

海洋生物资源开发利用高技术丛书

丛书总编 焦炳华

生物技术 在海洋生物资源 开发中的应用

王梁华 焦炳华 主编

A pplications of Biotechnology in the
Development of Marine Biological Resources



科学出版社

海洋生物资源开发利用高技术丛书

生物技术在海洋生物资源 开发中的应用

王梁华 焦炳华 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

为进一步推动我国海洋生物技术的快速发展,在科技部 863 计划海洋生物资源开发利用技术主题专家组的倡导下,我们组织国内同行编写了本书。按照现代海洋生物技术的内涵,全书共分 7 章。第一章现代海洋生物技术概论;第二章海洋基因工程技术;第三章海洋蛋白质工程技术;第四章海洋细胞工程技术;第五章海洋代谢工程技术;第六章海洋生物分离工程技术;第七章海洋生物芯片技术。

本书参编人员都是从事海洋生物技术教学和科研的一线人员。本书吸纳了国内外相关领域的最新研究成果,同时融入了参编人员对发展我国海洋生物技术的思考。本书不仅可作为海洋生物科技工作者的参考书,也可作为生物技术专业本科生以及研究生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

· 生物技术在海洋生物资源开发中的应用/王梁华,
焦炳华主编. —北京:科学出版社, 2017. 1
(海洋生物资源开发利用高技术丛书)
ISBN 978-7-03-049605-8

I. ①生… II. ①王… ②焦… III. ①生物技术—应
用—海洋生物资源—资源开发—研究 IV. ①P745

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 191197 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 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 1 月第一次印刷 印张:17 3/4

字数:426 000

定价:130.00 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 琮 朱蓓薇 杜昱光
杨红生 宋林生 张书军 张玉忠
张 偲 夏金海 谭仁祥 薛长湖

丛书执行秘书

王梁华 陈 露

《生物技术在海洋生物资源开发中的应用》编委会

主 编

王梁华 焦炳华

副主编

蔡在龙 刘小宇 卢小玲

编 者(按姓氏笔画排序)

王梁华 卢小玲 刘小宇 孙铭娟 杜 磊
杨生生 李盛英 张 伟 姚真真 殷 颖
阎金勇 焦炳华 蔡在龙 缪明永

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,海洋生物高技术快速发展,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,美国、日本、俄罗斯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技术的研究与应用力度。自 2004 年以来,国际上就接连批准了 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,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

海洋是地球生命的摇篮,估计海洋生物种类可达1亿种以上,其中99%的物种尚未开发利用。海洋的特殊环境造就了大量陆地上罕见的物种,这就使海洋生物资源的开发利用成为极富有创造性又蕴含巨大应用潜力的国际热点。

海洋生物技术是以海洋生物为对象,运用海洋生物学与工程学的原理和方法,利用海洋生物或生物代谢过程生产有用的生物制品或定向改良海洋生物遗传特性的综合性科学技术。海洋生物技术的基础是分子生物学,是综合应用基因工程、细胞操作技术和细胞培养技术等手段,对海洋生物资源进行研究、开发利用和保护。

海洋生物技术兴起于20世纪80年代,是传统海洋生物学发展的新兴研究领域。研究内容大体有三个方面:一是开发、生产和改造海洋生物天然产物,以便用作药物、食品、新材料;二是定向改良海洋动物、植物遗传特性,为海水养殖业提供具有生长快、品质高和抗病害特性的优良品种;三是培养具有特殊用途的“超级细菌”,用来清除海洋环境的污染,或者生产具有特定生物治理功能的物质。

为了适应海洋生物技术的迅猛发展,我们召集了国内从事生物技术研究的一线科技人员,收集整理了国内外海洋生物技术开发应用的成果,编写了《生物技术在海洋生物资源开发中的应用》一书。全书共7章,各章节通过各种生物技术的简介、理论探讨和实例,展示了生物技术在海洋生物资源开发利用中的应用。第一章现代海洋生物技术概论,主要简介了海洋生物技术的建立与发展,以及在海洋生物制药、海洋生物制品、海洋基因资源、海洋微生物资源、水产品加工与食品安全、远洋渔业资源等中的开发利用;第二章海洋基因工程技术,主要概述了基因操作技术、海洋生物基因组技术、基因表达技术,并通过一系列实例讨论了海洋次级代谢产物的异源表达;第三章海洋蛋白质工程技术,概述了修饰和分子生物学改造蛋白质的两大技术路线,详细介绍了在蛋白质改性、海洋活性多肽、荧光蛋白质工程等中应用的实例,并列出了蛋白质组学在海洋生物研究中的应用现状;第四章海洋细胞工程技术,首先概述细胞工程基本技术,然后通过实例详细介绍了海洋动物细胞以及干细胞的培养;第

五章海洋代谢工程技术,主要介绍发酵技术、生物反应器操作模式、代谢组学等内容;第六章海洋生物分离工程技术,主要包括生物分离过程的概述,生物材料的选择和预处理,初步纯化技术,精细纯化技术,并列举了几个海洋生物药物分离纯化实例;第七章海洋生物芯片技术,主要介绍 DNA 芯片、蛋白质芯片、组织芯片等内容,展望芯片技术在海洋生物资源开发利用中的应用。

在本书编写过程中,得到了科技部领导、海洋领域专家组和参编人员所在单位的大力支持,在此深表感谢。由于海洋生物技术领域进展迅猛,而编写时间较为仓促,难免有不足之处,恳请读者批评指正。

王梁华 焦炳华

2016年6月12日

Contents | 目 录

丛书序

前言

第一章 现代海洋生物技术概论	001
第一节 海洋生物技术的建立与发展	001
一、海洋生物技术的定义	001
二、海洋生物技术的现状	002
第二节 大数据时代的海洋生物技术	006
一、大数据的特征	006
二、海洋生物大数据库的建设与应用	007
三、生物信息学在海洋生物大数据挖掘中的应用	008
第三节 海洋生物技术在海洋生物资源开发利用中的应用	011
一、海洋生物制药	011
二、海洋生物制品开发	012
三、海洋基因资源开发	013
四、海洋微生物资源开发	015
五、水产品加工与食品安全	016
六、远洋渔业资源利用	017
第二章 海洋基因工程技术	020
第一节 基因操作技术	020
一、聚合酶链反应(PCR)技术	020
二、核酸分子杂交技术	023
三、DNA 序列测定技术	026
四、DNA 重组技术	033
第二节 海洋生物基因组技术	039
一、基因功能解析技术	040
二、基因改造技术	044
三、生物合成解析技术	046

四、生物合成改造技术	051
五、DNA 条形码	059
第三节 基因表达技术	062
一、基因表达系统	063
二、功能基因的重组表达实例	073
三、次级代谢产物的异源表达实例	075
第三章 海洋蛋白质工程技术	080
第一节 蛋白质工程技术路线	081
一、蛋白质化学修饰	081
二、分子生物学改造蛋白质	092
第二节 海洋蛋白质工程研究的技术与方法	102
一、海洋蛋白质的分离鉴定	102
二、蛋白质改性	105
三、海洋活性多肽的分离鉴定	110
四、荧光蛋白质工程	116
五、蛋白质工程应用的其他实例	121
第三节 蛋白质组学	123
一、蛋白质组学原理与方法	124
二、蛋白质组学在海洋生物研究中的应用	129
三、蛋白质组学的研究展望	135
第四章 海洋细胞工程技术	138
第一节 细胞工程基本技术概述	138
一、体外培养技术	138
二、细胞核移植技术	139
三、基因转导技术	139
第二节 海洋动物细胞培养	139
一、细胞培养基本步骤(以海洋节肢动物细胞及组织培养为例)	140
二、海洋无脊椎动物细胞培养	145
三、水生脊椎动物鱼类细胞培养	149
第三节 细胞培养的实际应用(海绵细胞离体培养)	153
一、海绵细胞培养工作的意义	153
二、海绵细胞离体培养的早期研究	154
三、近年来海绵细胞离体培养的研究	154
四、海绵细胞离体培养的最新进展	156
五、展望	157
第四节 海洋动物干细胞	157
一、干细胞的来源	157
二、干细胞的分离、鉴定与培养(以海绵为例)	158

第五章 海洋代谢工程技术	164
第一节 发酵技术	164
一、发酵设备	164
二、发酵过程	170
第二节 生物反应器操作模式	173
一、操作模型	173
二、生物反应器的应用(实例)	175
第三节 代谢组学	182
一、代谢组学概述	182
二、代谢组学研究中代谢网络的认识	186
三、代谢组学的主要研究方法	188
四、海洋微生物代谢组学的具体实验方法	190
五、代谢组学在海洋微生物领域中的应用	192
六、代谢组学问题及展望	193
第六章 海洋生物分离工程技术	195
第一节 生物分离过程的概述	195
一、生物分离过程的一般流程	195
二、生物分离工程的主要特点	196
三、生物分离过程选择的基本方法	196
第二节 生物材料的选择和预处理	196
一、材料的选择和处理	197
二、细胞破碎技术	198
三、发酵液的预处理	202
四、发酵液的固液分离	204
五、全发酵液提取技术	206
第三节 初步纯化技术(提取技术)	207
一、吸附技术	207
二、溶剂萃取技术	213
三、离子交换技术	217
四、膜分离技术	221
第四节 精细纯化技术(精制技术)	225
一、色谱技术	225
二、结晶法	236
第五节 分离技术与海洋生物资源开发利用	238
一、海洋生物药物简介	238
二、海洋生物药物分离纯化实例	239
第七章 海洋生物芯片技术	247
第一节 DNA 芯片	247

- 一、DNA 芯片的基本概念 247
- 二、DNA 芯片的基本原理 248
- 三、DNA 芯片的种类 252
- 四、DNA 芯片的应用 254
- 第二节 蛋白质芯片 257
 - 一、蛋白质芯片的基本概念 257
 - 二、蛋白质芯片的种类 258
 - 三、蛋白质芯片的基本原理 261
 - 四、蛋白质芯片在海洋生命科学研究中的展望 263
- 第三节 组织芯片 263
 - 一、组织芯片的基本概念 264
 - 二、组织芯片的基本原理 265
 - 三、组织芯片的应用 266
- 第四节 其他生物芯片 268
 - 一、芯片实验室技术 268
 - 二、毛细管电泳芯片 269
 - 三、生物化学反应芯片 269
 - 四、样品制备芯片 270

第一章

现代海洋生物技术概论

全球海洋面积 3.61 亿平方公里,覆盖地球表面 70.8%。海洋是生物资源的巨大宝库,据估计,地球上 80% 的物种生活在海洋,种类超过 1 亿种。统计数据表明,整个地球生物的生产力相当于每年 1 540 亿吨有机碳,这其中海洋就占了 87%。如此巨大的资源宝库每年可为人类转化 30 亿吨水产品,能满足 300 亿人口的蛋白质需要。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、低温或低氧生活环境下的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。

因而,海洋生物的保护、开发和利用为生物技术开辟了一个广阔的天地,并赋予其旺盛的生命力。现代海洋生物技术涵盖的范围很广,包括海洋基因操作与基因工程技术、海洋蛋白质工程技术、海洋细胞工程技术、海洋生物发酵与代谢工程技术、海洋生物能源技术、海洋生物环境保护技术等,这些技术已经在海洋生物育种、海洋资源保护、海洋生物制药、海洋生物化工、海洋生境保护、海洋污染的生物治理等多个领域得到越来越多的应用。

21 世纪以来,随着海量生物数据的产生以及高通量测序和数据处理、分析技术的快速发展,生命科学进入了空前的“大数据”(big data)时代。在这一背景下,生命科学研究模式亦正在发生重大转变,其主要标志就是生命科学正从“微观”(以分子生物学为代表的实验科学)向“宏观”(以数据驱动和生物信息学分析为主的各类组学与系统生物学)和“微观”科学并驾齐驱的方向发展,而这种模式的转变已正在并必将深刻影响着海洋生物科学与技术的发展,海洋生物大数据的建立、发展与挖掘必将驱动新一轮海洋生命科学革命。

第一节 海洋生物技术的建立与发展

海洋生物技术(marine biotechnology)是一个相对年轻的技术领域。现代海洋生物技术一般认为是以美国 Scripps 海洋研究所(the Scripps Institution of Oceanography)于 1998 年成立的海洋生物技术与生物医药中心(Center for Marine Biotechnology and Biomedicine)为起始。

一、海洋生物技术的定义

海洋生物技术是海洋生命科学的一个重要组成部分,是现代生物技术与海洋生物学交

叉的产物,它是一门运用现代生物学、化学和工程学的原理,利用海洋生物体的生命系统和生命过程,研究海洋生物遗传特性,开发海洋生物产品,保护海洋环境的综合性科学技术。

海洋生物技术的研究范围包括海洋生物的基因工程、细胞工程、蛋白质(包括酶)工程和发酵(代谢)工程等。其研究内容包括利用基因工程和细胞工程培育海水养殖优良品种技术,利用现代分子生物学和医学技术诊断、预防、治疗海洋动物疾病,利用海洋生物特殊功能基因和生命活性物质,开发出有效的海洋药物和海洋保健品;此外,海洋生物技术还包括海洋污染的生物治理,海洋生物传感器的开发与应用,海洋生物技术在工业上的应用,等等。随着海洋生态学、分子生物学、海洋工程学、遥感技术以及深海探测技术不断向海洋生物技术领域渗透并与之结合,预计海洋生物技术研究范围还将日益拓宽。

二、海洋生物技术的现状

当前,国际上海洋生物技术的应用主要体现在两个方面,一为海洋生物资源的保护,二为海洋生物资源的可持续利用。本章主要介绍海洋生物资源高效利用中的海洋生物技术。

(一) 世界海洋生物技术发展现状

自20世纪80年代以来,世界海洋大国和强国纷纷将开发与利用海洋列为基本国策。美国、日本、俄罗斯、欧盟等分别推出了“海洋生物技术计划”、“海洋蓝宝石计划”、“海洋生物开发计划”、“极端环境生命计划”、“冷酶计划”、“极端细胞工厂计划”、“生物催化2021计划”、“深海之星计划”等,投入巨资加大对海洋生物资源开发利用的力度。

1. 海洋药物先导化合物与创新药物研究开发技术

国际海洋药物的研究始于20世纪40年代,最早开发成功的海洋抗生素药物便是来源于海洋真菌的头孢菌素。随后,阿糖胞苷和阿糖腺苷成功上市。自2004年以来,在短短10年间,国际上又接连批准了7个海洋药物,分别为齐考诺肽(芋螺毒素)、拉伐佐(Ω -3-脂肪酸乙酯)、曲贝替定(加勒比海鞘素)、艾日布林(黑色软海绵素甲磺酸)、阿特赛曲斯(海兔毒素抗体偶联物)、伐赛帕(高纯度EPA)、玛丽佐米(盐单胞菌内酰胺)。16种针对恶性肿瘤、创伤和神经精神系统疾病的海洋药物进入I~III期临床研究。除此之外,还有大量的海洋活性化合物正处于成药性评价和临床前研究中。据统计,1998~2011年,国际上共有1420个具有抗肿瘤和细胞毒活性,抗菌、抗病毒、抗凝血、抗炎、抗虫等活性,以及作用于心血管、内分泌、免疫和神经系统等的海洋活性化合物进行成药性评价和/或临床前研究,有望从中产生一批具有开发前景的候选药物。

2. 海洋高端生物制品研究开发技术

近年来,国际上以各种海洋动植物、微生物等为原料,研制开发海洋生物制品已成为海洋资源开发的热点。当前,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,以及保健食品和日用化学品等方面。世界发达国家投入巨资发展海洋生物酶产业,迄今为止,已有20余种具有重要工业、医药、食品、日化用途的高性能海洋生物酶进入产业化,并垄断了中国80%以上的市场。利用壳聚糖开发的急救止血材料批准上市,并作为美军列装物资;另有一批海洋生物来源的组织损伤修复、组织工程、药物运载缓释材料

以及疫苗佐剂等已处于实质性开发阶段。利用海洋琼脂开发的琼脂糖分离介质,在蛋白质、疫苗、抗体等生物大分子的分离纯化中得到了大规模应用。一批新型海洋生物农药、植物免疫调节剂得到大规模的应用,引发了绿色种植、健康养殖和食品安全的一场绿色化学革命。以疫苗接种为主导的养殖鱼类病害防治取得了显著的社会与经济效益。上述成果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,海洋生物制品已成为新兴朝阳产业。

3. 海洋生物功能基因开发利用技术

基因是海洋生物资源再生和可持续开发利用的遗传基础。随着第二、三代测序技术的应用,世界各海洋大国纷纷加大了对海洋生物基因资源掠夺性的发掘和保护,国际上三大基因数据库中海洋生物基因的数量呈指数增加,围绕海洋生物基因的专利也迅猛增加。目前世界各国已开展并完成了多个不同门类海洋生物的全基因组序列测定。同时,转录组学、蛋白质组学及代谢组学技术也在海洋生物基因资源发掘中发挥了重要作用,获得了海量的功能基因,阐释了重要复杂性状的决定机制和代谢调控网络,并展示出在食品、医药、化工、农业、环保、能源等许多领域巨大的应用潜力。目前国际上成功产业化开发并进入市场的海洋生物功能基因产品主要包括海洋来源的多肽类药物、水产养殖动物生长和免疫抗病相关功能基因产品及海洋酶类等。

4. 海洋微生物资源开发利用技术

大洋、深海储藏着种类和数量巨大的微生物资源。近年来,各海洋国家认识到深海生物资源的重大开发利用价值及战略意义,投巨资进行深入系统的研究。深海微生物的特殊代谢途径将产生丰富且结构全新的药物先导化合物,为创新药物研发提供了丰富的候选化合物资源。目前,已经从深海极端微生物及深海动物中发现了一大批新结构或新作用机制先导化合物,显示出对恶性肿瘤、超级耐药菌等的高效性以及抗艾滋病和抗肝炎等的巨大应用潜力。因此,人们预计深海生物及其基因资源将形成 21 世纪一个新的产业生长点。

5. 海洋水产品加工、高值化利用及食品安全技术

据 2013 年联合国粮农组织统计年鉴统计,2010 年世界渔业捕捞及水产养殖总产量已达到了 1.48 亿吨,其中 1.28 亿吨可作为人类的食物,水产品为人类提供了 17% 的蛋白质来源。世界水产品产量约 75% 是经过加工后销售,水产品加工产业是世界渔业产业的重要组成部分。英国、法国、德国、美国、挪威、日本等发达国家在水产品加工、装备开发、高值化利用、食品安全技术等方面仍然处于领先地位。发达国家以理论研究为先导,引领着技术的进步和发展,如日本鱼糜的加工理论、微冻保鲜理论、超高压杀菌理论,美国的危害分析的临界控制点(hazard analysis critical control point, HACCP)理论等都在全世界实现了推广和应用。另外,充分利用海洋水产品中富含的功能性蛋白质、糖类、脂类和小分子活性产物,开发新型健康食品、特殊膳食、肠内营养制品、保健食品、生物材料等高附加值产品,提高人类健康水平,成为世界各海洋科技强国发展新世纪海洋经济的必争领域。食品安全是全世界关注的焦点和热点问题,美国、欧盟、日本等通过调整和修订政策法规,将食品安全列入优先发展领域,通过增加科技投入,强化技术研发,建立溯源技术体系,开展风险评估,保障食品安全。

6. 海洋渔业资源可持续利用发展技术

在深远海捕捞业方面,20 世纪 90 年代以来其增长速度呈现减缓的态势。传统底层鱼类

资源普遍出现衰退,头足类、南极磷虾以及中小型中上层等鱼类资源是今后开发利用的重点。在近海渔业资源养护方面,增殖放流是各国优化资源结构、增加优质种类、恢复衰退渔业资源的重要途径;海洋牧场已经成为世界发达国家发展渔业、保护资源的主攻方向之一;同时,负责任捕捞已成为世界各国捕捞技术和渔业管理的重点。在绿色海水养殖方面,发达国家海水养殖普遍实现集约化。在生态理念的指导下,以节能减排、环境友好、安全健康为特点的生态集约养殖新生产模式已成为发达国家海水养殖业的发展趋势。

(二) 我国海洋生物技术发展现状与水平

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一定的研究基础。近年来在国家 863 计划、国家科技支撑计划、国家海洋局公益性项目等支持下,分别在海洋药物、生物制品、功能基因产品、微生物技术与产品、水产品加工与高值化利用、渔业资源可持续利用等方面已取得明显的成绩,缩短了与发达国家的差距,部分技术达到国际先进水平,部分产品已进入到应用推广阶段,为后续快速发展奠定了良好的技术、人才和产品基础。

1. 海洋药物先导化合物与创新药物研究开发技术

我国是最早将海洋生物用作药物的国家之一,20 世纪八九十年代批准了 5 个海洋多糖药物上市。我国科学家从海洋生物中发现了一批结构新颖和活性多样的针对重大疾病的药物先导化合物,其中 20 余种针对重大疾病的候选药物正在开展系统的成药性评价和临床前研究,5 个海洋药物正在开展临床研究。

2. 海洋高端生物制品研究开发技术

海洋生物酶经过多年的研究积累,筛选到多种具有显著特性的酶类,部分品种(如蛋白酶、脂肪酶、酯酶、溶菌酶等)已得到实际应用;海洋多糖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实现产业化;海洋寡糖农药开发应用在上处于先进水平,并已进入到应用推广阶段;一批具有产业化前景的候选疫苗已进入行政审批程序,其中迟钝爱德华氏菌活疫苗已经通过初审。

3. 海洋生物功能基因开发利用技术

我国目前拥有的测序仪数量为世界第二位,基因资源发掘能力显著提高,且已具备良好的技术基础,正在逐步走向国际领先水平。海洋生物功能基因经过多年的研究积累,已经筛选到一批具有显著特性的功能基因,部分功能基因产品(如抗菌肽基因工程产品饲料添加剂和免疫增强剂)已进入产业化,在国内外市场具有一定的竞争优势。

4. 海洋微生物资源开发利用技术

随着我国综合国力、财力和技术的不断进步,在大洋深海科学考察船的数量、航次数量等方面居世界前列,无人遥控潜水器(remote operated vehicle, ROV)、载人潜水器也已经研制成功,为我国学者开展深海微生物资源的勘探与获取提供了保障。近年来,我国在深海微生物资源的储备方面,建立了大洋深海微生物资源库,积累了大量的深海微生物资源,为我国海洋微生物资源研究与开发奠定了资源保障。上述工作为进一步开发海洋高端微生物制品和海洋创新微生物药物奠定了坚实的基础。

5. 海洋水产品加工、高值化利用及食品安全技术

我国水产品加工能力和水平有了较大的提高,2012 年全国水产品加工能力达到 2 638