



TIANRAN GAOFENZIJI XINCAILIAO CONGSHU

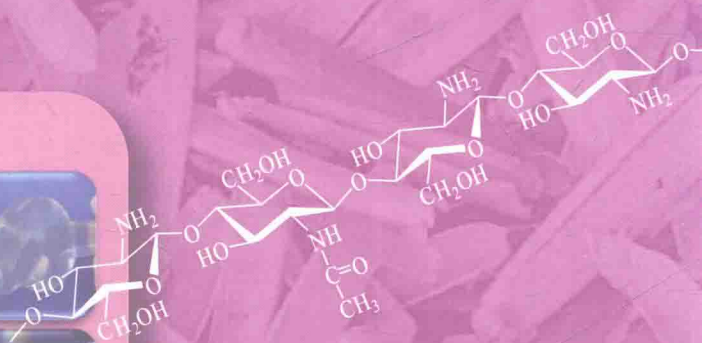
《天然高分子基新材料》丛书

张俐娜 总主编 邵正中 总副主编

“十二五”国家重点图书

甲壳素/壳聚糖材料 及应用

施晓文 邓红兵 杜予民 编著



化学工业出版社

TIANRAN GAOFENZIJI XINCAILIAO CONGSHU

《天然高分子基新材料》丛书



张俐娜 总主编 邵正中 总副主编

“十二五”国家重点图书

甲壳素/壳聚糖材料 及应用



施晓文 邓红兵 杜予民 编著



化学工业出版社

·北京·

本书为《天然高分子基新材料》丛书之一。甲壳素/壳聚糖是自然界中唯一大量存在的含氮碱性多糖,具有显著的物理、化学和生物学特性,在生物医药、环境保护、功能材料、食品、农业、日用品等领域有广泛的应用。本书在整合国内外甲壳素/壳聚糖最新研究成果的基础上,重点介绍了甲壳素/壳聚糖的来源、分子结构、基本性质、改性方法、不同形态材料的制备及其在食品工业、生物医药材料、农业、化妆品、纺织及环境等方面的应用。

该书既叙述了一些在甲壳素/壳聚糖结构和性质研究方面的新进展,也介绍了一些甲壳素/壳聚糖在材料应用领域的最新成果和发展趋势,不仅适合作为天然高分子、材料科学、环境科学与工程、生物医药、食品和农业专业师生的学习和教学用书,而且可以作为从事多糖研究开发人员的科技参考书。

图书在版编目(CIP)数据

甲壳素/壳聚糖材料及应用/施晓文,邓红兵,
杜予民编著. —北京:化学工业出版社,2015.9

(《天然高分子基新材料》丛书.张俐娜总主编)

“十二五”国家重点图书

ISBN 978-7-122-24155-9

I. ①甲… II. ①施…②邓…③杜… III. ①甲
壳素-壳聚糖-材料-应用研究 IV. ①Q539

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第115179号

责任编辑:翁靖一 仇志刚
责任校对:边 涛

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:北京画中画印刷有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张24 字数506千字 2015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:150.00元

版权所有 违者必究

《天然高分子基新材料》丛书编委会

编委会主任：张俐娜 中国科学院院士，武汉大学教授

编委会副主任：邵正中 复旦大学教授，长江学者特聘教授

周伟斌 化学工业出版社社长

委员（按姓氏汉语拼音排序）：

蔡 杰 武汉大学教授

陈国强 清华大学教授，长江学者特聘教授，国家“973”项目首席科学家

陈 云 武汉大学教授

杜予民 武汉大学教授

付时雨 华南理工大学教授，珠江学者特聘教授

黄 进 武汉理工大学教授，教育部新世纪优秀人才

任 杰 同济大学教授，教育部新世纪优秀人才

邵正中 复旦大学教授，长江学者特聘教授，国家杰出青年科学基金获得者

汪秀丽 四川大学教授，教育部新世纪优秀人才

王玉忠 四川大学教授，长江学者特聘教授，国家杰出青年科学基金获得者

张洪斌 上海交通大学教授

张立群 北京化工大学教授，长江学者特聘教授，国家“973”项目首席科学家

张俐娜 中国科学院院士，武汉大学教授

周伟斌 化学工业出版社社长

《天然高分子基新材料》丛书编著人员

丛书总主编：张俐娜

丛书总副主编：邵正中

分册编著人员：

- | | |
|----------------|------------------|
| 《纤维素科学与材料》 | 蔡杰 吕昂 周金平 张俐娜 编著 |
| 《蚕丝、蜘蛛丝及其丝蛋白》 | 邵正中 著 |
| 《甲壳素/壳聚糖材料及应用》 | 施晓文 邓红兵 杜予民 编著 |
| 《木质素化学及改性材料》 | 黄进 付时雨 编著 |
| 《大豆蛋白质科学与材料》 | 陈云 王念贵 编著 |
| 《淀粉基新材料》 | 王玉忠 汪秀丽 宋飞 编著 |
| 《多糖及其改性材料》 | 张洪斌 编著 |
| 《天然橡胶及生物基弹性体》 | 张立群 编著 |
| 《聚乳酸》 | 任杰 李建波 编著 |
| 《微生物聚羟基脂肪酸酯》 | 陈国强 魏岱旭 编著 |

生物经济是建立在生物资源可持续利用和生物技术基础之上，而不完全依赖于化石资源的一种新经济形态。它的创建正在挑战并推动着传统工业、农业、林业等产业的发展，引起了工业界、学术界和政府的高度关注和协力应对，以形成新的资源配置和利用。在材料科学领域，基于“可持续发展”和“环境保护”两方面的考虑，利用可再生的生物质创造新材料同样面临着重要的发展机遇。显然，这是由于化石资源的日益枯竭及其产品对环境造成不同程度的污染所致。

在可再生的生物质中，天然高分子占据非常重要的地位。天然高分子是一类来源于自然界广泛存在的动物、植物以及微生物中的大分子有机物质，主要包括多糖（如纤维素、甲壳素/壳聚糖、淀粉、透明质酸等）、蛋白质（植物蛋白如大豆蛋白，动物蛋白如蚕丝、各类酶等）以及木质素、天然橡胶、天然聚酯等。它们是自然界赋予人类最重要的物质资源和宝贵财富。天然高分子，可以被直接利用及通过化学或物理方法构建成新的功能材料，也可以制备成各种化工原料、生化品、低聚物及生物柴油等。广义的天然高分子还包括天然高分子衍生物以及用天然有机物质作为原料通过生物合成、化学合成或复合而形成的各种高分子材料（如聚乳酸、聚羟基脂肪酸酯、生物基弹性体等）。天然高分子材料废弃后很容易被土壤中的微生物降解和无害化处理，是典型的环境友好材料。

当前，化学科学发展的趋势之一是致力于解决人类社会中的环境问题并促进世界的可持续发展。近年来，科学界和工业界正在积极关注建立环境友好的技术和方法及基于天然高分子的“绿色”产品和材料的研究与开发。很多全球性大公司对于生物质材料、生物燃料及相关的加工技术都制订了高瞻远瞩的发展计划，尤其瞄准天然高分子基新材料在生物医药、纺织、包装、运输、建筑、日用品，乃至光电子器件等诸多领域的应用前景。美国能源部(DOE)



预计，在2020年源于植物生产的基本化学结构材料将增加到10%，而在2050年将达到50%。可见，天然高分子基新材料领域的研究及应用正在蓬勃展开，它们必然带动农业、绿色化学、生物医学、可生物降解材料以及纳米技术、生物技术、分子组装等多学科的发展，终将对人类的生存与健康和世界经济发展起不可估量的作用。

顺应于天然高分子科学与技术的发展，迫切需要该领域的科技工作者对这些生物质大分子及其改性材料的基本概念、基础理论、实验技术、应用前景以及学科的发展历史和最新研究成果有足够的了解和认识，因此亟须有套权威丛书来系统介绍它们。同时，为了培养一大批从事天然高分子材料科学与技术的科技人才，极力促进各相关知识领域及其应用产业链间资源与信息的整合，也急需一套全面、系统介绍天然高分子材料与应用的专著供大家参考。为此，我受化学工业出版社邀请，专门组织我国长期从事天然高分子研究的老、中、青年专家、教授共同编写了《天然高分子基新材料》丛书（共10册）。该丛书包括《纤维素科学与材料》、《蚕丝、蜘蛛丝及其丝蛋白》、《甲壳素/壳聚糖材料及应用》、《木质素化学及改性材料》、《大豆蛋白质科学与材料》、《淀粉基新材料》、《多糖及其改性材料》、《天然橡胶及生物基弹性体》、《聚乳酸》和《微生物聚羟基脂肪酸酯》。我国可利用的生物质资源极其丰富，相关研究和产业化也取得了长足发展。尤其近几年，我国在纤维素低温溶解、天然高分子纺丝、丝蛋白和多糖结构功能解析、生物塑料和生物基弹性体等方面取得了一系列国际瞩目的研究成果。本套书以高质量、科学性、准确性、系统性和实用性为目标，图文并茂、深入浅出地表述，具有科普性强，内容新颖、丰富的特点；不仅全面介绍了许多重要天然高分子材料的基本概念、基础理论、实验技术以及最新研究进展和发展趋势，也反映了所有编著者在各自领域的研究成果和经验积累，涵盖了天然高分子基新材料基础研究和应用的诸多方面，便于读者拓展思路、开阔眼界。

历经近两年时间，这套《天然高分子基新材料》丛书即将问世。在此，我衷心地感谢杜予民教授（武汉大学）、邵正中教授（复旦大学）、陈国强教授（清华大学）、张立群教授（北京化工大学）、王玉忠教授（四川大学）、张洪斌教授（上海交通大学）、

任杰教授（同济大学）、陈云教授（武汉大学）、黄进教授（武汉理工大学）、蔡杰教授（武汉大学）等积极热心地参加并负责完成了书稿。同时，他们的很多研究生也参与了这项工作，并在文献查阅和翻译外文资料以及编写、制图等方面付出了艰辛的劳动。尤其，一些国内外知名专家如江明院士（复旦大学）、Gregory F Payne教授（美国马里兰大学）、张厚民教授（Hou-min Chang，美国北卡罗来纳州立大学）、谢富弘教授（Fu-hung Hsieh，美国密苏里大学哥伦比亚分校）、王彦峰教授（武汉大学中南医院）和杨光教授（华中科技大学）等热情地为这套书提出了一些宝贵的意见，在此一并表示感谢。最后，也感谢化学工业出版社为这套书的出版所做的一切努力。

资源、健康、环境与发展是人类关心的根本问题。我们期待本套书的出版对天然高分子基材料的创新和技术进步及国民经济的发展有积极的促进作用，进而有效地提升我国天然高分子研究的国际地位，推动整个学科的全新发展。我衷心地希望更多的教师、研究生、工程师、生物学家及高分子学家能参与到天然高分子基新材料的研究、开发及应用行列，共同推进人类社会的可持续发展，共建我们美丽的家园。

张训娜

中科院院士
武汉大学教授
2014年2月28日

21世纪,人类已进入大规模开发与利用海洋资源的新时期。我国是海洋大国,拥有丰富的海洋资源。提高海洋资源的开发能力,推动“蓝色”经济发展是我国重要的战略决策。海洋中有大量的动植物和微生物,它们加工后的废弃物或副产品富含纤维素、甲壳素、海藻酸钠、蛋白质等生物质大分子。海洋生物的多样性以及独特的生理代谢功能,使这些生物大分子为新型药物、功能食品、活性生化制品以及生物功能材料的开发提供了广阔、丰富的原料来源。

海洋生物资源中甲壳素是仅次于纤维素的第二大天然高分子多糖,它主要存在于虾、蟹的外壳。甲壳素是由2-乙酰氨基葡萄糖通过 β -1,4糖苷键连接而成的线型聚合物多糖,而壳聚糖是其脱2-乙酰基产物。甲壳素和壳聚糖都具有优异的生物相容性、生物降解性、生物黏附性、促渗透性与抗菌性等独特生理功能以及对无机物、有机物的吸附作用,因此是生物医用材料及其他功能材料的理想原料,同时它们的衍生物产品将在医药、纺织、食品、化妆品、农业及水处理等领域具有广泛的应用前景。目前,甲壳素科学已成为化学、生物学、材料学、医药学、微生物学等多学科的研究对象。长期以来,在三大类生物大分子(蛋白质、核酸、糖类)中,糖类的研发相对滞后。直到20世纪80年代,科学家发现了生物活性寡糖以及多糖的生物功能以来,多糖的研究、开发、应用以及结构功能间的关系才成为国际科技界的研究热点之一。1999年10月中国化学会下正式成立了甲壳素专业委员会,从此我国甲壳素/壳聚糖的基础研究与应用技术得到快速、蓬勃的发展。尤其是近十多年来,国家对其加大了投入力度,研发队伍不断发展壮大,在国际重要期刊上发表学术论文数量显著提升,部分研究领域已进入国际先进水平,并得到世界同行专家的认可。这表明我国自主创新能力进一步增强,已成为国际甲壳素学科研究的主力军。同时,我国相关甲壳素企业也不断涌现,并已成为世界甲壳素及其粗加工产品生产与出口量的最大国。然而,目前我国有关甲壳素和壳聚糖研发力量仍比较薄弱,相关企业的产品技术含量还有待提高,从而制约了该产业的发展。因此,亟待增强科技研发能力,并加强产学研紧密结合,加快产业化关键技术的攻关和突破。同时,需要不断增强科技自主创新能力和核心竞争力,推动我国甲壳素材料产业整体水平向前发展。为此,我们编写了《甲壳素/壳聚糖材料及应用》专著。

本书在反映近年来国际和国内最新科技成果与进展的同时,重点介绍了甲壳素/壳聚糖化学结构与新材料构建的新方法以及衍生物结构与性能的关系。另外,本书也充实了其应用方面的研究内容,不仅内容丰富,而且还适当介绍了其功能作用的原理,深度与广度相结合,以便读者进一步了解其应用前景。

全书由施晓文、邓红兵和杜予民共同编著,共分10章。其中,第1章~第3章主要由邓红兵负责编写,分别介绍了概论、甲壳素/壳聚糖的分子结构、分子量脱乙酰度与结晶度;第4章~第6章主要由施晓文负责编写,分别介绍了甲壳素/壳聚糖基本性质、甲壳素/壳聚糖改性、甲壳素/壳聚糖材料形态与功能;第7章~第10章主要由杜予民负责编写,分别介绍了甲壳素/壳聚糖在食品工业、生物医用材料、农业以及其他方面(化妆品、纺织品、造纸、环保)的应用。本书不仅可作为海洋或淡水生物资源天然高分子化学、材料学、功能糖学等专业师生和科技工作者的参考书,同时也可作为广大读者与同行为了较深入认识甲壳素/壳聚糖作为碱性多糖的分子结构特性、功能材料、多元应用以及开发新产品和新技术的工具书。

在本书的编著过程中,得到本研究团队一批博士后、博士、硕士研究生们的帮助。其中,章轶峰、吴述平、丁福源、刘红雨、尚玉、熊媛、严坤、庞知益、陶丽、吴晓芳、张建伟、詹颖菲、陆源等参与了文献资料收集、图表整理和部分章节编写等工作,在此深表感谢。此外,还要特别感谢国内外诸多同行专家学者的指导和帮助,尤其是武汉大学张俐娜院士、美国马里兰大学 Gregory F. Payne 教授、武汉大学中南医院王彦峰教授、武汉大学生命科学学院钟波教授及中国人民解放军第四军医大学李学拥教授等热情地为本书提出了诸多宝贵的意见和建议;同时,本书所介绍的本课题组部分研究工作得到“973”、国家自然科学基金、环保公益性行业专项等基金项目的资助,在此一并表示感谢。最后,还要感谢化学工业出版社各级领导的支持以及相关编辑努力、认真、细致和耐心的工作,使本书得以顺利出版。

鉴于时间和精力有限,书中资料收集与写作过程中难免会有疏漏、不妥之处,敬请广大读者批评指正。

杜予民

2015年3月



目 录

contents

第1章 概论

(001)

1.1 甲壳素/壳聚糖的发现与发展史	003
1.1.1 甲壳素/壳聚糖的发现	003
1.1.2 甲壳素/壳聚糖研究与发展史	004
1.1.3 甲壳素/壳聚糖衍生物研究与发展	005
1.2 甲壳素/壳聚糖科学与材料研究新进展	008
1.2.1 甲壳素/壳聚糖大分子结构的确立	008
1.2.2 甲壳素在龙虾壳角质层中分布的层次结构	012
1.2.3 甲壳素/壳聚糖材料研究新进展	013
参考文献	031

第2章 甲壳素/壳聚糖的分子结构

(035)

2.1 甲壳素/壳聚糖的来源和提取	036
2.1.1 甲壳素/壳聚糖的来源	036
2.1.2 甲壳素/壳聚糖的提取	037
2.2 甲壳素/壳聚糖的一级结构	038
2.2.1 化学组成	038
2.2.2 官能团	039
2.2.3 化学键	040
2.3 甲壳素的二级结构	041
2.3.1 甲壳素链尺寸	041
2.3.2 氢键与甲壳素链形态	041
2.4 甲壳素的三级结构	046
2.4.1 晶态	047
2.4.2 取向	051
2.4.3 聚集行为研究	053
2.5 液晶态	056
2.6 织态	057
2.7 甲壳素/壳聚糖结构表征	058
2.7.1 红外光谱分析	059
2.7.2 核磁共振分析	062
2.7.3 X射线光谱	069
2.7.4 紫外可见光谱	071

2.7.5 质谱分析	072
参考文献	076

第3章 分子量、脱乙酰度与结晶度 (083)

3.1 分子量	084
3.1.1 甲壳素/壳聚糖分子量	084
3.1.2 分子量分布	086
3.1.3 分子量测定	087
3.2 脱乙酰度	102
3.2.1 脱乙酰度与溶解性	102
3.2.2 脱乙酰度与链刚度	105
3.2.3 脱乙酰度的测定	107
3.3 结晶度	111
3.3.1 不同类型甲壳素及壳聚糖的结晶度	111
3.3.2 结晶度的测定	113
参考文献	114

第4章 甲壳素/壳聚糖基本性质 (119)

4.1 甲壳素、壳聚糖的物理性质	120
4.1.1 溶解性	120
4.1.2 再生性	123
4.1.3 热性质	124
4.1.4 透气性	125
4.1.5 渗透性	126
4.2 甲壳素、壳聚糖化学性质	127
4.2.1 阳离子聚电解质性	127
4.2.2 金属螯合性	129
4.2.3 多功能反应性	130
4.3 甲壳素/壳聚糖生物学性质	133
4.3.1 抗菌性	133
4.3.2 生物降解性	136
4.4 生物相容性	137
参考文献	140

第5章 甲壳素/壳聚糖改性 (143)

5.1 物理改性	144
5.1.1 热处理	144

5.1.2 机械碾磨	145
5.1.3 电离辐射	145
5.1.4 等离子体	145
5.1.5 微波处理	146
5.1.6 超声降解	147
5.1.7 共混	147
5.2 共混改性	147
5.2.1 壳聚糖与可降解聚合物共混材料	147
5.2.2 壳聚糖与填料共混复合改性	159
5.3 化学改性	168
5.3.1 酸解	168
5.3.2 衍生化	170
5.3.3 接枝共聚	177
5.3.4 交联	179
5.4 生物法改性	180
5.4.1 酶水解	180
5.4.2 酶催化	186
参考文献	188

第6章 甲壳素/壳聚糖材料形态与功能

193

6.1 微纤化	194
6.1.1 湿法纺丝	194
6.1.2 静电纺丝	195
6.1.3 其他方法	198
6.2 原膜化	200
6.2.1 非对称膜	200
6.2.2 多孔膜	201
6.2.3 共混膜/复合膜	202
6.3 凝胶化	204
6.3.1 水凝胶	204
6.3.2 气凝胶	213
6.4 微球化	214
6.5 纳米粒子	216
参考文献	221

第7章 食品工业中的应用

225

7.1 食品	226
7.1.1 抗微生物活性	226
7.1.2 抗氧化活性	230

7.1.3 功能性益生元	230
7.1.4 增强钙的吸收	232
7.2 饮料	232
7.2.1 澄清剂	232
7.2.2 稳定剂	234
7.2.3 络合剂	234
7.2.4 饮用水净化	235
7.2.5 酸度调节剂	235
7.2.6 抗菌剂	235
7.3 功能性食品	236
7.3.1 抗高血压活性	236
7.3.2 抗糖尿病活性、降胆固醇作用	239
7.3.3 免疫刺激性和抗肿瘤作用	243
7.3.4 抗氧化活性	247
7.3.5 甲壳素/壳聚糖及其衍生物的抗炎症作用	249
参考文献	251

第8章 生物医用材料中的应用

(257)

8.1 药物缓控释载体材料	258
8.1.1 壳聚糖基纳米载体	259
8.1.2 壳聚糖基微米载体	263
8.1.3 壳聚糖缓释片与壳聚糖缓释膜	265
8.1.4 壳聚糖缓释凝胶	265
8.2 医用敷料	268
8.2.1 甲壳素/壳聚糖敷料	268
8.2.2 甲壳素/壳聚糖衍生物敷料	272
8.2.3 甲壳素/壳聚糖复合敷料	274
8.2.4 甲壳素/壳聚糖载药敷料	279
8.3 止血和抗凝血作用	283
8.3.1 甲壳素、壳聚糖及其衍生物的止血作用	284
8.3.2 壳聚糖及其衍生物的抗凝血作用	287
8.4 组织工程材料	288
8.4.1 皮肤组织工程中的应用	289
8.4.2 软骨组织工程中的应用	290
8.4.3 骨组织工程中的应用	291
8.4.4 神经组织工程中的应用	292
8.4.5 牙周组织工程中的应用	294
8.4.6 其他组织工程中的应用	296
8.5 生物传感器	297
8.5.1 基质固定化方法	298
8.5.2 壳聚糖在生物传感器上的应用	301
8.5.3 壳聚糖-纳米复合材料在传感器中的应用	305

参考文献	306
------------	-----

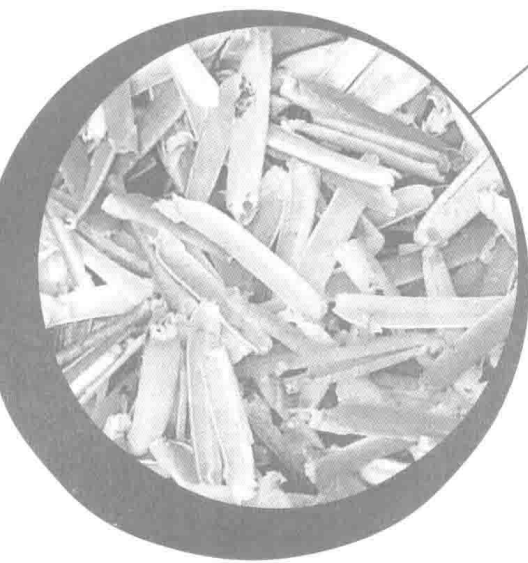
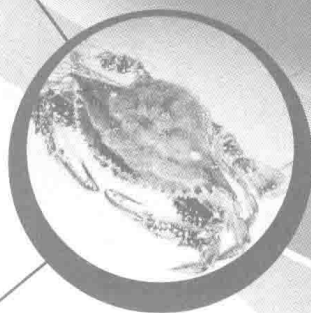
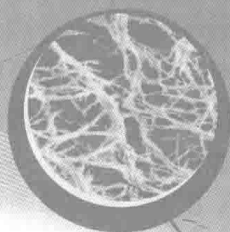
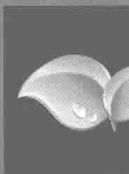
第9章 农业上的应用 (315)

9.1 植物生长调节剂	316
9.1.1 壳寡糖	316
9.1.2 壳聚糖衍生物	317
9.2 种衣剂	318
9.3 抗寒剂与土壤改良剂	319
9.4 植物病害抑制剂	321
9.4.1 抗细菌	323
9.4.2 抗真菌	324
9.4.3 抗病毒	324
9.4.4 抗虫害	326
9.5 果蔬保鲜剂	326
9.6 饲料添加剂	328
参考文献	331

第10章 其他方面的应用 (335)

10.1 化妆品	336
10.1.1 类透明质酸多糖	336
10.1.2 甲壳素纳米纤维及其衍生物	340
10.1.3 功效性及安全性评价	345
10.2 纺织品染色与后处理应用	346
10.2.1 壳聚糖在染色中的应用	346
10.2.2 壳聚糖在纺织品后处理中的应用	348
10.2.3 壳聚糖纤维在纺织中的应用	352
10.3 造纸工业的应用	354
10.3.1 表面施胶剂	354
10.3.2 纸张增强剂	355
10.3.3 助留助滤剂	357
10.3.4 特种纸助剂	359
10.4 环境保护中的应用	360
10.4.1 土壤修复	360
10.4.2 水处理	362
参考文献	366

第1章 概论



甲壳素(chitin),化学名称为 β -(1,4)-2-乙酰氨基-2-脱氧-D-吡喃葡聚糖,由N-乙酰氨基葡萄糖以 β -1,4糖苷键缩合而成,又名甲壳质、几丁质、壳多糖、蟹壳素和聚乙酰氨基葡萄糖等,是地球上存在量仅次于纤维素的多糖,也是自然界中除蛋白质外数量最大的含氮天然有机高分子化合物。据估计每年由生物合成的甲壳素约有100亿吨。甲壳素广泛存在于虾蟹等甲壳动物及各类昆虫的表皮和乌贼、贝类等软体动物的骨骼以及蘑菇和菌类的细胞壁中,许多水生生物的体内含有甲壳素(图1.1)。壳聚糖(chitosan)是甲壳素脱乙酰化产物,也是甲壳素最重要的衍生物,其化学名称为 β -(1,4)-2-氨基-2-脱氧-D-吡喃葡聚糖。甲壳素和壳聚糖可被看作是纤维素C2位的羟基分别被乙酰氨基(甲壳素)和氨基(壳聚糖)取代的产物。甲壳素/壳聚糖分子结构中因含有大量羟基、乙酰氨基及氨基等,其分子内及分子间存在大量的氢键^[1]。氢键的存在使其形成了大分子的二级结构,加之其分子结构的规整性,使甲壳素分子容易形成结晶区。

甲壳素和壳聚糖有许多独特的物理、化学和生物特性,主要包括:阳离子聚电解质性、多功能基反应活性、抗菌性、生物相容性、生物可降解性等^[2,3]。由于甲壳素、壳聚糖的基本单元是带有氨基的葡萄糖,分子链上同时含有氨基、羟基、乙酰氨基、氧桥等活性基团^[4,5],可发生诸多衍生化反应,如脱乙酰、络合、成盐、碱化、硫酸或磷酸酯化、硝化、Schiff碱反应、芳基化和烷基化、酰化、接枝共聚及降解反应等,上述优良特性使其在纺织印染、造纸、重金属吸附和回收、废水处理、食品、生物医药等领域都有广泛的应用前景。

自20世纪70年代以来,甲壳素和壳聚糖一直是高分子领域的研究热点之一。

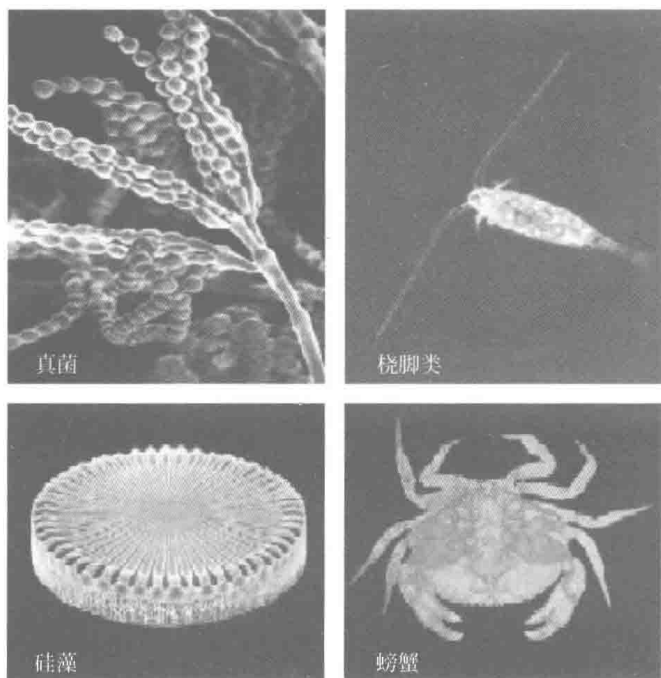


图1.1 含有甲壳素的水生生物图^[6]

2005年《Science》杂志发表的文章称“甲壳素是一类具有重要功能的生物多糖”^[6],2011年《Nature》杂志发表的论文中指出,“自然界中诸如胶原蛋白、甲壳素和纤维素等螺旋形大分子对各种层级结构材料的形态形成和功能至关重要”^[7]。

随着高分子物理、化学的发展,甲壳素和壳聚糖的研究越来越紧密地与多种新技术结合,形成新的研究热点。甲壳素和壳聚糖的研究、开发与利用已日益引人注目,也取得了一系列重要研究成果。本章主要介绍甲壳素的发现和发展历史以及最新研究与应用进展。