



TIANRAN GAOFENZIJI XINCAILIAO CONGSHU

《天然高分子基新材料》丛书

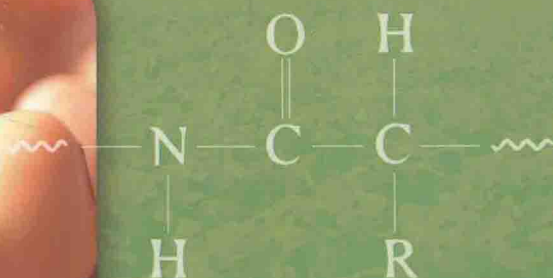
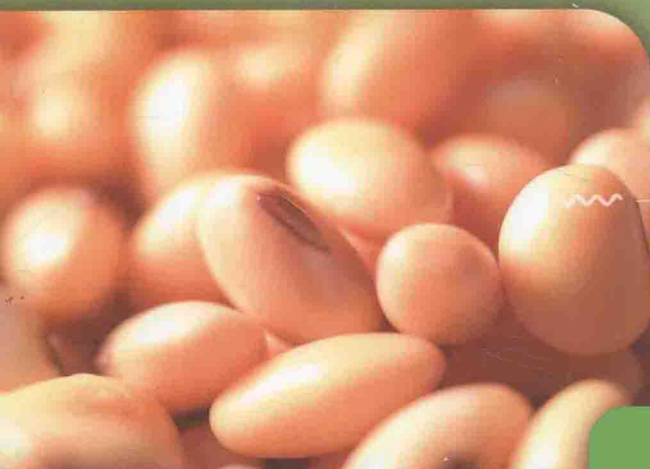


张俐娜 总主编 邵正中 总副主编

“十二五”国家重点图书

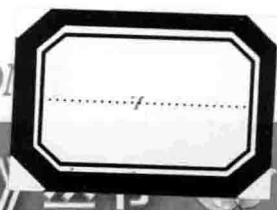
大豆蛋白质科学与材料

陈 云 王念贵 编著



化学工业出版社

TIANRAN GAOFENZIJI XINCAILIAO CO



《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

大豆蛋白质科学 与材料

陈 云 王念贵 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。从材料学的角度出发,全面系统地论述了大豆蛋白质的结构、性能、改性及其在材料学领域的应用,既简要回顾了大豆蛋白质材料的发展历史,又重点介绍了大豆蛋白质材料的最新进展、主要热点和未来方向。本书内容包含了与大豆蛋白质材料相关的高分子化学和物理以及材料科学的基本理论与技术,涉及大豆蛋白质材料在胶黏剂、塑料、纤维、生物材料等领域的应用和前景,为大家进一步了解和认识大豆蛋白质在传统营养食品领域以外的应用提供了新的视野和信息。

本书适合高分子化学与物理、高分子材料与工程、生物质科学与工程、天然高分子科学、农林资源高值转化利用、纺织学、生物医药及生物材料学等专业的本科生、研究生、教师及相关科技人员参考,也适合对大豆蛋白质这一经典营养食品原料具有浓厚兴趣的广大读者。



图书在版编目(CIP)数据

大豆蛋白质科学与材料/陈云,王忠贵编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 10

(《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 978-7-122-20517-9

I. ①大… II. ①陈…②王… III. ①大豆-蛋白质-
生物合成 IV. ①S565.1 ②Q591.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第091122号

责任编辑:翁靖一

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18½ 彩插2 字数361千字 2014年10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:98.00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,最终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《微生物聚羧基脂肪酸酯》。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。

张州娜

中科院院士
武汉大学教授

2014年2月28日

众所周知，大豆蛋白质主要是以豆浆、豆奶、豆腐、豆皮、豆棍、豆干等形形色色的豆制品的形式呈现在我们的餐桌上，或者以蛋白粉类营养物质的形式出现在我们的保健品清单中。然而，大豆蛋白质其实还有更多不为大家所熟悉的各个方面的用途。比如，从早期的木材或纸张胶黏剂，到近年的生物降解塑料，从食品包装材料到汽车车身或车内材质，从纺织用品到未来的生物材料制品，都已经或即将留下大豆蛋白质的身影与贡献。

目前国内外关于大豆蛋白质的专著主要从蛋白质营养学的角度出发，重点介绍其提取、加工和营养价值与应用等，而在胶黏剂、可降解材料或纺织材料领域的应用等都较为分散地分布于非大豆蛋白质专著的一些章节中，关于其在生物材料领域应用的内容介绍更是稀缺。为此，本书区别于目前国内外大豆蛋白质的相关专著，侧重于从材料学角度出发，始终围绕大豆蛋白质材料，结合高分子科学理论与技术，系统地介绍并探讨大豆蛋白质及其材料在传统营养食品领域以外的应用。通过本书，我们可以了解到，大豆蛋白质不再仅仅是物美价廉和老幼皆宜的普通蛋白类食品及保健用品，它已经作为绿色无毒性黏合剂在国内外木材和纸业市场上得到广泛应用；它已经作为我们日常生活中随处可能用到的可降解塑料被实验室深入地研究；它甚至可能成为未来医院临床上应用的组织工程生物材料的重要原料，因而受到科学家们的极大关注。总之，大豆蛋白质及大豆蛋白质材料已经成为我们生活中的一部分，而未来更可能在我们吃穿住行中扮演不可或缺的更重要的角色，为提高我们的生活质量、减少环境污染、节约石油资源而做出更大的贡献。

本书的编写是在张俐娜院士、邵正中教授的指导和关心下完成的，并获得了《天然高分子基新材料》丛书各位主编的大力帮助和来自美国 University of Missouri（密苏里大学）的 Fu-hung Hsieh（谢富弘）教授的热情鼓励和热心指点；多位毕业和在读的研究生在文献收集整理和文字校对、图表处理等方面给予了大力帮助，对此一并感谢。全书共分7章，其中，第1、第2、第3、第6和第7章由

武汉大学陈云负责编著，第4章由湖北大学王念贵和南京信息工程大学刘大刚负责编著，第5章由王念贵和北京工商大学田华峰负责编著。参与本书编写工作的还有：谢意（第2、第3章）、刘星（第2、第3章）、杜昕坤（第4章）、李晨（第5章）、赵雷（第5章）、赵言腾（第6章）、喻昊（第6章）和甘丽（第7章）等。

由于编者水平有限和时间紧迫，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请各位读者朋友不吝批评指正，以便我们进一步修订和完善。

编著者

2014年2月





目 录

contents

第1章 绪论

(001)

1.1 大豆资源的开发和利用	003
1.2 大豆蛋白质在营养食品领域的研究进展	006
1.3 大豆蛋白质在材料领域的研究进展	009
1.3.1 大豆蛋白质胶黏剂研究进展	010
1.3.2 大豆蛋白质塑料研究进展	012
1.3.3 大豆蛋白质改性纤维研究进展	020
1.3.4 大豆蛋白质生物材料研究进展	021
1.4 大豆蛋白质材料的前景与展望	023
参考文献	026

第2章 大豆蛋白质的提取及大豆工业主要产品

(033)

2.1 大豆及其化学组成	034
2.1.1 大豆的生产与价值	034
2.1.2 大豆的化学组成	037
2.2 大豆蛋白质的提取	038
2.2.1 大豆蛋白质的来源	038
2.2.2 大豆的粗加工	038
2.2.3 大豆蛋白质提取前大豆的预处理与脱脂	040

2.2.4 大豆蛋白质的提取	042
2.3 大豆工业的主要产品	051
2.3.1 大豆油脂	051
2.3.2 大豆粉	051
2.3.3 大豆浓缩蛋白	053
2.3.4 大豆分离蛋白	056
2.3.5 组织化大豆蛋白	057
2.3.6 碳水化合物	057
2.3.7 其他副产物	058
2.4 大豆产品的主要用途	059
2.4.1 传统食用大豆制品	059
2.4.2 食品添加剂	060
2.4.3 大豆营养品及保健品	060
2.4.4 非食用大豆产品	060
参考文献	061

第3章 大豆蛋白质的结构与性质

065

3.1 大豆蛋白质的分类	066
3.2 大豆蛋白质的分级组分与分子量	067
3.2.1 大豆蛋白质的分级组分	067
3.2.2 大豆蛋白质的分子量及其测定	071
3.3 大豆蛋白质的结构	078
3.3.1 大豆蛋白质的分子结构与空间结构	078
3.3.2 大豆蛋白质的基因结构	090
3.4 大豆蛋白质的物理性质	092

3.4.1	溶解性和吸水性	092
3.4.2	凝胶化性能	094
3.4.3	大豆蛋白质的物理改性	095
3.5	大豆蛋白质的化学性质	096
3.5.1	表面基团与性质	096
3.5.2	大豆蛋白质的化学改性	097
3.5.3	大豆蛋白质的酶改性	099
3.6	大豆蛋白质的变性	100
3.6.1	热变性	100
3.6.2	冷冻变性	101
3.6.3	化学变性	102
	参考文献	104

第4章 大豆蛋白质胶黏剂

109

4.1	大豆蛋白质胶黏剂概述	111
4.1.1	大豆蛋白质胶黏剂的黏合原理	111
4.1.2	大豆蛋白质胶黏剂的评价指标	112
4.1.3	影响大豆蛋白质胶黏剂黏合强度的因素	113
4.1.4	优点和缺陷	114
4.2	物理变性大豆蛋白质胶黏剂	115
4.3	酶改性大豆蛋白质胶黏剂	117
4.4	化学变性大豆蛋白质胶黏剂	118
4.4.1	酸、碱变性大豆蛋白质胶黏剂	118
4.4.2	尿素和盐酸胍变性大豆蛋白质胶黏剂	120
4.4.3	亚硫酸氢钠变性大豆蛋白质胶黏剂	121

4.4.4	表面活性剂改性大豆蛋白质胶黏剂	124
4.5	化学改性大豆蛋白质胶黏剂	125
4.5.1	戊二醛交联改性大豆蛋白质胶黏剂	126
4.5.2	酰化反应改性大豆蛋白质胶黏剂	126
4.5.3	聚酰胺-环氧氯丙烷交联反应改性大豆蛋白质胶黏剂	130
4.5.4	接枝改性大豆蛋白质胶黏剂	133
4.6	共混改性大豆蛋白质胶黏剂	134
4.6.1	高分子共混改性大豆蛋白质胶黏剂	134
4.6.2	大豆蛋白质/无机纳米颗粒杂化胶黏剂	136
4.7	大豆蛋白质胶黏剂存在的问题和前景展望	138
	参考文献	140

第5章 大豆蛋白质塑料

145

5.1	多元醇增塑大豆蛋白质塑料	146
5.1.1	pH值对甘油增塑大豆蛋白质塑料性能的影响	147
5.1.2	蛋白质分子量对甘油增塑大豆蛋白质塑料性能的影响	148
5.1.3	制备工艺对大豆蛋白质塑料的影响	149
5.1.4	表面改性对多元醇或其他增塑剂增塑的大豆蛋白质塑料的影响	149
5.1.5	高压均质化改性甘油增塑大豆蛋白质塑料	151
5.2	小分子改性大豆蛋白质塑料	154
5.2.1	蓖麻油改性大豆蛋白质塑料	154
5.2.2	小分子接枝交联改性大豆蛋白质塑料	154
5.2.3	阴离子表面活性剂改性大豆蛋白质塑料	157
5.2.4	植物蜡改性大豆蛋白质塑料	158
5.3	高分子改性大豆蛋白质塑料	159

5.3.1 合成高分子改性大豆蛋白质塑料	159
5.3.2 天然高分子与大豆蛋白质共混塑料	167
5.4 大豆蛋白质纳米复合塑料	177
5.4.1 无机纳米粒子填充改性大豆蛋白质纳米复合材料	178
5.4.2 有机纳米粒子改性大豆蛋白质纳米复合材料	184
5.4.3 大豆蛋白质纳米复合塑料的应用	189
参考文献	192

第6章 大豆蛋白质改性纤维

199

6.1 大豆蛋白质改性天然高分子纤维	201
6.1.1 单一组分的大豆蛋白质纤维	201
6.1.2 大豆蛋白质改性海藻酸钠纤维	202
6.1.3 大豆蛋白质改性酪素纤维	203
6.2 大豆蛋白质改性合成高分子纤维	203
6.2.1 大豆蛋白质改性尼龙纤维	203
6.2.2 大豆蛋白质改性聚氧化乙烯纤维	206
6.2.3 大豆蛋白质改性聚丙烯腈纤维	208
6.2.4 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维	210
6.3 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的生产与应用	212
6.3.1 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的生产工艺	213
6.3.2 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的结构	218
6.3.3 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的物理性能	223
6.3.4 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的化学性能	230
6.3.5 大豆蛋白质改性聚乙烯醇纤维的应用	232
参考文献	234

7.1 大豆蛋白质生物材料在药物释放载体领域的应用	238
7.1.1 热塑性塑料型大豆蛋白质药物载体	239
7.1.2 薄膜型大豆蛋白质药物载体	243
7.1.3 凝胶型大豆蛋白质药物载体	247
7.1.4 微球型大豆蛋白质药物载体	248
7.1.5 纳米颗粒型大豆蛋白质药物载体	250
7.1.6 纤维型大豆蛋白质药物载体	253
7.2 大豆蛋白质生物材料在伤口敷料领域的应用	254
7.2.1 薄膜型大豆蛋白质伤口敷料	255
7.2.2 凝胶型大豆蛋白质伤口敷料	258
7.2.3 纤维型大豆蛋白质伤口敷料	259
7.3 大豆蛋白质生物材料在组织工程和再生医学领域的应用	260
7.3.1 颗粒型大豆蛋白质材料	261
7.3.2 凝胶型大豆蛋白质材料	263
7.3.3 薄膜或塑料型大豆蛋白质材料	265
7.3.4 三维多孔支架型大豆蛋白质材料	268
7.4 大豆蛋白质在无血清细胞培养方面的应用	272
参考文献	274

第1章 绪论

