

海洋生物资源在生物制药中的应用研究

王麟鹤

辽阳职业技术学院, 辽宁 辽阳 111000

[摘要]文中围绕海洋生物的药用功效展开探究,梳理其药用价值与传统中医药之间的关联与融合应用,并系统分析现代制药关键技术与产业化路径。研究首先梳理海洋生物入药的起源与历代发展脉络,结合传统中医基础理论,系统分析各类药用海洋生物的药性、归经及药用功效;同时依托现代生物提取、成分鉴定等科学技术,精准提取并甄别海洋生物中的有效活性成分,进一步挖掘其药用潜力。此外,探讨了海洋药用生物资源开发利用与海洋生态保护之间的平衡发展策略,破解资源利用与生态养护的矛盾问题。研究结果表明,海洋生物拥有区别于陆生药材的独特药用价值,在中医理论的指导下早已被广泛应用于各类病症调理与治疗;同时现代科学技术的加持,进一步拓宽了海洋中药材的药用场景与应用范围。但目前行业发展也面临诸多问题,核心存在海洋药用资源过度开采、海洋生态环境遭到破坏、资源可持续利用不足等痛点。本次研究能够为海洋药用生物资源的科学化、合理化开发利用提供参考,进一步丰富和完善中医药药材理论体系,对助力中医药创新发展、推进中医药现代化产业化进程具有重要的实践意义与学术价值。

[关键词]海洋生物资源;生物制药;活性物质;关键技术;生态保护

DOI: 10.33142/nsr.v3i2.20007

中图分类号: R9

文献标识码: A

Research on the Application of Marine Biological Resources in Biopharmaceuticals

WANG Linhe

Liaoyang Vocational and Technical College, Liaoyang, Liaoning, 111000, China

Abstract: The article explores the medicinal efficacy of marine organisms, sorts out the correlation and integration application between their medicinal value and traditional Chinese medicine, and systematically analyzes the key technologies and industrialization paths of modern pharmaceuticals. The study first sorts out the origin and historical development of the use of marine organisms in medicine, and combines traditional Chinese medicine basic theories to systematically analyze the nature, taste, meridian tropism, and medicinal efficacy of various medicinal marine organisms; At the same time, relying on modern scientific technologies such as biological extraction and component identification, accurate extraction and identification of effective active ingredients in marine organisms are carried out to further explore their medicinal potential. In addition, the balanced development strategy between the development and utilization of marine medicinal biological resources and marine ecological protection was explored, and the contradiction between resource utilization and ecological conservation was resolved. The research results indicate that marine organisms have unique medicinal value that distinguishes them from terrestrial medicinal materials, and have been widely used in the regulation and treatment of various diseases under the guidance of traditional Chinese medicine theory; At the same time, the support of modern science and technology has further expanded the medicinal scenarios and application scope of marine traditional Chinese medicine. However, the current development of the industry also faces many problems, with core pain points such as excessive exploitation of marine medicinal resources, damage to the marine ecological environment, and insufficient sustainable utilization of resources. This study can provide reference for the scientific and rational development and utilization of marine medicinal biological resources, further enrich and improve the theoretical system of traditional Chinese medicine, and have important practical significance and academic value in promoting the innovative development of traditional Chinese medicine and advancing the modernization and industrialization process of traditional Chinese medicine.

Keywords: marine biological resources; pharmaceuticals; active substances; key technologies; ecological protection

引言

海水占地球表面面积约为 71%，高压、高盐、低温、寡营养等极端环境条件使海水中的生物发育出了不同于陆生生物的独特酶系，形成了特殊形态、独特功能的新颖化合物。据不完全统计，目前已有约 14 种上市的海洋药物产品，另有超过 50 种进入临床试验阶段^[1]。2025 年我国海洋药物和生物制品业增加值已达 996 亿元，“十四五”以来增长近四成^[2]。中国拥有约 300 万 km² 的领海，海洋生物资源蕴藏丰富，发展海洋生物制药产业有利于维护国民身体健康、实现海洋开发强国的目标。

1 海洋生物资源类型及其药用开发潜力

海洋生物资源根据医药方面的开发利用可分为海洋植物、海洋动物以及海洋微生物三大类。

海洋植物为活性物质的主要来源之一。褐藻含有大量褐藻胶、海带酸、岩藻多糖等活性成分，其中岩藻多糖因具有抗肿瘤、免疫调节和抗凝血等多种生物活性而成为研究重点；微藻如杜氏盐藻由于分子工程体系日益完善，已被开发为重组疫苗载体；海草和红树林植物共生真菌则是新的活性物质重要资源。

海洋动物是最复杂的天然产物资源库。海绵被认为是最好的海洋次级代谢物制造机器^[3]，目前批准上市的海洋药物中即包括从海绵软海绵素 B 的半合成衍生物制成的抗癌药甲磺酸艾日布林；海鞘科含有环肽类等抗癌物质；软体动物芋螺能产生多种镇痛芋螺毒素。

海洋微生物是近年来增长最快的研究领域。海洋真菌、放线菌易于培养、易发酵、可连续生产，被认为是将来最有前途的方向。深海冷泉等极端环境中的微生物具有非常特殊的次生代谢途径，其生物合成基因簇大部分尚未被发现，形成一个巨大的“蓝色药库”。海洋微生物可合成聚酮类、生物碱类、肽类等多种活性物质，在抗菌、抗肿瘤等方面具有应用价值。

2 主要活性物质基础与药理功能

2.1 海洋植物活性物质

海洋植物功能成分主要包括多糖、多酚、萜类、甾醇等几大类。褐藻中的岩藻多糖能够激活巨噬细胞及自然杀伤细胞，产生免疫调节与抗肿瘤效果，并有降低血脂的功效；海洋微藻中富含 EPA 及 DHA 等 ω -3 系列多聚不饱和脂肪酸，具有显著的降血脂、抗炎、保护心脏功能的作用；海藻多酚类可通过减轻炎症、提高胰岛素敏感性及帮助控制体重，从而改善代谢水平与心血管健康；一些经基因工程改造的海洋微藻可生产重组抗原应用于疫苗制作，扩大了海洋植物资源的利用范围。

2.2 海洋动物与微生物活性物质

海洋动物活性成分的特点是结构复杂、活性高。海源天然产物（肽类、生物碱、聚酮类及多酚类）可作为抗真菌、抗菌、抗病毒及抗癌药物的先导化合物，其中海绵聚酮类、海鞘环肽类一般具有纳摩尔级细胞毒性。中国海洋大学团队在真海鞘中发现一种新萜类化合物 Halorotetin B，并对其进行了结构鉴定，证实其通过调控 UBE2C 靶点抑制了肿瘤细胞的生长^[4]。

海洋微生物活性物质研究发展迅速。2024 年报道了 72 种具有抗菌活性的海洋真菌新天然产物；深海真菌在特殊环境中会产生新颖骨架结构的化合物^[5]。南海海洋研究所研究小组将深海青霉菌与海绵来源真菌共同培养，从中提取到含有稠三环新颖骨架的 sorbicillalanine 类生物碱，在细胞模型内显示出很强的抗炎活性^[6]。广西红树林放线菌次级代谢产物具备降血糖及降血脂活性，表明海洋微生物对代谢病治疗药物的开发具有良好前景。

2.3 海洋生物在中医复方中的应用

海洋类药材配伍使用，能明显发挥互补增效的作用。经典方剂海藻玉壶汤里，海藻搭配昆布、半夏，合力提升软化结块、消散肿物的效力，常用于甲状腺肿大等病症调理；牡蛎散以牡蛎为核心药材，搭配黄芪、麻黄根，收敛止汗与补益肺气相互配合，改善日常无故出汗、夜间盗汗问题。日常也常见海参搭配枸杞、当归进补，契合药食同源的养生思路，既能调养身体，也能起到预防不适的作用。不难看出，合理将海洋药材搭配组方，不仅拓宽了中医药的用药选择，也为海洋新药的研发提供了重要参考依据。

3 海洋生物制药关键技术与生产工艺

3.1 活性成分提取与分离技术

有效成分的快速纯化分离是海洋生物药用的首要关键技术。溶剂萃取法是目前实验室和行业中最普及、最常用的活性成分提取技术之一，其核心原理是化学中经典的相似相溶原则——工作人员可根据目标活性成分的极性大小，挑选匹配极性的有机溶剂，对海洋生物样品进行浸泡、萃取，从而将目标化合物分离提取出来。这种提取方法最大的优势是操作流程简单、上手门槛低，且实验耗材和整体成本低廉，适配大部分常规提取实验。但该方法也存在明显短板：提取过程中容易出现有机溶剂残留问题，同时还会无差别地提取样品中的多种杂质，特异性较差，极大限制了其在药品研发、高精度检测等对成分纯度要求极高的领域中的使用。

色谱分离技术凭借超高的分离分辨率，成为复杂海洋生物混合物提纯的主流技术，目前常用的类型主要包

括薄层色谱、柱色谱以及高效液相色谱等。其中高效液相色谱优势最为突出，兼具分离效率高、检测速度快、精准度高的特点，已成为海洋生物活性成分分离纯化的核心技术，尤其适合海洋生物中含量极低、难以捕捉的微量活性成分的富集、分离与精准分析。此外，超临界流体萃取技术是近年来兴起的一种新型绿色环保提取工艺，主要以超临界二氧化碳作为萃取介质，全程不使用传统有机溶剂，从根源上避免化学溶剂带来的环境污染和样品污染问题，同时保证较好的提取效率。该技术萃取过程温度温和，不会破坏活性成分结构，特别适合提取遇热易分解、性质不稳定的热敏性海洋生物活性成分。不过这项技术也存在明显的应用局限：配套设备造价昂贵、投入成本高，难以实现大批量、规模化的工业生产和广泛普及。

3.2 结构鉴定与分子优化方法

结构鉴定是活性化合物转化为药物的桥梁步骤。目前的技术手段以波谱技术为基础：核磁共振波谱获取碳氢化学环境参数，质谱技术可准确测定分子量；近年来 ECD 计算、碳谱计算等量子化学计算技术已应用于复杂的海洋天然产物立体异构体研究，X-射线单晶衍射仍是确认绝对构型的标准方法。

在结构分析的基础上，结构-活性关系（SAR）研究通过对重要功能基团进行有计划的改造，提高药物分子活性及其药学性质。目前市面上已有的海洋药物基本都经过部分或完全的结构改造才得以上市，例如甲磺酸艾日布林即由天然产物软海绵素 B 经化学修饰获得。

3.3 药物筛选与活性评价体系

高通量药物筛选是当代海洋药物发展的加速器，其以某一分子靶点为导向的体外筛选体系配合 96 孔板或 384 孔板技术平台，能在较短时间内对大量样品进行测试。对于抗肿瘤活性的检测，一般采用多种肿瘤细胞系及相应的正常细胞系进行平行试验，以检测化合物的选择性毒性作用。由于斑马鱼繁殖迅速、透明度高，故被广泛用于海洋药物早期的体内筛选。化学蛋白质组学、转录组学等相关组学技术的应用也为靶点鉴定提供了新的手段。

3.4 规模化制备与质量控制工艺

规模化生产是海洋活性物质产业化的最大障碍。化学全合成或半合成可解决药物来源问题，目前已有的一些上市海洋药物大部分通过这种方式获得。微生物发酵提供了一种可持续的手段，在菌株筛选及发酵条件优化的基础上可获得更高的活性产物产量。合成生物学可将目标产物的生物合成基因簇转移至合适的底盘细胞中实现高效表达，

是一种很有潜力的规模化生产方式。

质量保证体系覆盖整个生产流程，包括原料种属确认、中间步骤控制及成品含量测试等多个方面。超纯海藻酸钠等高端海洋生物制品公斤规模生产的工业化在我国已可实现；青岛明月海藻集团于 2020 年 10 月建成首条年产 200 公斤体内植入用超纯海藻酸钠生产线，为全球第二家掌握该技术的企业^[7]。如表 1 所示，不同的关键技术环节在整个产业链条上发挥着至关重要的作用。

表 1 海洋生物制药关键技术环节对比

技术环节	主要方法/技术	核心功能
提取与分离	超临界 CO ₂ 萃取、酶解、柱层析	获得活性粗提物或单体
结构鉴定	NMR、MS、X 射线衍射	确定化合物化学结构
分子优化	SAR 分析、半合成改造	提升化合物的成药性
药物筛选	高通量筛选、细胞与动物模型	评价活性与药理作用
规模化制备	化学合成、发酵、合成生物学	实现化合物的可持续供给
质量控制	HPLC、GC、LC-MS、含量测定	保障产品安全有效

4 海洋生物药用资源开发与保护的平衡

4.1 海洋生物药用资源开发现状

随着海洋生物药用功效的不断发掘，这类资源已成为医药行业的重要发展板块。国内现已发现上千种具备药用开发潜力的海洋生物，海马、海藻等常见品类普遍应用于中成药制作和保健产品加工。山东是国内海洋中药产业的核心地带，相关授权专利数量占全国总量的四分之一，当地青岛明月海藻集团年营收超过 60 亿元（2024 年数据）。不过行业发展仍有不少短板：产品加工大多停留在基础阶段，未能产出高附加值产品；海马等生物因过度捕捞，野生储量日渐稀少；市面还存在物种品类杂乱、假冒药材流通的乱象。如膨腹海马未能纳入 2020 版药典规范，使得该自然资源无法得到科学合理的开发使用。

4.2 过度开发对海洋生态环境的影响

过度捕捞与采摘海洋药用生物，严重破坏海洋生态平衡，导致关键物种数量锐减与食物链断裂。海水污染与气候异常进一步加剧了生态退化，一旦某处生态受损，可能引发难以逆转的连锁危害。如何兼顾资源利用与生态保护，已成为亟待解决的现实难题。

4.3 可持续发展策略探讨

为实现海洋生物药用资源的可持续发展，需从多方面制定科学保护方案。一方面，普及人工培育养殖技术，运用各类现代生物技术提升珍贵海洋药材的培育速度，同时划定专属保护区，助力濒危物种恢复繁衍。另一方面，完善海洋保护区的建设与日常管控，搭建濒危物种监测预警体系，避免资源过度消耗。此外，应整理建立海洋药材

标本和数据档案,为后续保护研究奠定数据基础。同时,凝聚多方科研力量,联动高校、科研机构和企业组建研发团队,合力破解资源开发与生态保护中的技术瓶颈,既稳定药材供应,又降低对海洋环境的伤害,最终实现经济效益与生态保护的双赢^[8]。

5 结束语

海洋生物资源因其丰富的化学多样性正在成为开发新药的重要来源。无论是海洋植物、海洋动物还是海洋微生物,都含有大量活性成分,在抗肿瘤、抗感染、心脑血管及代谢病、免疫性疾病、神经疾病等多种疾病的治疗上具有很好的应用价值。对这些活性成分进行有效提取分离、结构分析、化合物筛选及规模化生产的工艺技术不断提高,也为海洋药物的产业化提供了可靠保障。今后应加强海洋生物资源的基础研究,包括对其药用机制的深入探索及新活性成分的挖掘,以丰富中医药理论体系并推动创新药物研发。

[参考文献]

- [1]林逸君.海洋抗肿瘤药物研发与产业化进展[J].应用海洋学学报,2025,44(2).
- [2]自然资源部.2025 年中国海洋经济统计公报[EB/OL].(2026-03-13)[2026-07-07].<https://www.mnr.gov.cn>

/dt/ywbb/202603/t20260313_2916467.html

- [3]任子安,陈俊任,王渤,等.海藻生物制药推动海洋强国建设研究进展[J].海洋开发与管理,2023,40(4):79-87.
- [4]Fang Z X,et al. Halorotetin B,a novel terpenoid compound derived from marine ascidian, suppresses tumor growth by targeting the cell cycle regulator UBE2C[J]. Advanced Science,2025(2):10.
- [5]Pan C Q,Hassan S S U,Muhammad I,et al. Marine fungi as a goldmine for novel antibiotics:a 2024 perspective[J]. Frontiers in Marine Science,2024(11):1538136.
- [6]Pang X Y,Ren X,Chen W H,et al. Sorbicillalanines A and B,two [6 , 5 , 6] hybrid-sorbicillinoid alkaloids from deep-sea-derived *Penicillium* sp.co-cultured with sponge-derived *Setosphaeria* sp.[J].Organic Letters,2025(1):11.
- [7]人民日报.海中挖潜,小海藻撬动大产业[N].人民日报,2025-07-11(12).
- [8]贾伟章,王英,余雪松,等.海洋生物制造综合性工程训练课程教学中鱼精蛋白重组表达的实验设计[J].实验室研究与探索,2022,41(9):229-232.
- 作者简介:王麟鹤,(1987—),毕业于厦门大学海洋生物学专业,当前就职于辽阳职业技术学院,教师,助教。