



海洋生物资源开发利用高技术丛书
丛书总编 焦炳华

海洋生物制品 开发与利用

张玉忠 杜昱光 宋晓妍 主编

Development and Utilization
of Marine Biological Products



科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

海洋生物资源开发利用高技术丛书

海洋生物制品开发与利用

张玉忠 杜昱光 宋晓妍 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

海洋是地球上生物资源最丰富的领域,海洋生物资源的高效、深层次开发利用,对于促进我国海洋生物资源开发利用水平,推动“蓝色”经济的发展具有重要的意义。本书系统介绍了我国近年来在海洋生物制品开发与利用领域所取得的重要成就,包括海洋生物制品概述、海洋生物制品的开发利用现状、海洋生物制品的原料来源及其生物制品生产关键技术、海洋酶制剂的开发与利用、海洋生物医用材料及介质材料的开发与利用、海洋农用生物制品的开发与利用、海洋动物疫苗及佐剂的开发与利用和海洋功能食品的开发与利用。

本书包含近年来我国在海洋生物制品开发与利用领域的最新进展,提出了存在的问题和未来的发展方向,具有较高的应用和学术参考价值,可供从事海洋生物制品开发与利用的科技人员、高等院校相关专业的师生及科技管理人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

海洋生物制品开发与利用 / 张玉忠, 杜昱光, 宋晓妍主编.
—北京: 科学出版社, 2017.11
(海洋生物资源开发利用高技术丛书)
ISBN 978-7-03-055196-2

I. ①海… II. ①张… ②杜… III. ①海洋生物—生物制品—加工 IV. ①S986.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 269352 号

责任编辑: 陈 露
责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海叶大印务发展有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 11 月第一次印刷 印张: 18 1/2

字数: 450 000

定价: 150.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“海洋生物资源开发利用高技术丛书”编委会

丛书顾问

唐启升 管华诗 戚正武 陈冀胜 徐 洵

丛书总编

焦炳华

丛书副总编

张元兴 金显仕

丛书编委(按姓氏笔画排序)

于广利 石 琼 朱蓓薇 杜昱光
杨红生 宋林生 张 偲 张书军
张玉忠 夏金海 谭仁祥 薛长湖

丛书执行秘书

王梁华 陈 露

《海洋生物制品开发与利用》编委会

主 编

张玉忠 杜昱光 宋晓妍

副主编

陈秀兰 曹海龙

编 委(按姓氏笔画排序)

马小军	马光辉	马 悦	王文霞	王永华	王伟良	王 倬
尹 恒	孔英俊	刘万顺	许青松	孙 谧	苏志国	苏海楠
李元广	李平一	李春阳	李鹏程	杨 博	吴 颀	张元兴
张贵峰	周炜清	赵小明	赵 勇	胡江春	徐 菲	黄永东
彭燕飞	韩宝芹	程 功	魏 炜			

Foreword | 丛书序

海洋是生物资源的巨大宝库,据估计,地球上约 80% 的物种生活在海洋,种类超过 1 亿种。种类多样的海洋生物除提供人类优质蛋白质以外,其独特的环境孕育了特有的生命现象。海洋生物在高渗、低温或低氧生境下生存并进化使得它们拥有与陆地生物不同的基因组和代谢规律,合成产生了一系列结构和性能独特、具有巨大应用潜力的功能天然产物,是开发海洋药物、生物制品、食品和其他功能产品的重要资源。

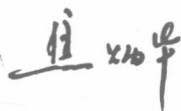
海洋生物技术是现代生物技术与海洋生命科学交叉的产物。现代海洋生物高新技术的内涵包括海洋生物基因工程、细胞工程、蛋白质工程和发酵(代谢)工程等。当前,海洋生物高新技术的快速发展,极大地推动了海洋生物资源的高效保护与利用以及海洋生物战略性新兴产业的形成与壮大,并已成为世界海洋大国和强国竞争最激烈的领域之一。

自 20 世纪 80 年代以来,美、日、俄等国以及欧盟分别推出了“海洋生物技术计划”“海洋蓝宝石计划”“极端环境生命计划”“生物催化 2021 计划”等,投入巨资加大对海洋生物高新技术的研究与应用力度。自 2004 年以来,国际上已接连批准了 6 个海洋药物,产值达到百亿美元;海洋生物制品已成为新兴朝阳产业,一批高性能海洋生物酶、功能材料、绿色农用制剂、健康食品等实现产业化,产值达到千亿美元。我国海洋生物资源丰富,在海洋生物资源开发利用方面具有较好的基础。近年来在国家 863 计划、国家科技支撑计划等的支持下,分别在海洋药物、海洋生物制品、海洋功能基因产品、海洋微生物技术与产品、海水产品加工与高值化利用、海洋渔业资源可持续利用等方面取得了明显的成绩,缩短了与发达国家的差距,为我国海洋生物技术的快速发展奠定了良好的技术、人才和产品基础。随着“建设海洋强国”战略的实施和面向海洋战略性新兴产业发展的国家需求,发展海洋生物高新技术创新体系,建设高技术密集型海洋生物新兴产业,实施海洋生物资源高值化开发战略,是我国海洋生物高技术发展的必然之路。

“海洋生物资源开发利用高技术丛书”是在国家 863 计划海洋技术领域办公室、中国 21 世纪议程管理中心的领导下组织编写的。在唐启升、管华诗、戚正武、陈冀胜、徐洵、张偲等院士的指导下,丛书组成了强大的编写队伍,分别由“十二五”863 计划海洋生物技术主题专家组成员和国内著名海洋生物科技专家担纲各分册主编。丛书共分 6 个分册,分别为《生物技术在海洋生物资源开发中的应用》《海洋生物资源评价与保护》《海洋天然产物与药物研究开发》《海洋生物制品开发与利用》《海洋生物功能基因开发与利用》和《海洋水产品加工与食

品安全》。我们希冀本丛书的问世,为进一步推动我国海洋生物高技术的发展和海洋生物战略性新兴产业的壮大作出一定的贡献。

本丛书吸纳了国家海洋领域技术预测和国家“十三五”海洋科技创新专项规划战略研究部分成果。编委会对参与技术预测和规划战略研究专家所贡献的智慧一并表示诚挚的谢意!



863 计划海洋生物资源开发利用技术主题专家组

2016 年 3 月

Preface | 前言

海洋生物资源是海洋资源的重要组成部分,其高效、深层次的开发利用,尤其是海洋高端生物制品的研究与产业化已成为发达国家竞争最激烈的领域之一,也是我国战略性新兴产业重要的突破口。

1996年,我国就将海洋生物技术纳入国家高新技术研究发展计划(863计划),海洋生物制品开发利用成为大力支持的方向之一,经过多年的发展,我国已经拥有一批海洋生物制品开发利用的人才队伍,初步建立了海洋生物制品开发利用的研究平台,相关企业也积极投入海洋生物制品的产业化开发,催生了一批以海洋生物资源开发和利用为主的朝阳产业和先导产业。进入21世纪后,我国海洋生物技术得到了快速发展,海洋生物资源的开发和利用已成为我国海洋生物技术的前沿领域之一。在我国“十五”“十一五”“十二五”863计划等项目的支持下,我国科技工作者在海洋生物制品开发利用领域开展了深入研究,掌握了海洋生物制品开发利用的关键技术,取得了一批具有重要创新性的研究成果。目前我国已发现和研制了20余种具有重要工业、农业、医药和环境用途的海洋生物酶及酶制剂,一批新型医用海洋生物功能材料(珊瑚人工骨、壳聚糖介入治疗栓塞剂、海藻多糖胶囊、甲壳素药物缓释材料等)纷纷上市,海洋寡糖及寡肽植物免疫调节剂得到广泛应用,鱼类病原全细胞疫苗在海水养殖行业成功应用,已有多种多糖、寡糖、肽类等海洋资源用于功能食品的生产。海洋生物制品的开发与利用进入了一个空前发展的新阶段,这些研究新进展全面提升了我国海洋生物资源的综合开发能力,为海洋生物制品进一步产业化提供了重要的科技支撑。

本书是在国家863计划海洋技术领域办公室及海洋生物技术领域专家组的指导和关怀下完成的,在编写的过程中得到了科学出版社的领导以及陈露编辑的支持与帮助。在此,致以诚挚的感谢。参与本书的编写人员是来自国内从事海洋生物制品研究与开发领域的专家与学者。参编人员结合自己的研究工作,介绍了近年来我国在海洋生物制品开发利用领域

所取得的重要成就,以及海洋生物制品开发利用关键技术,提出了海洋生物制品开发利用中所存在的问题和未来的发展方向。本书旨在为从事海洋生物制品研究与开发的科研人员、高等院校师生及科技管理人员提供参考。由于参编人员从事科研工作的局限性,书中疏漏甚至不当之处恐仍难免,敬请读者批评指正。

张玉忠 杜昱光 宋晓妍

2017年4月

Contents | 目 录

丛书序

前言

第一章 海洋生物制品概述	001
第一节 海洋生物制品的定义及基本概念	001
第二节 海洋生物制品的用途及意义	001
第三节 海洋生物制品研发的核心关键技术	003
第四节 海洋生物制品的发展趋势	004
第二章 海洋生物制品的开发利用现状	007
第一节 酶制剂及功能蛋白	007
一、酶制剂	007
二、海洋功能蛋白	009
第二节 海洋生物材料的开发与应用	011
一、海洋生物医用材料	011
二、海洋多糖分离介质材料	012
第三节 农用生物制剂	013
第四节 疫苗及佐剂	015
第五节 海洋功能食品	017
一、海洋功能食品分类	018
二、海洋功能食品现状	018
第六节 存在问题与措施	020
第三章 海洋生物制品的原料来源及其生物制品生产关键技术	023
第一节 海洋微生物酶的来源及其制备关键技术	023
一、海洋微生物酶的获取技术	023
二、产酶海洋微生物的发酵技术	025
三、海洋微生物酶的提取、纯化和制备技术	026
四、海洋微生物酶的结晶和结构解析技术	030
五、海洋微生物酶的固定化技术	031

六、海洋微生物酶的干燥和保藏技术	033
七、酶的质量监控和评价技术	034
第二节 海洋蛋白资源及其利用关键技术	035
一、原料的获取或培养技术	035
二、提取、纯化和制备技术	038
三、质量监控与评价技术	042
第三节 海洋多糖资源及其利用关键技术	045
一、原料的获取或培养技术	045
二、提取、纯化和制备技术	045
三、质量监控和评价技术	047
第四节 海洋脂类资源及其利用关键技术	048
一、原料的获取或培养技术	049
二、海洋脂类的加工技术	052
三、质量监控和评价技术	058
第五节 存在问题与措施	060
第四章 海洋酶制剂的开发与利用	064
第一节 概述	064
一、海洋酶制剂种类	064
二、海洋酶制剂研究开发现状	064
第二节 海洋蛋白降解酶类	065
一、蛋白酶的定義与分类	065
二、海洋蛋白酶研究进展	066
第三节 海洋多糖降解酶类	077
一、藻类多糖降解酶类	077
二、几丁质降解酶类	085
第四节 海洋脂类降解酶类	090
一、脂类水解酶的定义与分类	090
二、海洋脂类水解酶研究进展	091
三、海洋微生物脂类水解酶的应用	096
第五节 其他酶类	098
一、二甲基巯基丙酸内盐裂解酶类	098
二、氧化还原酶类	101
第六节 存在问题与发展趋势	106
第五章 海洋生物医用材料及介质材料的开发与利用	114
第一节 概述	114
第二节 海洋生物医用材料的开发与应用	116
一、止血类功能材料	116
二、术后防粘连功能材料	117

三、促进创面愈合类功能材料	118
四、组织工程与诱导再生支架类材料	120
五、神经缺损修复支架材料	122
六、可吸收手术缝合线	123
第三节 海洋生物分离材料的开发与利用	124
一、琼脂糖分离介质	124
二、其他应用	135
第四节 海洋药物载体的开发与利用	139
一、海洋多糖药物载体的制备	139
二、海洋多糖药物载体的应用	145
第五节 存在问题与发展趋势	151
第六章 海洋农用生物制品的开发与利用	159
第一节 概述	159
第二节 海洋生物肥料	160
一、海洋植物肥料	160
二、海洋动物肥料	165
三、海洋微生物肥料	169
第三节 海洋生物农药	172
一、微生物农药	172
二、寡糖植物疫苗	173
三、其他海洋生物农药	185
第四节 海洋生物饲料添加剂及饵料	189
一、饲料添加剂研究现状	189
二、海洋功能糖饲料添加剂	189
三、海洋生物饵料	194
第五节 存在问题与发展趋势	203
第七章 海洋动物疫苗及佐剂的开发与利用	211
第一节 概述	211
第二节 海水养殖鱼类疫苗：发展现状与未来趋势	212
一、世界海水鱼类养殖业发展概况与病害挑战	212
二、世界海水鱼类疫苗产业发展历程与现状	214
三、海水鱼疫苗接种途径与商业化开发限制	217
四、国际上主要商品化鱼类疫苗产品的开发概况与未来展望	219
五、国外海水鱼类疫苗开发的主要产业化视角和考量	225
六、中国鱼疫苗产业发展概况与海水鱼疫苗开发现状	226
第三节 海洋来源佐剂	228
一、多糖疫苗佐剂	229
二、寡糖疫苗佐剂	244

三、其他	250
第四节 存在问题和发展趋势	251
第八章 海洋功能食品的开发与利用	255
第一节 概述	255
一、海洋功能食品概况	255
二、海洋功能食品种类	255
三、海洋功能食品发展趋势	256
第二节 海洋肽类功能食品	257
一、海洋肽类功能食品概况	257
二、抗氧化肽	258
三、辅助降血压肽	260
四、辅助降血糖肽	262
五、增强免疫力肽	263
六、其他肽类功能食品	264
第三节 海洋糖类功能食品	266
一、海洋糖类功能食品概况	266
二、增强免疫力糖类	266
三、抗氧化糖类	270
四、辅助降血脂糖类	270
五、其他糖类功能食品	271
第四节 功能脂类	272
一、海洋动物来源功能性脂类	272
二、海洋微藻功能性脂类	277
三、其他衍生产品	278
第五节 存在问题与发展趋势	279
一、存在问题	279
二、发展趋势	280

第一章

海洋生物制品概述

第一节 海洋生物制品的定义及基本概念

海洋生物制品不同于海洋生物产品。海洋生物产品是包含海洋生物资源(海洋鱼类、海洋软体动物、哺乳类动物、海洋植物等重要生物)及其直接简单加工的食用产品,而海洋生物制品是以海洋动物、植物或微生物来源的核酸、蛋白质及多糖等为原料,利用基因工程、酶工程、生物化工及发酵工程等现代生物工程技术,所制备的包括海洋酶制剂、海洋功能材料、海洋农用生物制剂、海洋生物饲料和饲料添加剂、海洋动物疫苗及疫苗佐剂等新型生物制品。其中海洋酶制剂广泛应用于工业、农业、食品、能源、环境保护、生物医药和材料等众多领域;海洋功能材料主要用于制造创伤止血材料、组织损伤修复材料、组织工程材料(皮肤、骨组织、角膜组织、神经组织、血管等)、运载缓释材料(自组装药物缓释材料、凝胶缓释载体、基因载体等);海洋农用生物制剂是利用海洋寡糖及寡肽通过激活植物的防御系统达到植物抗病抗逆目的的一类全新生物农药。海洋寡糖如壳寡糖、褐藻寡糖等,不仅作为新型饲料添加剂,同时也作为饲用抗生素的替代品。海洋动物疫苗及疫苗佐剂研发符合无环境污染及食品安全的理念,具有针对性强、主动预防等特点,已成为当今世界水生动物疾病防治研究与开发的主流对象。

海洋生物制品已在工业、农业、人口健康、资源环境等领域显示出越来越重要的应用价值。

第二节 海洋生物制品的用途及意义

海洋中蕴藏着种类繁多的海洋生物。目前研究表明,海洋生物的多样性及其生物活性物质化学结构的多样性远远超过了陆生生物资源,其药用功能活性物质、生物信息物质、功能食品及生物功能材料等方面不仅具有重大的基础研究意义,还具有广阔的实际应用前景。

海洋生物资源的高效、深层次开发利用,尤其是海洋高端生物制品的研究与产业化已成为发达国家竞争最激烈的领域之一。世界海洋大国和强国纷纷投入巨资,加大对海洋生物制品的研究与开发力度。例如,海洋生物酶已成为发达国家寻求新型酶制剂产品的重要来源。丹麦的诺维信(Novozymes A/S)、瑞士的杰能科(Genecor)和美国的维仁妮(Verenium)等已从海洋微生物中筛选得到140多种酶,其中新酶达到20多种。英国施乐辉公司(Smith & Nephew)、美国强生公司(Johnson & Johnson)等均投入巨资开展生物相容性海洋生物医用材

料产品的开发。鱼类病原全细胞疫苗是目前世界各国商业鱼用疫苗的主导产品,挪威作为世界海水养殖强国和 大国,在以疫苗接种为主导的养殖鱼类病害防治应用中取得了显著成效。日本、韩国等国家在海洋饲用抗生素替代物方面的研究取得了瞩目的进展,已将壳寡糖、褐藻寡糖、岩藻多糖等作为饲用抗生素替代品。

海洋多糖生物大分子具有生物适应性强、活性多样、易降解等特点,广泛应用于医学相关的生物材料开发。海藻酸钠已被开发出水凝胶、纳米纤维、微球等多种形态的生物材料,具有良好的作为药物载体及组织修复基质的开发前景。壳聚糖作为天然资源中唯一带有正电荷的生物材料,已被制成纤维、薄膜等多种形态。壳聚糖生物材料可形成良好的多孔结构,已被应用于骨再生等组织工程材料的研究开发。壳聚糖还具有抗菌、促进伤口愈合、镇痛、止血等生理活性,且可被人体降解吸收,目前已被美国食品药品监督管理局(FDA)批准应用于伤口敷料。此外,卡拉胶、琼脂等多种海洋多糖也被应用于生物材料的开发。海洋多糖也是纳米技术应用的天然优良资源,目前已有 50 多个海洋多糖纳米材料应用的专利被应用于包括药物传递、基因传递、组织工程、癌症治疗、生物传感器、污水处理等多个领域。近期,海洋微生物所产生的胞外多糖受到了更多的关注。海洋微生物所处环境复杂多样、条件极端,其胞外多糖展现出独特的化学结构和生理活性。例如,一种海洋丝状真菌 *Keissleriella* sp. 所产生的胞外多糖具有良好的自由基清除能力;*Penicillium* sp. 的胞外多糖也具有优秀的抗氧化活性;而从深海分离出的一种细菌 *Vibrio diabolus* 的胞外多糖则具有显著的促进骨伤愈合的活性;海藻表面筛选出的湿润黄杆菌 *Flavobacterium uliginosum* MP-55 的胞外多糖具有显著的抗肿瘤活性,这种胞外多糖已以佐剂的形式作为抗肿瘤药物应用于临床治疗。这些特性使得海洋微生物胞外多糖具有良好的生物医学材料开发前景。虽然一些海洋生物多糖已有广泛的应用,但大多数的研发仍处于实验室水平,仍有待包括临床试验等更多的研究和推广。利用海洋生物多糖独有的特性,并通过纳米技术进一步改造,制备具有温敏性、磁敏性或电敏性的智能生物材料,是目前生物材料开发的新方向。

海洋中丰富的微生物资源和复杂的自然环境,使得海洋源生物酶制剂具有良好的工业应用前景。海洋微生物来源的酶制剂种类多样,脂酶可用于保健食品和化妆品生产,海藻多糖降解酶可用于生物能源、农业、食品、造纸、污染处理等多个领域,蛋白酶可用于促消化及抗炎药物等。这些酶可分别在 35~70℃ 的温度范围,3.0~11.0 的 pH 范围发挥功效,适用于工业生产中高盐、高 pH、高温、高压等条件,极具应用、开发前景。目前,海洋微生物酶制剂开发的瓶颈主要在于海洋微生物的培养,由于海洋环境的复杂性,人们对其培养条件仍认识不足有待优化,方便、便宜的大规模培养技术仍有待开发。

海藻含有大量的钾、钙、镁、锌、碘等 40 余种矿物质元素及丰富的维生素。据统计,2012 年全世界海藻产量达 2490 万 t,其中有相当比例的海藻作为生长促进剂及土壤调节剂被应用于种植领域。目前海藻粉生产企业所用原料以褐藻为主,绝大多数通过化学或物理工艺提取,产品相对低端,生产过程易造成环境污染。生物法提取可在保留海藻活性成分的同时减少环境污染,是理想的海藻肥生产方法,然而目前研究仍相对较少。

海洋寡糖(如壳寡糖等)通过对植物的免疫调节作用,产生抗病、抗菌、抗虫等生物活性,且具有促生长、抗逆等效果,已作为海洋新型寡糖生物农药开发的热点,产业化的系列产品应用于农业绿色种植。有关海洋微生物用于植物病害防治的研究起步较晚,但近期逐渐引

起更多关注。目前国内外首个海洋微生物农药“10 亿 CFU/g 海洋芽孢杆菌可湿性粉剂”已于 2014 年 10 月获得防治番茄青枯病、黄瓜灰霉病的农药正式登记证。

海藻作为畜禽饲料的研究开始于 20 世纪 50 年代。挪威是主要的海藻粉生产国。研究表明,在饲料中添加海藻有利于加强动物自身的抗病能力及促生长作用。我国具有丰富的海藻资源,然而目前海藻饲料开发仍相对较少。浒苔是高蛋白、高膳食纤维、低脂肪、低能量、富含矿物质和维生素的天然理想营养食品原料,作为饲料加工原料,已受到广泛关注。浒苔能提高蛋鸡产蛋性能,降低蛋黄中胆固醇含量;并具有提高动物免疫力和促进生长等作用。

海洋疫苗及佐剂的研究起步较晚,其中壳聚糖作为疫苗佐剂的研究相对较多,具有较好的免疫增益作用。目前,利用壳聚糖或海藻酸盐纳米材料的温敏凝胶特性,开发凝胶佐剂,有望解决无有效黏膜免疫佐剂的难题,拓展传统以注射为主的免疫递送方式,已成为研究关注的热点之一。

目前我国已从海洋中挖掘了一批在工业、农业、医药和环境等领域具有应用潜力的海洋生物酶制剂,一批新型医用海洋生物功能材料(珊瑚人工骨、壳聚糖介入治疗栓塞剂、海藻多糖胶囊、甲壳素药物缓释材料等)纷纷上市,海洋寡糖及寡肽植物免疫调节剂得到广泛应用,鱼类病原全细胞疫苗在海水养殖行业成功应用等,预示着海洋生物制品的研究与开发迎来一个空前发展的新阶段,海洋生物制品的开发与利用已成为新兴朝阳产业。

建设高技术密集型海洋生物新兴产业,发展海洋生物制品创新技术,实施海洋生物资源高值化开发战略,是我国海洋生物资源开发利用发展的必然之路。我国可开发海洋生物制品的资源丰富,具有一定的研究基础。近年来,在海洋生物酶、海洋功能材料、海洋绿色农用生物制剂等方面的研究已取得明显的成绩,部分产品已进入应用推广阶段。因此,加强对海洋生物制品研发的投入,创制一批具有市场前景的新型高端海洋生物制品,对于提高我国海洋生物资源开发利用水平,推动“蓝色”经济的发展具有重要的意义。

第三节 海洋生物制品研发的核心关键技术

海洋生物制品在工业、农业、人口健康、资源环境等领域已显示出越来越重要的应用价值。保持海洋生物资源高效、可持续利用水平,研制具有显著海洋资源特色、拥有自主知识产权和国际市场前景良好的高端海洋生物制品,必须具备不断发展完善的一批核心关键技术。近年来,生物技术已从传统的基因工程、细胞工程、蛋白质工程、酶工程和发酵工程,发展出系列的组学(基因组、转录组、蛋白质组、代谢组、糖组等)技术,形成了以系统生物学、合成生物学、化学生物学等多学科交叉的新的研究内容和方向。这些现代生物技术已逐步应用在海洋生物技术中,这将加快我国海洋生物制品的研发进程。

海洋生物制品技术包括新型海洋生物制品发现和功能验证集成技术,海洋生物活性制品高通量、高内涵筛选技术,海洋生物制品快速、高效分离、鉴定技术,海洋生物制品生物合成机制及遗传改良优化高产技术,海洋生物制品系统性功效评价技术,海洋生物制品大规模产业化制备技术,海洋生物制品质量控制技术,海洋生物制品制剂和应用技术等。

海洋生物制品的核心关键技术主要包括以下几类。

1) 海洋生物酶研发及产业化技术: ① 新型海洋生物酶发掘技术; ② 新型海洋生物酶功能评价技术; ③ 产新型海洋生物酶菌种的大规模发酵技术; ④ 新型海洋生物酶异源表达技术; ⑤ 高附加值海洋生物酶大规模分离纯化技术; ⑥ 高附加值海洋生物酶制剂技术; ⑦ 高附加值海洋生物酶应用技术。

2) 海洋生物功能材料研发及产业化技术: ① 新型海洋生物功能材料改性技术; ② 新型海洋生物功能材料组合、配伍、成型技术; ③ 新型海洋生物功能材料功效评价技术; ④ 新型海洋生物功能材料工业化生产技术; ⑤ 新型海洋生物功能材料质量控制技术; ⑥ 高附加值海洋生物功能材料应用技术。

3) 海洋绿色农用生物制剂研发及产业化技术: ① 新型海洋绿色农用生物制剂发掘技术; ② 新型海洋绿色农用生物制剂功能评价技术; ③ 新型海洋绿色农用生物制剂工业化生产技术; ④ 新型海洋绿色农用生物制剂应用技术。

4) 海水养殖动物疫苗研发及产业化技术: ① 新型海水养殖动物疫苗发掘技术; ② 新型海水养殖动物疫苗功能评价技术; ③ 新型海水养殖动物疫苗安全性评价技术; ④ 新型海水养殖动物疫苗大规模制备技术; ⑤ 新型海水养殖动物疫苗应用技术。

我国开发海洋生物制品的资源丰富,具有一定的前期研究基础。海洋生物酶经过多年的研究积累,筛选出多种具有显著优良特性的酶类,部分品种已进入产业化实施阶段,在国内外市场具有一定的竞争优势;在海洋功能材料方面,海洋多糖的纤维制造技术已实现规模化生产,新一代止血、愈创、抗菌功能性伤口护理敷料和手术防粘连产品均已实现产业化;海洋寡糖农药开发应用在世界上处于先进水平,并已进入应用推广阶段。上述工作为我国海洋生物制品产业的快速发展奠定了坚实的基础。因此,开发高端海洋生物制品不仅是提升我国海洋生物资源深层次开发利用水平的关键,还是培育与发展海洋战略性新兴产业的核心。

第四节 海洋生物制品的发展趋势

随着人们对天然产品需求的日益增加,海洋生物技术制品市场也随之迅猛增长。2015年,全球海洋生物技术市场已到达41亿美元的规模,预计2022年达到59亿美元,这主要与海洋生物来源的医疗健康技术产业的快速发展有关。此外,海洋生物制品资源丰富,适用性广,已逐渐应用于制药、化工、化妆品、食品、农药等诸多方面,进一步推动了市场的发展。

国际海洋生物制品研发的热点主要集中在海洋生物酶、功能材料、绿色农用制剂,以及保健食品、日用化学品等方面。随着世界主要海洋强国对海洋生物技术投入的不断增加,海洋生物制品的发展迎来了新的机遇。当前,国际上海洋生物制品领域的发展趋势主要体现在下列三个方面。

首先,海洋生物资源的利用逐步从近浅海向深远海发展。针对目前深海生物及其基因资源自由采集研究的现状,联合国已展开多次非正式磋商,酝酿出台保护深海生物及其基因资源多样性的法规。我国充分利用后发优势,研制成功了定点、可视取样装备包括载人潜水器、遥控无人潜水器(remote operated vehicle, rovs)和深拖等平台;完善了船载和实验室深海环境模拟培养/保藏体系;建立了相应的深海微生物培养、遗传操作和环境基因克隆表达等