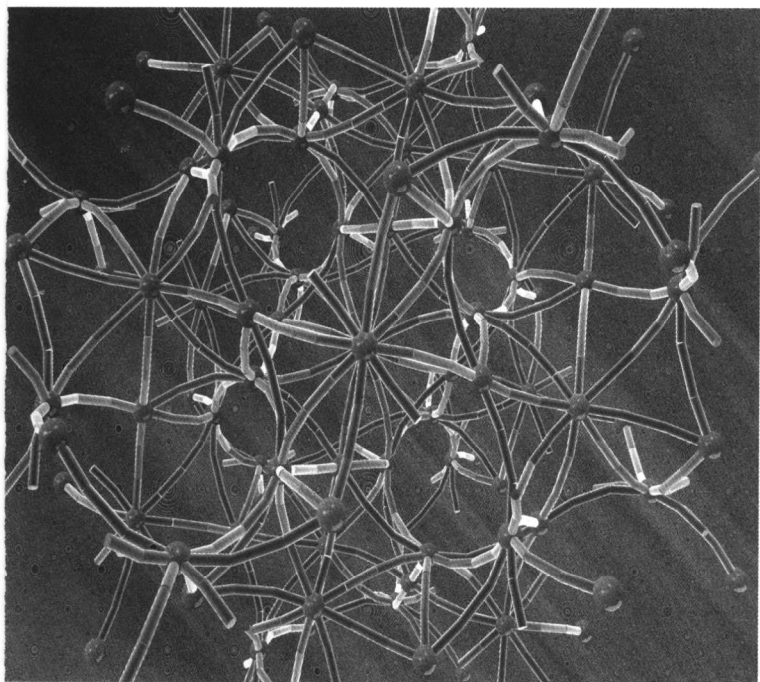
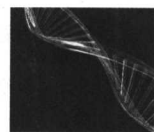


化学工业出版社
生物·医药出版分社

新型

纺织酶制剂 的发酵与应用

The Novel Enzymes
in Textile Industry
Fermentation and Application



◎ 陈坚 华兆哲 堵国成 著



化学工业出版社

生物·医药出版分社

·北京·

酶制剂在纺织中的应用历史不长,但因其处理效果好、技术环保等特点,得到了很快的发展,目前已经在工业上得到广泛应用。

本书选择了五种在国际纺织行业中处于应用和研究热点的新型纺织酶制剂,包括主要用于棉织物的染整前处理的碱性果胶酶、过氧化氢酶、PVA 降解酶,用于纤维改性和染整前处理的角质酶,用于羊毛织物处理的谷氨酰胺转胺酶。本书在借鉴了国内外纺织用酶制剂研究和应用最新研究成果的基础上,结合作者所承担的国家和省部级科研项目研究实例对纺织用酶制剂的研究进展情况、发酵生产技术和应用方法进行了详细论述。因此,本书的先进性、新颖性和实用性突出。

本书适合于从事纺织酶制剂等生物产品开发、生产的研究人员和工程技术人员,以及纺织、生物工程相关专业的师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

新型纺织酶制剂的发酵与应用/陈坚,华兆哲,堵国成
著. —北京:化学工业出版社,2007.7

ISBN 978-7-122-00791-9

I. 新… II. ①陈…②华…③堵… III. 纺织-酶制剂-
发酵-研究 IV. TS103.84

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 107452 号

责任编辑:孟 嘉 郎红旗

装帧设计:潘 峰

责任校对:陶燕华

出版发行:化学工业出版社 生物·医药出版分社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 510 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00 元

版权所有 违者必究

前言

纺织工业是我国的传统产业和支柱产业,在国内生产总值和外贸出口总值中占有重要比例。2005年,我国纺织工业总产值占国民生产总值的11%,是一个对国民经济有突出贡献的制造行业。中国加入WTO之后,虽然有媒体称“我国纺织工业是唯一保持进攻态势的行业”,但我国纺织工业总体存在产业集中度不高、工艺技术装备落后和资源利用率低等问题。特别值得注意的是,纺织业是产生污染非常严重的工业,尤其是在印染加工过程中,传统工艺耗费大量的水和化学品,不仅耗费资源,同时造成环境污染并破坏生态平衡。这对我国实施可持续发展战略极为不利。

酶制剂在纺织中的应用历史不长,但发展很快,早期以淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶等为代表,主要用于织物的退浆、牛仔布整理和真丝脱胶等,目前已经在工业上得到广泛应用。近年来,开发新型高效酶制剂群用于染整前处理、布料整理、棉织物漂白和麻毛织物处理在国际上形成了新的研究热潮。典型的代表是在染整过程中用酶处理工艺替代传统的化学处理工艺,其优点包括:①显著降低水耗、能耗,废水量显著减少并且容易处理;②节省染料并获得更稳定的染色效果;③织物的柔软度更好、强度更高;④操作更加安全和简便;⑤由于用量少,在使用成本上也具有竞争力。随着绿色环保意识与要求的不断加强,在未来的纺织加工业中,高效生物催化剂——酶必将有其更广阔的发展空间与更积极的发展前景。因此,绿色纺织,“酶”力无限。

本书在借鉴了国内外纺织用酶制剂研究和应用最新研究成果的基础上,结合研究实例对纺织用酶制剂的研究进展情况、发酵生产技术和应用方法进行了详细论述。在本书选择的五种新型纺织酶制剂中,碱性果胶酶、过氧化氢酶、PVA降解酶主要用于棉织物的染整前处理,角质酶用于纤维改性和染整前处理,谷氨酰胺转氨酶则用于羊毛织物处理。这些酶制剂的应用可以有效减少化学物质对环境的冲击。这五种物质中,有些产品国外已经实现了工业化生产,有些产品即使是国外也正处于研究之中。

近5年,本书作者承担了包括国家“863”计划、国家自然科学基金、教育部科学技术研究(重点)、江苏省高技术人才等8项国家和省部级科研项目,以实现这五种新型酶制剂的工业化生产与应用为最终目的,在实验室和工业规模进行了系统深入的研究。因此,本书的选材主要取自于本研究室近五年来完成的18本博士、硕士学位论文和本研究室在国内外期刊上发表的研究论文,最主要的特点是前沿性、新颖性和应用性强。作者希望,通过阅读本书,读者能够了解纺织酶制剂的生产和应用趋势;也希望本书所蕴含的研究思想与技术方法对同类研究与应用起到重要的借鉴意义。本书可作为高校生物工程和纺织工程专业相关课程的参考书,也可供从事发酵和纺织生产的企业专业技术人员参考。

本书中部分章节内容来源于本研究室近年来研究生的学位论文,这些研究生分别为王强、诸葛斌(第2章),燕国梁(第3章),张颖(第4章),崔莉(第6章)。作者特

别感谢中国工程院院士、江南大学（原无锡轻工大学）生物工程学院伦世仪教授的鼓励和指导，感谢所在研究室的博士、硕士研究生给予的帮助，感谢化学工业出版社的大力支持。

尽管作者力图在本书中注重结合理论性和实践性、突出系统性和科学性、体现前沿性和创新性，但限于作者的学术功底、研究经验和写作能力，书中定有不少错误。若蒙赐教，不胜感激！

作者
2007 年 8 月

生物技术可供图书书目

书 名	作 者	出版时间	开本	装订	单价(元)
新型纺织酶制剂的发酵与应用	陈坚 华兆哲 堵国成 著	2007	16	平	59.00
药食用真菌生物技术	陶文沂 等编	2007	小 16	平	30.00
生物信息学算法导论	N. C. 琼斯 P. A. 帕夫纳 著 王翼飞 等译	2007	B5	平	39.00
生物信息学——智能化算法及其应用(现代生物技术丛书)	王翼飞 史定华 主编	2007	16	平	35.00
生物实验室系列——人肿瘤细胞培养	R. 弗雷纳, R. I. 弗雷谢尼, 章静波译	2006	小 16	平	49.00
生物实验室系列——PCR 技术实验指南(原著第 2 版)	C. W. 迪芬巴赫等编 种康等译	2006	16	平	75.00
生物实验室系列——分子生物学与蛋白质化学实验方法	茹炳根等	2006	16	平	25.00
生物实验室系列——生物安全实验室建设	俞咏霆	2006	小 16	平	49.00
生物实验室系列——植物分子生物技术应用手册	彭学贤	2006	16	平	49.00
生物实验室系列——小鼠胚胎操作实验手册	[美]安德拉斯·纳吉等 著	2006	小 16	平	90.00
生物实验室系列——医学微生物学实验技术	管远志 王艾琳 等	2006	小 16	平	69.00
生物实验室系列——DNA 分子标记技术在植物研究中的应用	周延清	2005	小 16	平	39.00
生物实验室系列——分子生物学实验参考手册	[美]简·罗斯凯姆斯、 琳达·罗杰斯 编	2005	小 16	平	28.00
生物实验室系列——生物安全柜应用指南(原理、使用和验证)	李劲松	2005	小 16	平	30.00
生物实验室系列——流式细胞术原理与科研应用简明手册	[瑞士]瑞菲尔·努纳兹 (Rafael Nunez) 著	2005	小 16	平	18.00
生物实验室系列——PCR 最新技术原理、方法及应用	黄留玉 主编	2005	16	平	60.00
生物实验室系列——RNAi(基因沉默指南)	陈忠斌	2004	16	平	78.00
生物实验室系列——转基因动物技术手册	劳为德	2004	16	平	75.00
生物实验室系列——现代生物科学仪器分析入门	徐金森 编著	2005 重印	16	平	28.00
生物实验室系列——拟南芥实验手册	Detlef Weigel, Jane Glazebrook	2004	16	平	50.00

续表

书 名	作 者	出版时间	开本	装订	单价(元)
生物实验室系列——生物化学实验技术	何忠效 主编	2005 重印	16	平	60.00
生物实验室系列——发酵工程实验技术	陈坚 等	2004 重印	16	平	56.00
现代生物技术丛书——生物传感器	张先恩	2006	16	平	59.00
现代生物技术丛书——生物芯片技术	陈忠斌	2005	16	平	76.00
现代生物技术丛书——生物制药技术	朱宝泉	2004	16	平	60.00
现代生物技术丛书——生物工程下游技术(第二版)	刘国詮	2003 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——农业生物工程(第二版)	莽克强	2004	16	平	40.00
现代生物技术丛书——微生物工程	焦瑞身	2003	16	平	78.00
现代生物技术丛书——动物细胞工程	徐永华	2005 重印	16	平	35.00
现代生物技术丛书——植物细胞工程	朱至清	2005 重印	16	平	30.00
现代生物技术丛书——蛋白质工程	王大成	2003 重印	16	平	36.00
现代生物技术丛书——基因工程	陈永青 陆德如	2003 重印	16	平	30.00
现代生物技术丛书——环境生物工程	伦世仪	2002 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——酶工程	罗贵民	2004 重印	16	平	50.00
现代生物技术丛书——生物技术与疾病诊断	卢圣栋	2003 重印	16	平	25.00
现代生物技术丛书——组织工程	杨志明	2003 重印	16	平	48.00
纳米生物技术丛书——纳米药理学	张阳德	2006 重印	小 16	平	45.00
纳米生物技术丛书——纳米分析化学及分子生物学	张阳德	2005 重印	小 16	平	29.00
纳米生物技术丛书——纳米生物材料科学	张阳德	2005	小 16	平	32.00
实用生物技术丛书——非热杀菌技术与应用	李汴生 阮 征	2004	16	平	35.00
实用生物技术丛书——基因克隆技术在制药中的应用	杨汝德	2004	16	平	45.00

续表

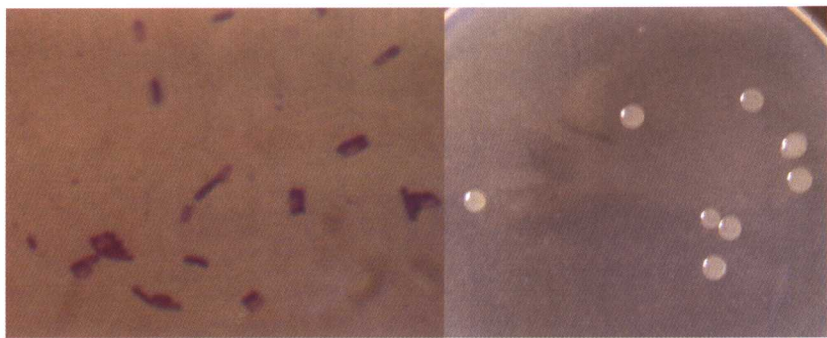
书 名	作 者	出版时间	开本	装订	单价(元)
实用生物技术丛书——细胞融合技术与应用	罗立新	2004	16	平	25.00
现代植物科学系列——植物组织培养导论	[印度]M. K. 拉兹丹 编著 肖尊安 译	2006	16	平	45.00
动物细胞培养工程	张元兴	2007	16	平	39.00
生物信息学与功能基因组学(译著)	孙之荣	2006	16	平	95.00
现代应用生物技术	杨生玉等	2004	16	精	98.00
生物医学传感器与检测技术	杨玉星	2005	16	平	36.00
制药生物技术(原著第二版)	D. A. Crom melin, D. Sind elar, 吉爱国等译	2005	16	平	49.00
人胚胎干细胞——科学和治疗潜力概论	A. A. 基斯林, S. C. 安德森 著 章静波等译	2005	16	平	29.00
疾病蛋白质组学	陈主初 肖志强	2005	16	平	58.00
感染性疾病免疫学	S. H. E. 考夫曼 等 朱立平译	2005	16	平	86.00
医用分子生物学	杨吉成 陈子兴	2005 重印	16	平	58.00
病毒感染的分子生物学	李琦涵	2004	小 16	平	48.00
医用基因工程	杨吉成 缪竞诚 等	2003 重印	16	平	35.00
微生物药理学	陈代杰	2004 重印	16	精	90.00
药物生物信息学(配光盘)	郑珩 王非	2004	16	平	45.00
农业生物技术系列——草坪草生物技术与应用	林忠平	2006	小 16	平	30.00
农业生物技术系列——微生物农药研发与应用	周斌 喻子牛等	2006	小 16	平	38.00
农业生物技术系列——现代生物技术与畜禽疾病防治	陈溥言	2005	小 16	平	32.00
农业生物技术系列——新型蛋白质饲料开发与利用	计成	2006	小 16	平	27.00
农业生物技术系列——新型饲料添加剂开发与利用	石波	2005	16	平	30.00
农业生物技术系列——植物检疫方法与技术	洪霓	2006	16	平	39.00
生物实验室系列——植物分子生物技术应用手册	彭学贤	2006	16	平	估价 50.00
植物生物技术导论	HS. 查拉夫 编著	2005	16	平	68.00
植物生物技术	肖尊安	2005	16	平	38.00
药用植物大规模组织培养	高文远 贾伟	2005	小 16	平	48.00

续表

书 名	作 者	出版时间	开本	装订	单价(元)
植物生物活性物质	唐传核	2005	16	精	58.00
植物细胞培养工程	元英进	2004	小 16	平	38.00
植物化学成分	陈业高	2004	16	平	40.00
植物组织培养与工厂化育苗	崔德才 徐培文	2004 重印	大 32	平	28.00
中国生物技术产业发展报告(2005)	中国生物工程学会	2006	大 16	平	98.00
中国生物技术产业发展报告(2004)	中国生物工程学会	2005	大 16	平	80.00
中国生物技术产业发展报告(2003)	中国生物工程学会	2004	大 16	平	60.00
中国生物技术产业发展报告(2002)	中国生物工程学会	2004 重印	大 16	平	45.00
生物技术投资必读——如何投资生物技术与生命科学板块	唐马克 著	2005	大 32	平	28.00
海绵形态学辞典	[法]尼古拉·伯雷-伊斯奈尔特	2003 重印	大 32	平	15.00
汉英生物技术词汇	安利佳 包永明	2003	32	精	60.00
英汉生物技术词汇	安利佳	2003 重印	大 32	精	68.00

邮购电话/传真: 010-64518888 或 010-64518899 E-mail: yougou@cip.com.cn

如果您需要了解更多信息, 欢迎登录我社网站: www.cip.com.cn



(a) 1600 ×

(b) 菌落形态

图 2-5 菌株WSHB04-02的革兰染色照片（1600×）和菌落形态

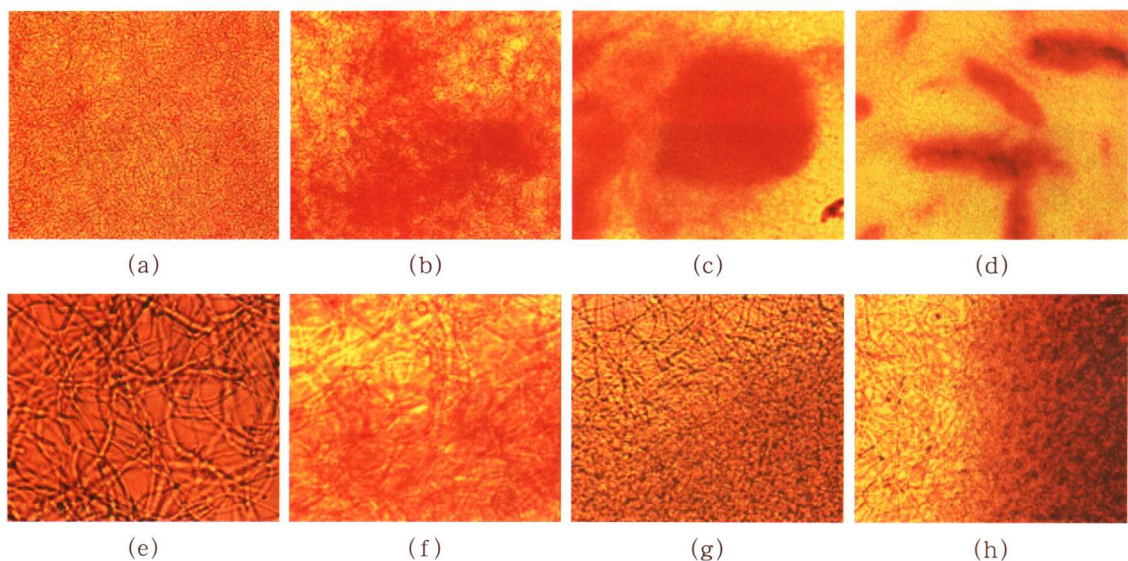


图 3-13 5L罐中不同培养时期的菌体形态

(a) 低倍, 24h; (b) 低倍, 52h; (c) 低倍, 88h; (d) 低倍, 88h;
(e) 高倍, 24h; (f) 高倍, 52h; (g) 高倍, 72h; (h) 高倍, 88h

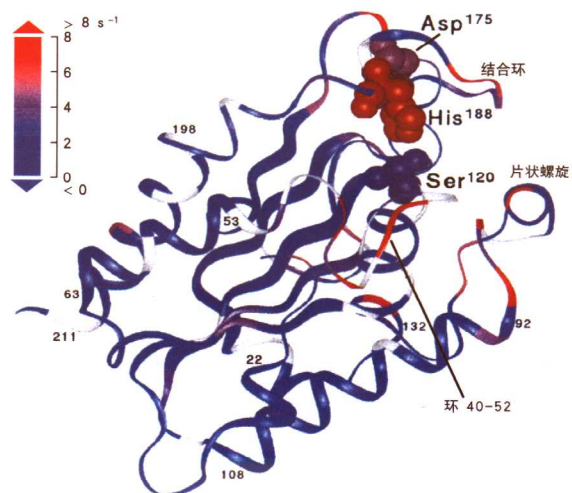
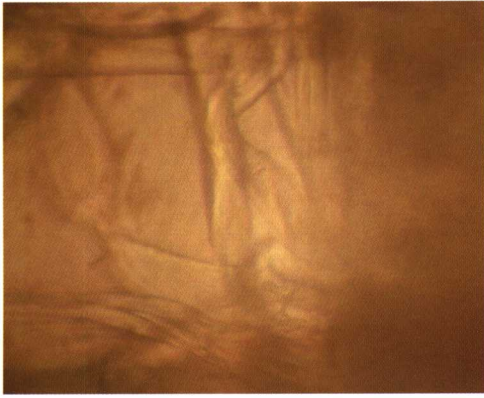
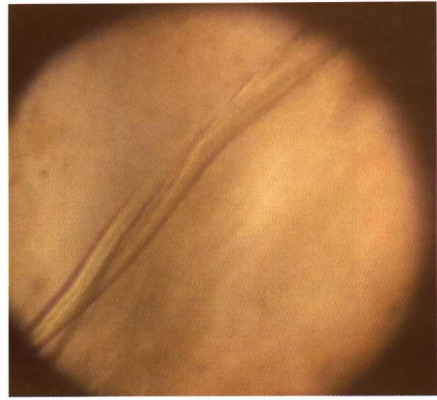


图 4-2 角质酶的三维结构



(a) 未经处理的棉布

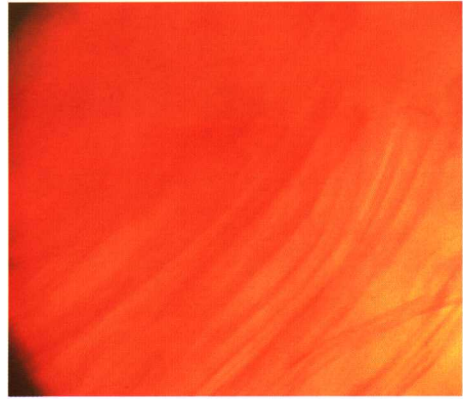


(b) 经过角质酶处理后的棉布

图 4-53 棉纤维表层在角质酶处理前后的变化 (高倍镜下)



(a) 未经处理的棉布



(b) 经过角质酶处理后的棉布

图 4-54 棉纤维表层在角质酶处理前后着色程度的变化 (高倍镜下)

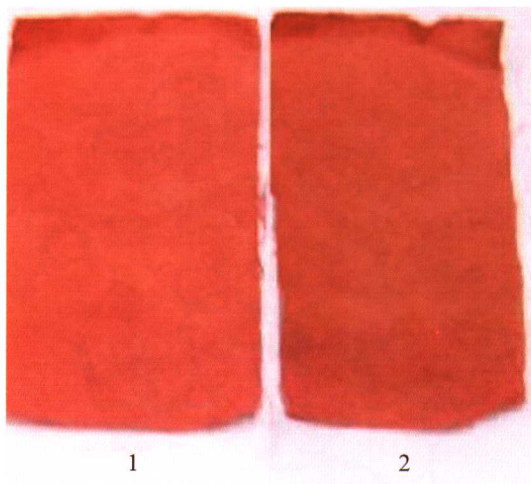


图 4-55 棉纤维在角质酶及角质酶与果胶酶协同处理时着色度的对比
1-经角质酶处理的棉布；2-经过角质酶和果胶酶协同处理的棉布

目 录

第 1 章 酶制剂与纺织工业	1
1.1 纺织工业应用酶制剂的历史和现状	1
1.1.1 酶在纺织工业中的应用	1
1.1.2 棉织物酶精练	2
1.1.3 生物沤麻脱胶	7
1.1.4 羊毛纺织品酶处理	8
1.2 用于纺织工业酶制剂的种类和特点	9
1.2.1 总体情况	9
1.2.2 用于棉织物染整加工的酶制剂	11
1.2.3 代表性的酶加工工艺与传统工艺的比较	12
1.3 用于纺织工业酶制剂生产的主要发酵技术	13
1.3.1 分批发酵技术	13
1.3.2 流加发酵技术	15
1.3.3 高细胞密度发酵技术	21
1.3.4 基于代谢工程的发酵过程优化控制	26
1.4 纺织用酶制剂的发展趋势	30
1.4.1 纺织用酶制剂的国内外发展趋势	30
1.4.2 目前我国纺织工业存在的问题及酶在纺织工业中的应用前景	32
参考文献	33
 第 2 章 碱性果胶酶的发酵生产与应用	35
2.1 碱性果胶酶的研究概述	35
2.1.1 概述	35
2.1.2 国内外研究动态	38
2.1.3 存在问题和需要开展的研究	39
2.2 碱性果胶酶生产菌种的选育	40
2.2.1 产碱性果胶酶的菌株筛选	40
2.2.2 产碱性果胶酶菌株基于 16S rDNA 序列的系统发育分析	42
2.2.3 菌株 WSHB04-02 的形态特征与生理生化特征	42
2.3 碱性果胶酶基因工程菌的构建	44
2.3.1 碱性果胶裂解酶工程菌的初步构建	44
2.3.2 利用温控载体构建碱性果胶裂解酶工程菌	47
2.4 碱性果胶酶的发酵生产	50
2.4.1 碱性果胶酶的发酵条件研究	50

2.4.2	碱性果胶酶发酵过程的溶氧控制	58
2.4.3	发酵罐中增加初糖浓度或补加碳源对碱性果胶酶生产的影响	63
2.4.4	芽孢杆菌发酵法生产碱性果胶酶的中试研究	67
2.5	碱性果胶酶的酶学性质和分离提取	70
2.5.1	碱性果胶酶的测定方法和适宜温度、pH	70
2.5.2	碱性果胶酶应用与储藏稳定性的研究	74
2.5.3	碱性果胶酶的提取工艺研究	79
2.6	碱性果胶酶的作用机制和应用条件	80
2.6.1	棉织物碱性果胶酶精练吸附特性及吸附模型	80
2.6.2	棉织物碱性果胶酶精练酶解动力学研究	83
2.6.3	碱性果胶酶在棉织物精练中应用的工艺条件	86
2.6.4	预处理对碱性果胶酶精练的影响	96
	参考文献	103

第3章 碱性过氧化氢酶的发酵生产与应用 105

3.1	过氧化氢酶概述	105
3.1.1	过氧化氢酶的应用领域及其在纺织行业应用的意义	107
3.1.2	国内外研究动态	110
3.2	碱性过氧化氢酶的菌株筛选和鉴定	111
3.2.1	菌种的分离及活化	112
3.2.2	产酶菌株的筛选	113
3.2.3	菌株 F26 及 A6 的部分性质鉴定	113
3.3	嗜热子囊菌发酵生产碱性过氧化氢酶的条件及过程优化	118
3.3.1	嗜热子囊菌产过氧化氢酶摇瓶培养条件的研究	118
3.3.2	提高 <i>T. aurantiacus</i> WSH 03-01 产过氧化氢酶的几种策略	127
3.3.3	诱导剂促进嗜热子囊菌合成过氧化氢酶的研究	134
3.3.4	嗜热子囊菌合成过氧化氢酶在 7L 发酵罐上的分批发酵条件优化及放大研究	138
3.4	<i>Bacillus</i> sp. F26 和 <i>Alkalithermophile</i> A6 碱性过氧化氢酶的酶学性质和分离提取	148
3.4.1	碱性过氧化氢酶的酶学性质	148
3.4.2	碱性过氧化氢酶的分离提取	162
3.5	碱性过氧化氢酶的应用	165
3.5.1	过氧化氢酶粗酶液去除 H_2O_2 的应用实验	165
3.5.2	粗酶去除染整工艺中 H_2O_2 的应用效果	166
3.5.3	过氧化氢酶在纺织生产中的实际应用实验	167
	参考文献	169

第4章 角质酶的发酵法生产 171

4.1	概述	171
-----	----	-----

4.1.1	研究背景	171
4.1.2	国内外研究动态	174
4.1.3	角质酶在纺织工业中的应用研究	175
4.2	嗜热放线菌 <i>T. fusca</i> WSH03-11 产角质酶的研究	176
4.2.1	嗜热放线菌培养条件及合成角质酶摇瓶发酵条件研究	176
4.2.2	不同种类角质及促进剂对 <i>T. fusca</i> WSH03-11 合成角质酶的影响	183
4.3	嗜热放线菌 <i>T. fusca</i> WSH03-11 突变株产角质酶的研究	189
4.3.1	产角质酶的 <i>T. fusca</i> 诱变及角质酶高产菌株的选育	189
4.3.2	<i>T. fusca</i> 突变株产角质酶摇瓶发酵条件的优化	191
4.3.3	2.5L 罐中 <i>T. fusca</i> 突变株产角质酶发酵条件优化	196
4.4	角质酶在生物煮练中的应用研究	200
4.4.1	酶最适反应温度和热稳定性的研究	200
4.4.2	酶最适反应 pH 和 pH 稳定性的研究	201
4.4.3	金属离子对酶活性的影响	202
4.4.4	角质酶在生物煮练中的应用研究	202
	参考文献	204

第 5 章 微生物产聚乙烯醇降解酶的研究

5.1	概述	207
5.1.1	聚乙烯醇在纺织工业中的应用及存在的问题	207
5.1.2	聚乙烯醇生物降解国内外研究现状	208
5.2	青霉菌产聚乙烯醇降解酶及退浆应用研究	214
5.2.1	青霉菌的筛选、鉴定及特性研究	214
5.2.2	青霉菌 <i>Penicillium</i> sp. WSH02-21 产聚乙烯醇降解酶摇瓶发酵条件研究	218
5.2.3	青霉菌 <i>Penicillium</i> sp. WSH02-21 产聚乙烯醇降解酶的粗酶性质及酶法退浆小试研究	226
5.3	紫色杆菌产聚乙烯醇降解酶及退浆应用研究	230
5.3.1	紫色杆菌的筛选及鉴定	230
5.3.2	紫色杆菌 <i>Janthinobacterium</i> sp. WSH04-01 产 PVA 降解酶摇瓶发酵条件的研究	236
5.3.3	紫色杆菌 <i>Janthinobacterium</i> sp. WSH04-01 产 PVA 降解酶的粗酶性质及酶法退浆实验	243
5.4	降解聚乙烯醇的混合微生物降解聚乙烯醇的过程分析	246
5.4.1	混合体系降解聚乙烯醇的特性研究	247
5.4.2	混合体系降解聚乙烯醇 1799 过程研究	249
5.4.3	混合体系降解聚乙烯醇的模式探讨	254
	参考文献	254

第 6 章 谷氨酰胺转胺酶的发酵生产和应用

6.1 绪论	257
6.1.1 谷氨酰胺转氨酶概述	257
6.1.2 谷氨酰胺转氨酶的功能性质	257
6.1.3 谷氨酰胺转氨酶的应用	258
6.1.4 谷氨酰胺转氨酶的生产	259
6.2 茂原链轮丝菌发酵生产谷氨酰胺转氨酶	260
6.2.1 茂原链轮丝菌产谷氨酰胺转氨酶摇瓶发酵条件的研究	260
6.2.2 谷氨酰胺转氨酶分批发酵的 pH 值及温度控制策略	265
6.2.3 搅拌及溶氧浓度对谷氨酰胺转氨酶发酵过程的影响	273
6.2.4 茂原链轮丝菌的菌丝球形态与产酶之间的关系	282
6.2.5 茂原链轮丝菌发酵法生产谷氨酰胺转氨酶的中试研究	292
6.3 吸水链霉菌 WSH03-13 发酵生产谷氨酰胺转氨酶	299
6.3.1 产谷氨酰胺转氨酶的吸水链霉菌的筛选	299
6.3.2 吸水链霉菌 WSH03-13 产谷氨酰胺转氨酶的摇瓶条件研究	303
6.3.3 吸水链霉菌 WSH03-13 产谷氨酰胺转氨酶发酵过程的优化和放大	307
6.3.4 添加羟胺诱导吸水链霉菌 WSH03-13 产谷氨酰胺转氨酶的策略	312
6.3.5 吸水链霉菌 WSH03-13 发酵产谷氨酰胺转氨酶过程中蛋白酶影响及 控制	316
6.3.6 超滤法浓缩吸水链霉菌 WSH03-13 产谷氨酰胺转氨酶的影响因素研究	321
6.3.7 吸水链霉菌 WSH03-13 产谷氨酰胺转氨酶制备过程中蛋白酶抑制的研究	324
6.4 谷氨酰胺转氨酶改善羊毛织物性能的研究	327
6.4.1 谷氨酰胺转氨酶改善羊毛织物性能的实验方法	328
6.4.2 预处理在谷氨酰胺转氨酶改善羊毛织物性能中的作用	329
6.4.3 谷氨酰胺转氨酶改善羊毛织物染色性能的研究	334
参考文献	338

第 1 章

酶制剂与纺织工业

1.1 纺织工业应用酶制剂的历史和现况

1.1.1 酶在纺织工业中的应用

纺织工业是我国的传统优势产业，在国内生产总值和出口创汇中占有重要比例。以 2005 年为例，我国纺织工业总产值达到 20470.59 亿元（约占国内生产总值的 11%），实现利润 689.72 亿元。其中，纺织品及服装出口创汇达 1175.35 亿美元，占全国外贸出口总值的 15.42% 和世界纺织品贸易总额的 24%，贸易顺差占全国的 98.58%，对国民经济的影响力系数达到 1.25，是一个对国民经济有着突出贡献且在新时期依然具有支柱性地位的传统制造行业。但众所周知，纺织业也是环境污染非常严重的行业，尤其是在印染加工过程中，传统加工耗费大量的水和化学品，不仅耗费资源，同时造成严重的环境污染，破坏了生态平衡，这对我国实施可持续发展战略是极为不利的。

当今社会，保护人类生存环境的呼声日益高涨，各国制定的环境政策和法规日益严格，使需要耗费大量化学品和水资源且会产生大量污染的纺织印染行业面临巨大挑战，大力发展环保型的新产品和新技术具有十分重要的现实意义。采用生物技术，特别是生物酶制剂替代传统化学法加工，顺应了绿色生产加工和可持续发展的要求，以其在改进染整加工工艺、节约能耗、减少环境污染、提高产品质量、增加附加值等方面所具有的独特优势，为越来越多的纺织染整工作者所认可，其在纺织工业中的应用领域正不断扩大并向纵深发展，目前已在纤维改性，原麻（苧麻、亚麻、红麻）脱胶，印染前处理（退浆、精练、漂后除氧、真丝脱胶等）和纺织印染废水处理以及服装的成衣加工等方面广泛应用。同时，现代生物工程技术的发展亦为酶的进一步应用提供了可能。目前，已发现的酶品种通常认为已达三四千种，而实际得到应用开发的酶制剂只有 150 多种，而得到规模化生产和应用的仅限于淀粉酶、蛋白酶、果胶酶、脂肪酶、纤维素酶等 10 多个品种，且大部分是水解酶类。

酶在纺织工业中的应用在我国具有悠久的历史。早在 3000 多年前我国就已出现以微生物发酵进行麻类纤维生产的沤麻技术。胰酶的真丝脱胶在唐代就已经形成了基本固定的工艺，比国外的同类研究至少早了 1200 年。

淀粉酶是最早实现工业化生产的一种酶制剂，也是纺织工业中最早进行工业化应用的酶制剂之一。生物酶在纺织加工中的工业化应用大约始于 1857 年，当初是使用麦芽提取物（麦芽淀粉酶）来去除印花前织物上的浆料。20 世纪初，日本和欧洲开始采用

米曲霉产淀粉酶和麦芽淀粉酶进行织物的退浆。1935 年, 枯草杆菌淀粉酶的成功开发促使淀粉酶开始大规模的工业化应用。我国 20 世纪 60 年代自行开发的 BF-7658 淀粉酶(芽孢杆菌产生的 α -淀粉酶)就在相当长一段时间获得应用推广。近些年来随着以聚乙烯醇(简称 PVA)为代表的合成浆料的兴起, 酶退浆工艺受到一定程度的限制, 应用不如以前普遍, 但由于性能优异的高温淀粉酶的开发成功以及 PVA 因环境污染大(难以生物降解)而逐渐被高性能变性淀粉浆料所部分甚至完全替代, 淀粉酶退浆工艺将重新受到人们的重视。同时, 随着今后 PVA 降解酶的研制成功, 即使上浆中仍采用 PVA, 酶退浆工艺也将显示出优于传统工艺的良好综合效益。

20 世纪 90 年代以前, 酶在纺织上的工业化应用仅局限在淀粉酶退浆和真丝脱胶等少数加工, 从世界范围看也基本如此。然而, 20 世纪 90 年代以后, 酶在纺织上的应用却如火如荼地在全球开展起来, 如牛仔布的酶洗(或称返旧整理)取代了传统的石磨洗, 氧漂生物净化加工替代了传统的大量漂后水洗处理, 真丝织物的酶法砂洗取代了化学法砂洗, 以果胶酶为主体的棉织物酶精练加工开始出现并得到快速发展, 生物抛光整理赋予棉织物传统化学加工无法获得的良好品质等。纺织酶加工技术已经成为工业用酶制剂发展最快的领域之一, 而酶工程的发展、纺织绿色加工要求的提高以及对更高的产品品质的追求无疑是上述酶加工技术发展的巨大推动力。

纺织染整加工中应用的酶品种不多, 根据纺织加工的特点和要求, 目前主要是淀粉酶、纤维素酶、蛋白酶等水解酶, 近年来氧化还原酶和裂解酶也开始有所应用。其中, 棉机织物的淀粉酶退浆、牛仔服装的纤维素酶和漆酶返旧整理、丝织物的蛋白酶脱胶、棉针织物漂后过氧化氢酶去除双氧水、羊毛制品的蛋白酶防毡缩整理已实现了工业化生产。酶在染整加工中的作用和加工目的如表 1-1 所示。

表 1-1 酶在染整加工中的作用和加工目的

酶的作用和作用对象			酶的种类	应用范围	加工目的
作用于非纤维	去除杂质	果胶 天然色素 油脂 丝胶	果胶酶 葡萄糖氧化酶 脂肪酶 蛋白酶	精练 漂白 精练 精练	去除棉麻纤维中的果胶等杂质 去除棉纤维中的色素 去除蚕丝、羊毛纤维中的油脂 去除蚕丝纤维中的丝胶
	去除残留物	淀粉 过氧化氢 多糖类	淀粉酶 过氧化氢酶 甘露聚糖酶、纤维素酶、淀粉酶	退浆 去除过氧化氢 印花糊料退浆	去除经纱上的淀粉浆料 去除氧漂后残留的过氧化氢 去除印花后的糊料
作用于纤维	物理和化学性能变化	棉、麻纤维 羊毛 天然纤维	纤维素酶 角蛋白酶、蛋白酶 蛋白酶、纤维素酶	柔软、抛光加工 防毡缩 酶改性	分解纤维, 改善手感和风格 分解软化羊毛上的鳞片 改善染色性, 去除织物上纤维绒毛, 增加光泽
	表面变化	Lyocell 纤维 天然纤维素纤维	纤维素酶 纤维素酶、漆酶	桃皮绒加工 生物酶洗	分解纤维, 产生细绒毛 牛仔布脱色, 改善风格

1.1.2 棉织物酶精练

棉织物具有优良的服用性能, 在纺织面料中占有重要比例, 也是我国最重要的纺织出口产品, 其加工量已达到整个纺织品加工量的 60% 以上。但棉纤维上存在 6% 左右的