

海洋生物 活性物质

迟玉森 张付云 等◎著



科学出版社

海洋生物活性物质

迟玉森 张付云 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分九章, 主要介绍各类海洋生物活性物质的最新研究成果, 包括海洋中的生物资源、生物多糖、生物多肽、牛磺酸、多不饱和脂肪酸(DHA、EPA)、生物活性碘、微生物资源, 以及海洋微生物中的多不饱和脂肪酸与海洋生物酶、海洋微生物与海洋药物。以近 10 年的科学研究为素材, 从现代科学的角度进行分析解读, 既包括海洋生物活性物质化学结构、作用机理等理论性研究, 又兼顾最新的应用进展。

本书可作为海洋科学及相关专业高年级本科生和研究生教材, 亦可作为从事海洋天然药物、食品、保健品及海洋化工产品研究、技术开发生产者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海洋生物活性物质/迟玉森等著. —北京: 科学出版社, 2015.7

ISBN 978-7-03-044734-0

I. ①海… II. ①迟… III. ①海洋生物—生物活性 IV. ①Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 124399 号

责任编辑: 张海洋 夏 梁 / 责任校对: 张怡君

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 7 月第一次印刷 印张: 22

字数: 504 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《海洋生物活性物质》编写委员会

主编

迟玉森 青岛农业大学

张付云 大连海洋大学

编写人员 (按姓氏汉语拼音排序)

迟玉森 青岛农业大学

杜永霞 山东嘉冠油脂化工有限公司

刘启顺 中国科学院大连化学物理研究所

仇宏伟 青岛农业大学

孙海新 青岛世通检测技术研究院

孙姿姿 青岛农业大学

肖军霞 青岛农业大学

徐 莲 北京灵静泉生物技术有限公司

徐先锋 青岛农业大学

于春娣 青岛农业大学

张付云 大连海洋大学

郑 琳 济南科琳生物工程有限公司

序

浩瀚的大海孕育了生命，也养育了形形色色的海洋生物，不但为人类提供了丰富多彩的食物，还蕴藏着各种各样具有增进人体健康与防病治病功效的天然海洋生物活性物质。在这些种类数以万计的海洋生物活性物质中，有的已经被人类认识或利用，制成了药品、保健品等不同产品，对维护人类生命健康产生了重要作用；有的尚未被发现或应用，有待相关领域的专家学者深入研究探讨。特别是在当前，世界上对诸如癌症、心脑血管疾病等严重危害人类健康的疾病尚无有效控制方法，使得许许多多的人，尤其是科技工作者将注意力集中到了海洋生物活性物质上来，希望能有关键性突破。众所周知，科学家因研究的领域和方向不同，专业知识也各有短长，进行医学健康海洋生物活性物质的研发，可能因在海洋生物、医学保健、细胞生物、药剂制备及物理化学等某方面知识的缺乏而使其科学探索受到影响。一本能对海洋生物活性物质的生物类别、化学组成、活性特点、健康效应和医药知识进行系统介绍的书籍，对任何一位从事该领域研究、学习和工作的人都会有巨大的帮助作用。《海洋生物活性物质》正是这样一本值得拥有和阅读的好书。

该书作者以其生物学博士的背景和基础、长期从事食品科学教学与科研工作的经验和积累，特别是在海洋生物活性物质的活性研究与开发应用方面的学识和造诣，撰写了这本关于海洋生物活性物质的专著。全书不仅对海洋生物及其活性物质从历史与现状、资源与分类、结构与功效、制备与分析、活性与特点、作用与机理、生理与病理、长处与不足等多个方面进行了系统而深刻的论述，体现出作者在该领域博深的知识，而且层次分明、文笔流畅、表达确切、寓意深刻，通俗易懂，体现出作者良好的文学与写作水平。该书是一本具有很高科学价值的关于海洋生物活性物质的专业参考书，在本专业和相关领域工作与学习的人员可以将其作为案头必备的知识手册，对医药食品和营养保健领域的相关人员也有较高的阅读价值。对海洋生物及其活性物质感兴趣的人也可一读，一定会从中获得有意义的知识。本人长期从事医学营养专业的教学与科研工作，在天然植物化学物质和海洋生物的功效成分与生物学作用的研究开发方面做了一些工作，读了该书之后，深为其丰富的内容、明晰的思路和朴实的风格所吸引，提笔抒怀，感受真实，权作一序，作为推荐吧。

该书共分九章三十三节，章章节节都凝集着作者的知识和辛劳，体现了作者的认真和严谨，显示了作者的业绩和成就。我为作者完成该书的撰写而高兴，热烈祝贺该书的出版，真诚希望广大读者能喜欢该书，衷心祝愿该书能为相关人员的学习和工作提供帮助，期待该书得以修正、提高和再版。

钟进义

青岛大学教授、博士研究生导师

2015年5月11日

目 录

序

第一章 海洋中的生物资源	1
第一节 海洋生物资源概述	1
一、海洋资源与海洋生物资源	1
二、海洋生物资源的利用进展	4
三、海洋生物资源的价值及其对人类的重要性	9
四、我国海洋药物主要成分研究概况	13
五、海洋药物资源发展历程与展望	16
第二节 海洋中的生物活性物质资源	18
一、天然产物与生物活性成分	18
二、海洋天然产物化学类型及其生理活性	19
三、海洋生物活性物质分类	24
四、海洋生物活性物质研究概况	29
五、海洋生物资源的重要研究途径	30
六、几种重要的海洋活性物质	31
第三节 海洋中的天然产物资源研究进展的概述	44
一、海洋生物活性物质的研究进展	44
二、世界海洋药物发展现状	46
三、类海洋生物活性物质的研究进展	46
四、海洋微生物与生物活性物质	51
五、海洋藻类植物中的活性物质	54
六、海洋动物活性物质工业化制备技术的研究进展	58
第二章 海洋中的生物多糖	61
第一节 海洋多糖概况	61
一、多糖	61
二、海洋多糖	62
三、海洋多糖研究进展	64
四、海洋生物多糖前景展望	72
第二节 海参多糖	72
一、海参概述	72
二、海参多糖研究概况	75

三、海参多糖化学组成研究进展·····	78
四、海参多糖生物活性·····	80
五、海参多糖生物活性新进展——促伤口愈合作用·····	83
六、海参多糖的检测方法·····	86
第三节 贝类多糖研究概述·····	89
一、海洋贝类多糖的制备及生物活性研究概况·····	90
二、海洋贝类多糖含量测定的研究进展·····	98
三、几种海洋贝类多糖·····	100
第四节 海洋中的壳聚糖·····	104
一、壳聚糖概述·····	104
二、壳聚糖的制备方法·····	106
三、壳聚糖的生物活性及其应用·····	106
四、壳聚糖前景展望·····	113
第五节 藻类多糖·····	113
一、海藻多糖概论·····	113
二、海带及其多糖·····	120
三、其他海藻多糖·····	128
第三章 海洋中的生物多肽·····	137
第一节 海洋生物多肽概况·····	137
一、生物活性肽 (biologically active peptide, BAPP)·····	137
二、海洋生物活性肽概述·····	139
第二节 海蜇降压活性肽·····	145
一、降压活性肽·····	145
二、食物蛋白源降压肽研究现状·····	148
三、降压肽活性测定方法研究进展·····	152
四、降压肽实际运用中存在的问题与应用前景·····	156
第三节 海蜇降压活性肽·····	158
一、海蜇降压活性肽的制备·····	158
二、海蜇降压活性肽的降压活性研究·····	159
三、海蜇降压肽与药物降压效果的对比·····	164
第四节 海参肽·····	166
一、海参肽的功能特性及其应用·····	166
第五节 其他海洋活性肽·····	172
一、海洋生物抗肿瘤活性肽·····	172
二、贻贝降血压肽·····	183
三、几种新海洋动物活性肽·····	184
四、海洋鱼、虾、贝类的生物活性肽·····	188

第四章 海洋中的牛磺酸	191
第一节 海洋中的氨基酸	191
一、氨基酸在海洋中的生物循环	191
二、海洋生物中的氨基酸资源	193
第二节 海洋中的牛磺酸	198
一、优质营养素——牛磺酸 (taurine)	198
二、海洋生物中牛磺酸的含量及分布	202
第三节 牛磺酸的研究进展	204
一、牛磺酸应用研究进展	204
二、牛磺酸的提取研究进展	208
三、牛磺酸的测定	210
第五章 海洋中的多不饱和脂肪酸——DHA、EPA	212
第一节 多不饱和脂肪酸及其生物活性	212
一、多不饱和脂肪酸	212
二、多不饱和脂肪酸的基本作用	214
三、 ω -3 多不饱和脂肪酸来源与生物合成	216
第二节 海洋生物中的 EPA、DHA	217
一、海洋生物中 EPA、DHA 的含量及性价分析	217
二、海洋 DHA 和 EPA 的生物来源	221
三、鱼油中 EPA、DHA 的提取原理和方法	223
第三节 海洋鱼油深加工技术研究进展	227
一、鱼油脱腥	228
二、鱼油中 EPA 和 DHA 的分离纯化	228
三、EPA、DHA 结构脂及衍生物	231
四、PUFA 甘油酯的合成	232
五、鱼油产品稳定性研究进展	232
第六章 海带中的生物活性碘	234
第一节 海带与海带中的碘	234
一、海带与其营养	234
二、活性碘的由来与海带中生物活性碘的发现	240
第二节 海带活性碘的补碘特性	244
一、海带活性碘与其他补碘剂临床补碘效果的比较	244
二、海带活性碘的特殊临床补碘效果	247
第三节 海带活性碘 DIT 的动物补碘	250
一、海带活性碘对缺碘甲肿动物的补碘效果	250
二、活性碘 DIT 对高碘甲肿小鼠补碘效果	252

第四节	DIT 在动物体内吸收机制研究及安全性评价	255
一、	DIT 与 Γ 在大鼠体内的吸收比较研究	256
二、	DIT 在大鼠血液中代谢周期的测定	257
第五节	海带碘及生物活性碘 DIT 测定方法的建立	257
一、	海带中总碘测定方法的建立	257
二、	海带中游离无机碘测定方法的建立	260
三、	海带中有机结合碘定量测定方法的建立	261
四、	海带中生物活性碘 DIT 的高效毛细管电泳检测方法的建立	261
第七章	海洋中的微生物资源	262
第一节	海洋微生物资源概述	262
一、	海洋微生物	262
二、	海洋微生物的特性	264
三、	海洋微生物的分布规律	265
四、	海洋微生物的作用与分类	266
五、	海洋微生物资源的价值	267
六、	海洋微生物资源的多样性	270
七、	海洋微生物开发生物活性物质的优势	274
第二节	海洋微生物的开发利用	274
一、	海洋微生物的活性产物	274
二、	海洋微生物活性物质的研究方法	277
三、	海洋微生物资源的开发与应用	279
四、	海洋微生物代谢产物资源及其产生的生物活性的研究进展	280
五、	近年国内海洋微生物代谢产物的研究概况	283
第三节	海洋微生物开发利用前景的展望	288
一、	天然药物开发宜兼顾的因素	288
二、	海洋微生物具有开发天然药物的优势	288
三、	海洋微生物已在抗菌、抗肿瘤方面展现良好的开发前景	289
四、	需要解决的几个关键共性与前景展望	290
第八章	海洋微生物中的多不饱和脂肪酸和海洋生物酶	292
第一节	海洋微生物中的多不饱和脂肪酸	292
一、	海洋微生物与 DHA	292
二、	利用海洋微藻生产 DHA 和 EPA 的研究现状	295
三、	微生物生产多不饱和脂肪酸 PUFA 的研究进展	297
第二节	海洋微生物与海洋生物酶	299
一、	海洋微生物与蛋白酶	299
二、	海洋微生物与脂肪酶	300
三、	海洋微生物与多糖降解酶	300

四、海洋微生物酶的展望·····	304
第三节 海洋微生物与海洋极端酶·····	305
一、海洋生物极端酶·····	305
二、海洋微生物极端酶的开发和应用·····	305
三、海洋微生物低温酶特性及其在食品工业中的应用·····	308
第九章 海洋微生物与海洋药物·····	311
第一节 海洋微生物与抗菌药物·····	311
一、海洋抗菌物质国内外研究现状·····	311
二、海洋微生物产生的抗菌类物质·····	314
三、海洋微生物源抗菌物质的研究进展·····	317
四、海洋微生物源抗菌物质的前景展望·····	320
第二节 海洋微生物与海洋毒素·····	321
一、海洋微生物与毒素·····	321
二、海洋微生物毒素的特点、产毒及作用机制·····	322
三、海洋微生物毒素的检测方法·····	323
四、海洋微生物毒素和其他生物毒素之间的联系·····	324
五、海洋微生物的毒素利用·····	325
第三节 海洋微生物与抗肿瘤物质·····	326
一、海洋微生物来源的抗肿瘤活性物质·····	326
二、已发现的海洋微生物抗肿瘤物质的种类·····	330
三、海洋微生物中抗肿瘤活性物质的发展趋势与前景展望·····	331
参考文献·····	333

第一章 海洋中的生物资源

第一节 海洋生物资源概述

一、海洋资源与海洋生物资源

(一) 海洋资源

海洋资源指的是与海水水体及海底、海面本身有着直接关系的物质和能量，是形成和存在于海水或海洋中的有关资源。包括海水中生存的生物，溶解于海水中的化学元素，海水波浪、潮汐及海流所产生的能量、储存的热量，滨海、大陆架及深海海底所蕴藏的矿产资源，及海水所形成的压力差、浓度差等。

海洋资源可以分为两大类。

第一类是生物资源。汇入海洋的河流带来了有机物质和营养盐类，提供丰富的饵料；冷暖流交汇，利于深水营养盐上泛，利于生物繁殖，故海洋生物资源十分丰富。这些生物资源包括：海洋鱼类，如大黄鱼、小黄鱼、鲷鱼、带鱼、鲈鱼、鳗鱼等；虾类，常见的产量较高的有毛虾、对虾、龙虾等十多种；蟹类；海贝类十分丰富，较重要的有鲍鱼、扇贝、牡蛎、章鱼、墨鱼等；此外，海藻资源种类多，数量大，经济价值较高的有海带、紫菜、石花菜、鹿角菜等。

第二类称作非生物资源。众多的外流河每年挟带大量泥沙入海，这些巨厚的沉积物中蕴藏着贵重的金、铂、金刚石，还有丰富的铁、钛、锡、锆等。最引人注目的应属石油、天然气资源。

(二) 海洋生物资源及其特点

海洋生物资源又称海洋水产资源、海洋渔业资源，指的是有生命的能自行增殖和不断更新的海洋资源，即海洋中蕴藏的经济动物和植物的群体数量。

与陆地生物资源相比，海洋生物资源有其明显的特点：通过生物个体和种下群的繁殖、发育、生长和新老替代，使资源不断更新，种群不断补充，并通过一定的自我调节能力达到数量相对稳定。

海洋生物资源极其丰富，地球 80% 的动物生活在海洋中。据统计，海洋中生物共约 20 万种，鱼类有近万种。海洋中甲壳类动物共有 25 000 多种；藻类 10 000 多种，人类可以食用的海藻有 70 多种。现在人们已经知道海洋中 230 多种海藻含有各种维生素，240 多种生物含有抗癌物质。

统计资料表明，海洋里的动植物中仅鱼类就有 25 000 多种；可供提炼蛋白质和抗生素药物的生物就更多了，达 30 多万种。中西药中所用的上百种海味及鱼肝油、精蛋白和

胰岛素等药物都来自海洋生物。可供食用的水产资源，在不破坏生态平衡的情况下，每年可以开发 30 亿 t 以上。目前人类每年的捕捞量仅为 7000 万~9000 万 t，还不到其中的 1/30。

专家测算，海洋中存活着 20 多万种生物。海洋的初级生产力每年为 6000 亿 t，其中可供人类利用的鱼类、贝类、虾类、藻类等，每年为 6 亿 t，而现在全世界的捕捞量仅为 9000 万 t 左右。海产品已成为人类生活中不可缺少的重要食品来源，目前海产品提供的蛋白质约占人类食用蛋白质的 22%。在不破坏生态平衡的前提下，海洋每年可以产出的水产品足够 300 亿人食用，海洋向人类提供食物的能力等于全球所有耕地提供农产品的 1000 倍。

不仅如此，包括鱼类在内的海洋生物，已成为新型药物和保健品的原料来源，引起国际医药界的日益关注。据估计，从海洋生物中可提制的药品将达 2 万种之多，世界各国为此展开了激烈的竞争。

（三）海洋生物资源的分类

根据不同开发利用和研究用途的需要，海洋生物资源有多种分类方法。例如，按生活方式可以把海洋生物资源分为 3 类，即浮游生物（又分为浮游植物和浮游动物）、游泳生物（指的是有发达的游泳器官、能自由游泳的海洋动物，以脊椎动物为主，如鱼类、鲸类、头足类软体动物）和底栖生物（生活在海底、不能长时间在水中游泳的各种生物），底栖生物又细分为底栖植物与底栖动物。有的研究者按生物学特征简单地将海洋生物资源划分为海洋底栖生物资源和海洋浮游生物资源 2 类。也有学者按生物学特征将其分为海洋植物（包括海洋低等植物、海洋高等植物、浮游海藻、底栖海藻、被子植物、蕨类植物、红树植物）、海洋动物（包括海洋无脊椎动物、脊索动物）和海洋微生物（包括海洋病毒、海洋细菌、海洋真菌）3 类。还有的按资源利用类型划分为观赏资源、工业资源、生物遗传基因资源。但是，在实际研究与应用中，普遍使用的是按照资源种类划分的分类方法，按照这一分类方法，海洋生物资源被划分为海洋动物、海洋植物和海洋微生物三大类。

1. 海洋动物资源

海洋鱼类资源是海洋动物中最为丰富的食用海洋资源，在人类生活中占有特殊的地位，是人类食物的重要来源，能够提供大量蛋白质。

按活动范围，鱼类资源可以分为上层、中层和底层鱼类。其中，以中上层种类为多，占鱼类捕获总量的 70% 左右。主要是鳀科（Engraulidae）、鲱科（Clupeidae）、鲭科（Scombridae）、鲹科（Carangidae）、竹刀鱼科（Scomberesocidae）、胡瓜鱼科（Osmeridae）和金枪鱼科（Thunnidae）等的种类；底层鱼中，产量最大的是鳕科（Gadidae），其次是鲆鲽类。

底层鱼以鳕产量最大，其次为鲆鲽类。按捕获鱼类的食物对象划分：捕食海洋浮游生物鱼类比例最大，约占 75%（其中食浮游植物的鱼类约占 19%）；食海洋游泳生物鱼类约占 20%；食海洋底栖生物鱼类约占 4%；剩下的 1% 则食各种类群的生物。

海洋软体动物资源是除鱼类外最重要的海洋动物资源，占世界海洋渔获量的 7%，包

括头足类（枪乌贼、乌贼、章鱼）、双壳类（如牡蛎、扇贝、贻贝）及各种蛤类等。

海洋甲壳类动物约占世界海洋渔获量的 5%，以对虾类（如对虾、新对虾、鹰爪虾）和泳虾类（如褐虾、长额虾科）为主，并有蟹类、南极磷虾等。由于它们寿命短，再生力强，已成为人工增殖的对象。

海洋哺乳类动物包括鲸目（各类鲸及海豚）、海牛目（儒艮、海牛）、鳍脚目（海豹、海象、海狮）及食肉目（海獭）等。其皮可制革、肉可食用，脂肪可提炼工业用油。其中，鲸类年捕获量约 2 万头；海洋哺乳类动物生活在海底与海洋表层之间，大都是海洋食物链最后一个环节的成员，它们是比较高级的海洋生物，以掠夺为生，被称为“掠食者”，像海狗、海狮、海豹等便属于这一类。这类动物的游泳本领极佳，视觉或听觉特别敏感，而且牙齿也很锋利，许多鱼类都是它们的捕食对象。这样，浮游生物、浮游生物吞食者、捡拾者和掠食者便构成了海洋中的食物链。

2. 海洋植物资源

在海洋里，除动物外，还有另外一类重要的生物，就是创造着整个海洋生命基础的食物来源——植物。以各类海藻为主，主要有硅藻、红藻、蓝藻、褐藻、甲藻和绿藻等 11 门，其中近百种可食用，还可从中提取藻胶等多种化合物。

虽然在高达 20 多万种的海洋生物中，植物仅占 2.5 万种左右，但它直接或间接地支撑着海洋世界里的动物生命，因为所有海洋动物都是以海洋植物为最终的食物来源。

海洋植物是海洋中利用叶绿素进行光合作用以生产有机物的自养型生物。海洋植物是海洋生物的一个主要组成部分，从低等的无真细胞核藻类到高等的种子植物，门类甚广，共 13 个门，1 万多种。

海洋植物由海藻类植物和海洋种子植物两大类组成，其中硅藻门最多，达 6000 种；原绿藻门最少，只有 1 种。

3. 海洋细菌资源

在海洋中，有一类动物是海洋生物生死轮回的总管，那就是细菌。提起细菌，就会使人联想到种种疾病。其实，在众多种类的细菌中，既有能引起疾病的细菌，也有对人类有益的细菌，不能一概而论。

海洋中的细菌按其营养成分，可分为两大类：一类称为自动营养细菌，它们能把二氧化碳和无机物制成有机物；另一类被称为被动营养细菌，在海洋的生死轮回中扮演了很突出的角色，大都属于寄生细菌；它们很容易找到寄主，从而摄取营养，维持生活。被动营养细菌以腐烂的尸体为食，把有机物分解成无机物，这样海洋生物尤其是浮游植物和其他海洋植物就有了营养来源。由于海洋生物的尸体中含有蛋白质，经过细菌加工形成氨或氨基酸，并转化成植物可以直接吸收的亚硝酸盐，从而发生光合作用。这样，腐烂的尸体变成了植物进行光合作用产生的有机物，又可以重新被海洋生物食用了。因此，把细菌称为海洋生物生死轮回的总管是名副其实的。

（四）海洋生物资源的属性

海洋生物资源与海水化学资源、海洋动力资源和大多数海底矿产资源不同，其主要

特点是能够在有利条件下，种群数量能迅速扩大；在不利条件下（包括不合理的捕捞），种群数量会急剧下降，资源趋于衰落。

海洋生物具有自身特有的属性，即多样性、再生有限性、波动性、共享性、游动性和隐蔽性。

由于海洋环境远比陆地环境特殊和复杂，海洋生物无论数量还是种类都远远超过陆地生物，极富生物多样性。到目前为止，地球上已被描述和命名的生物有近 200 万种，其中 80% 栖息于海洋中。除鱼、虾、蟹、贝外，仅低等的海洋动物种类就达 20 万种。海洋中动物的种类远多于植物的种类。

海洋生物资源也是具有生命的资源，因此具有可再生性。通过生物自身的繁殖、补充、生长、死亡等过程，使资源得到更新和再生。另外，由于受到其生态环境中生物和非生物因素的制约，海洋生物资源的再生能力又是有限的。因此，每年的渔获量应有一定的限度，持续、过量的捕捞将会使资源枯竭。

海洋生物的资源量受环境因素的影响，对温度、盐度、水流、溶氧量、营养盐、饵料生物等环境因素的变化有很大的敏感性，其数量常出现波动。

在国家或国际未加管辖之前，某一海域中蕴藏的海洋生物资源不属于任何个人或集团，不仅人人都可以自由利用它，而且还无权排斥他人利用。

海洋生物资源除少数底栖生物营固着生活外，绝大多数都有在水中漂动、洄游移动等习性，这是和森林资源、草原资源、矿产资源所不同的。通常，甲壳类和头足类的移动范围较小，鱼类和哺乳类的移动范围较大，特别是大马哈鱼和大洋性鱼类，有时可移动 1000n mile 以上。

由于海洋生物资源群体栖息于水中，其数量的多少或数量的变化很难直接观察，只能通过某些数量指标反映数量变化。因此，海洋生物资源具有隐蔽性。

现代海洋中生活着 30 多个门、26 多万种生物，其中海洋植物约 10 万种，海洋动物约 16 万种。这些动物资源、植物资源与微生物资源共同构成了海洋生物资源。

二、海洋生物资源的利用进展

当前世界海洋生物资源的利用很不充分，捕捞对象仅限于少数几种，而大型海洋无脊椎动物、多种海藻及南极磷虾等资源均未得到很好地开发利用；捕捞范围集中于沿岸地带，即仅占世界海洋总面积 7.4% 的大陆架水域，却占世界海洋渔获量的 90% 以上。据估计，海洋中有机物平均单产为 50g 碳/ (m²·a)，每年有 200 亿 t 碳转化为植物；海洋每年可提供鱼产品约 2 亿 t，迄今仅利用 1/3 左右。海洋生物资源进一步开发利用的途径为：一是开发远洋（如南大洋）和深海鱼类及大型无脊椎动物，首先是水深 200~2000m 及更深处的资源。二是开发海洋食物链级次较低的种类，如南极磷虾资源。三是大力发展大陆架水域的海水养殖和增殖业（如放养鱼、贝类和虾等），实现海洋水产生产农牧化。

海洋生物资源是一个十分巨大的有待深入开发的生物资源。推测海洋植物约 10 万种，海洋动物约 16 万种，海洋微生物达 100 万种以上。其中我国记录的海洋生物有 20 278 种，约占全世界海洋生物总种数的 10%。作为世界上陆地植物资源最为丰富的我国也仅有 30 000 多种植物，相比较来说，我国发现新型的海洋生物资源还有广阔的空间。

海洋生态系统多样性决定了生物的多样性。海洋生物多样性包括生物基因、生物种类多样性,生态群落、生态系统功能多样性及生物栖息地多样性。人类的生存与发展必须依赖自然界各种各样的生物(资源)和生态环境,生物多样性是人类赖以生存的条件。研究、保护并发展海洋生物多样性,能使人类有可能多方面、多层次地持续利用甚至改造这个生机勃勃的生命世界。

海洋生物的多样性决定了化合物的多样性。生长在海洋这一特殊环境中的海洋生物产生的大量具有特殊化学结构及特殊生理活性和功能的物质,是开发新型海洋药物和功能食品的重要资源。研究开发海洋生物基因资源、海洋药物、海洋功能食品对充分利用丰富的海洋生物资源,提高科学技术水平,造福于人类健康和社会发展具有重要的意义。

(一) 海洋群体生物资源及其药用价值利用进展

海洋生物资源的种类繁多,构成海洋群体资源的主体仍是鱼类。世界海洋鱼类种数约为 16 000 种,栖息在我国海域的约为 1/8,大约有 2000 种。除养殖鱼类的生物学特性外,人们对大部分鱼类的遗传、代谢、生长的研究较少。我国较少数量的经济鱼种分别栖居于海洋底部、海洋中下层、海洋上层,分属于寒带、温带和热带。海洋群体资源除丰富的鱼类资源外,还有许多如对虾、毛虾、鹰爪虾、海蟹、扇贝、乌贼、海蜇等重要的无脊椎动物资源。我国约 2000 种海洋鱼类中,药用鱼类主要有 100 多种,它们分布在我国沿海的不同区域,具有不同的疗效。典型的有鲸鲨(*Rhincodon typus* Smith)、梅花鲨(*Halaaelurus burgeri*)、尖齿锯鳐(*Pristis cuspidatus*)、青鳞鱼(*Harengula zunasi*)、中华海鲶(*Arius sinensis*)、鲈鱼(*Lateolabrax Japonicus*)、黄唇鱼(*Bahaba flavolabiata*)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)、尖吻三刺豚(*Triacanthus strigilifer*)、短吻三刺豚(*Triacanthus brevirostris*)等。

世界上现存贝类 11 万多种,我国已知的贝类约 4000 种,其中相当大一部分是海洋贝类,可见贝类的群体资源是极为丰富的。我国是世界上进行海洋贝类人工育苗规模最大、数量最多的国家,以扇贝、牡蛎、鲍鱼为主要养殖品种。典型品种有粒结节滨螺(*Nodilittorina exigua*)、塔结节滨螺(*Nodilittorina pyramidalis*)、短滨螺(*Littorina brevicula*)、带偏顶蛤(*Modiolus comptus*)、厚壳贻贝(*Mytilus coruscus*)、中华牡蛎(*Parahyotissa sinensis*)、疣荔枝螺(*Thais clavigera*)、瘤荔枝螺(*Thais bronni*)、日本菊花螺(*Siphonaria japonica*)、等边浅蛤(*Gomphina veneriformis*)、巧楔形蛤(*Cyclosunetta concinna*)、紫藤斧蛤(*Danax semigranos*)。

我国藻类植物有 1 万余种,分为 10 门,其中绿藻类、褐藻类、红藻类、蓝藻类作为药用的种类最多。主要的药用品种有 77 种,典型的有浒苔(*Enteromorpha prolifera*)、铁钉菜(*Ishige okamurae*)、羊栖菜(*Sargassum fusiforme* Setchell)、马尾藻(*Sargassum enerve*)、裂叶马尾藻(*Sargassum siliquastrum*)、石花菜(*Gelidium amansii*)、大石花菜(*Gelidium pacificum*)、钩凝菜(*Campylaeophora hypnaeoides*)、美舌藻(*Caloglossa leprieurii*)。

(二) 海洋遗传资源研究进展

随着人类对海洋探索和海洋研究的不断深入,一些独特的海洋生物正在不断呈现。

研究海洋生物基因组及功能基因能深层次地探究海洋生命的奥秘；发掘海洋生物基因，有利于保护海洋生物资源；从海洋生物的功能基因入手，有助于培育出优质、高产、抗逆的养殖新品种，有助于开发具有我国自主知识产权的海洋基因工程新药。

海洋遗传资源具有巨大的科学研究价值，在生命的起源和生命系统的形成上可能发挥过重要而关键的作用。海洋遗传资源研究还因具有极大的经济、社会价值而引起广泛的关注。

海洋遗传资源的核心是深海生物，深海生物处于独特的物理、化学和生态环境中，在高静水压、剧变的温度梯度、极微弱的光照条件和高浓度的有毒物质包围下，它们形成了极为特殊的生物结构和代谢机制系统。由于这种极端的环境，深海生物体内的各种活性物质，特别是酶，具有高度的温度耐受性，高度的耐酸碱性、耐盐性及很强的抗毒能力。这些特殊的生物活性物质是深海生物（微生物和动植物）资源中最具应用价值的部分。除发展、改进海洋微生物的分离培养方法获得新的深海微生物，筛选活性物质外，由于深海生物的难培养性，还应用基因组学研究方法，构建海洋生物基因组文库，通过研究海洋生物遗传基因来获得新的海洋生物活性物质。这是探索海洋资源，特别是深海生物资源，研究开发海洋新药物的必然且有效的选择，也是目前深海生物资源开发的热点之一。

深海生物在工业用酶、药物开发、环境保护方面具有潜在的应用价值。

（三）海洋生物天然产物资源研究进展

21 世纪，海洋生物天然产物受到人们的格外关注，因此应该重视学科交叉，组成科研攻关团队，构建药用海洋生物资源种质库，建立海洋生物天然产物分离纯化和活性筛选的技术平台，逐步完善海洋天然产物化合物数据库，定位与生物活性相关的分子标记，克隆可以药用的功能基因，建立具有海洋生物特色的表达系统和生物反应器技术，为开发海洋生物活性产物提供充足的材料。

海洋生物天然产物资源主要包括以下几种。

脂质化合物 (lipid compound): 海洋生物代谢产物的脂质化合物主要包括已经发现的前列腺素、鱼肝油酸钠、多不饱和脂肪酸、玉梭鱼的体油、鲨鱼油、鲸蜡、海马、海龙、鲨肝醇、软海绵酸、海兔醚等。这些化合物来自于海藻、海绵、珊瑚、海洋鱼类、海洋软体动物及海洋微生物等。

海洋多糖 (marine polysaccharide): 海洋多糖有海藻多糖（微藻多糖、琼胶、卡拉胶、褐藻胶）、甲壳质、透明质酸、硫酸软骨素、刺参黏多糖、玉足海参黏多糖、海星黏多糖、扇贝糖胺聚糖等。海藻多糖从微藻中提取。例如，螺旋藻多糖从蓝藻中的钝顶螺旋藻中分离，具抗衰老、抗疲劳、抗辐射及提高机体免疫功能，对肿瘤细胞有一定的抑制和杀伤作用。褐藻胶为各种褐藻所共有的一种间质，已广泛用于制药和食品工业。甲壳质属于聚乙酰氨基葡萄糖，脱氨基后的产物为壳聚糖，有增强机体免疫力和调节人体生理的功能，如明显降压、降脂、降糖、抗凝、抗菌、止血、消炎等作用。

苷类化合物 (saponin compound): 从海洋生物得到的苷类物质主要有强心苷、皂苷（海参皂苷、海星皂苷）、氨基糖苷、糖蛋白（蛤素、海扇糖蛋白、乌鱼墨、海胆蛋白）等。

氨基酸类物质 (amino acid compound): 氨基酸包括褐藻氨酸、海人草酸、软骨藻酸、

牛磺酸、珍珠氨基酸、鱼眼氨基酸、复合氨基酸（鱼鳔胶、龟甲胶）等。

多肽 (peptide): 多肽包括凝集素、鲨凝集素、血蓝蛋白、铃蟾肽、蛙啡肽类、水母毒素、海葵毒素、水蛭素、章鱼毒素、麝香蛸素、芋螺毒素、鲨鱼软骨血管形成抑制因子、海蛇毒、鲸骨抗炎肽、海豹肽、降钙素、胰岛素、环肽（环二肽、海兔毒素、膜海鞘素）等。

萜类化合物 (terpenoid): 萜类包括单萜类、倍半萜类、二萜类、二倍半萜类、三萜类等。萜类活性物质主要存在于珊瑚、海绵、海藻等海洋生物中，具有抗菌、抗肿瘤、预防疾病等作用。

甾类化合物 (steroid): 甾类包括胆甾烷醇、岩藻甾醇、羟基岩藻甾醇、四羟基甾醇、柳珊瑚甾醇、甾体激素等。甾类主要从海绵、海藻、珊瑚等海洋生物体内提取。功能包括增强人体免疫力、降血压、抗炎、清热消肿、行气化痰等作用。

非肽含氮类化合物 (non-protein nitrogen compound): 非肽含氮类化合物包括酰胺类（头孢菌素类、岩沙海葵毒素、精脞、香豚毒素、黏盲鳗素）、胍类（河豚毒素、石房蛤毒素）、吡喃类（草苔虫内酯、软海绵素）、吡啶类（龙虾肌碱、蜂海绵毒素）、嘧啶类（阿糖胞苷）、吡嗪类（海萤荧光素、海仙人掌）、哌啶类（三丙酮胺）、吡啶类（乌鱼墨）、苯并咪唑类（骨螺素）、苯并唑啉类、嘌呤类（6-硫代鸟嘌呤）、喹啉类（喹啉酮）、异喹啉类、碟呤类（骏河毒素）、咪啉类（蕈状海鞘素）、核酸类（鱼精蛋白）、沙蚕毒素等。

海洋产物资源除上述主要的 8 类化合物外，还包含海洋酶类和海洋色素。

（四）新的海洋生物资源研究进展

海洋生物资源是十分巨大的有待深入开发的生物资源，海洋环境的多样性决定了生物多样性，同时也决定了化合物的多样性。发掘新的海洋生物资源已成为海洋药物研究的一个重要发展趋势。

海洋广阔无垠，环境多样，包罗万象，既有温和的一面：昼夜温差小，年温度差小；也有鲜为人知的严酷极端的一面。极端海洋环境主要集中在深海环境和极地海洋环境。深海中水体压力更大，缺氧甚至无氧，持续低温，偶有高温或冷泉；极地海洋环境异常极端，寒冷、高盐和强辐射是其主要特征。在如此极端的海洋环境中生存繁衍的海洋生物，必须具备适应极端生存环境的生命系统。因此，极端环境海洋生物不仅种类独特，而且含有很多极具潜力的活性物质和基因资源，具有巨大的科研和商业开发前景。这是与陆地资源截然不同的新型资源。

极端环境海洋生物具有极强的适应环境的能力，它们体内产生了结构特异、性质特殊的海洋生物活性物质。随着极端海洋生物技术的迅速发展，人们不断发现具有药用价值的新型化合物，从极端环境海洋生物体内可以提取到大量抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗凝血、降压降脂等生物活性物质。目前国外已经开始尝试从深海和极地环境海洋生物中筛选新的特效抗生素。例如，利用富含不饱和脂肪酸的海洋生物来生产 EPA（二十碳五烯酸）和 DHA（二十二碳六烯酸），这两种不饱和脂肪酸具有降血脂、降血压、抑制血小板聚集、提高免疫能力的作用，并且可抑制肿瘤的生长和转移，降低癌症发生和死亡率。此外，在极端环境海洋生物中还含有特殊的毒素、抗毒素、抗冻活性物质、抗辐射活性物质等，这些活性物质都具有广阔的应用前景。