基于 Pearson 关联模型的山东省海洋生物医药业发展路径分析

付秀梅，李于森，林春宇，苏丽荣

（中国海洋大学　青岛　266100）

摘要：21 世纪以来，海洋生物医药业作为我国战略性新兴产业，对山东省实现产业结构升级起着重要作用。文章从国内外海洋生物医药业发展现状入手，对山东省海洋生物医药业现状进行研究，分析其发展的优势和存在的问题；从社会、资金、科研、环境等 4 个层面选取 6 个影响因素，运用 Pearson 关联模型进行实证分析；根据分析结论，提出实现山东省海洋生物医药业可持续发展的相关政策建议。

关键词：海洋生物医药；海洋经济；科技兴海；新兴产业；山东半岛蓝色经济区

中图分类号：F326；P7　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2016)09－0049－05

Analysis of Developing Path of Marine Bio pharmaceutical Industry in Shandong Province Based on Pearson Correlation Model

FU Xiumei，LI Yusen，LIN Chunyu，SU Lirong

（Ocean University of China，Qingdao 266100，China）

Abstract：Marine bio pharmaceutical industry has gradually become China's strategic emerging industries since the beginning of twenty-first Century. Marine bio pharmaceutics，as an emerging industry，will play an important role in realizing the upgrading of industrial structure in Shandong Province. The paper analyzed the developing status of marine bio pharmaceutical industry at home and abroad. The paper then studied the current situation of marine bio pharmaceutical industry in Shandong Province，exploring the advantages and disadvantages of the development of marine drugs industry. 6 influencing factors from four aspects of the social，financial，scientific research and the environment were selected and the influencing factors of marine bio pharmaceutical in Shandong province were analyzed by using the Pearson correlation model. According to the analysis conclusion，the specific policy recommendations to achieve sustainable development of marine bio pharmaceutical industry in Shandong province were put forward.

Key words：Marine bio pharmaceutics，Marine economy，Marine science and technology，Emerging industries，Shandong Peninsula Blue Economic Zone

收稿日期：2016-04-25；**修订日期**：2016-08-01

基金项目：国家自然科学基金项目子课题“海洋药用生物资源状况与开发利用对策分析”(81172977)；广西科技兴海专项项目“广西海洋药物资源状况及其潜力评价”(GXZC2014－G3－0578－KLZB－C).

作者简介：付秀梅，副教授，博士，研究方向为海洋资源环境与经济可持续发展，电子信箱：fuxiumei92@163.com

通信作者：李于森，硕士研究生，研究方向为海洋经济理论与资源可持续利用，电子信箱：liyusen6@sina.com

1 引言

海洋生物医药业是指通过提取海洋生物中的有效药用成分，生产制造基因工程药物、保健品和生物化学药品等的活动[1]。21 世纪以来，海洋生物医药业逐步成为我国战略性新兴产业，我国在海洋生物医药研究方面具有相当大的竞争力[2]。山东省海域辽阔、海洋生物资源丰富、科研力量雄厚，通过不断发展，海洋生物医药产业取得显著进步，技术创新力和市场竞争力不断提升，现已成长为山东省蓝色经济发展的重要支柱。本文分析山东省海洋生物医药产业的现状，利用 Pearson 关联模型对相关影响因素进行研究，根据实证分析结果总结当前存在的问题并提出相应建议，以期实现山东省海洋生物医药产业的可持续发展。

2 国内外海洋生物医药业研究综述

2.1 国外概况

国外对海洋生物医药业的研究始于 20 世纪 60 年代，此后美国、欧盟、日本等发达国家和地区分别推出海洋生物开发计划，投入巨资发展海洋生物技术，以促进海洋生物医药业的发展[3]。美国早在 1960 年就举办海洋生物医药学研讨会，于 1967 年设立国家海洋医学和药理学研究所以支持全国对海洋药物的研究，制定《生物技术未来投资和扩张法案》以提升企业投资的积极性，从而推动生物制药技术的发展[4]；日本于 20 世纪 80 年代成立海洋生物技术研究院，并建立两个较为先进的药物实验室，为海洋生物医药业的发展提供技术支持[5]；欧盟于 1998 年制定《生物技术发明保护法》和《欧洲生命科学与生物技术战略》，为海洋生物医药业的发展提供政策支持，并在科研计划中把生物医药摆在首要位置，欧盟各国还制定各种规划与保障措施推动海洋生物医药业的发展[4]。此外，各国也逐步加大对海洋生物医药业的资金投入，如 2009 年美国对海洋生物医药业的投入达 8 880 亿美元，2010 年欧盟对海洋生物医药业的投入达 2 亿英镑[6]。经过 50 多年的发展，美国、日本和欧盟等发达国家和地区海洋生物医药业的科技水平显著提高。

在海洋生物医药业研究方面，美国学者 Thakur、Leary[7] 等对海洋生物医药业的概念和内涵进行详细阐述，并对海洋基因工程和海洋生物制品的运用领域进行概括；Gamal[8] 研究认为海洋生物医药业获得迅速发展与政府政策推动密切相关，并据此提出相应建议。

2.2 国内概况

我国海洋生物医药业研究起步较晚，自 1978 年改革开放后才逐渐发展起来。我国著名海洋药物学家关美君在改革开放初期提出“向海洋要药”，国家对此高度重视，并将海洋药物研究纳入国家科学技术发展规划。20 世纪 90 年代末，海洋生物技术研究被正式列入国家“863”计划，海洋生物医药科技成果产业化的步伐不断加快，诞生一批海洋生物医药高科技企业，产业规模逐步扩大。21 世纪以来，我国海洋生物医药业的研发力量不断增强，研究水平和研究成果不断提升，为产业发展奠定基础[9]。

我国学者也对国内外海洋生物医药业的发展现状进行研究，讨论我国海洋生物医药业面临的问题并提出相应对策[10]。针对我国自然资源现状，有学者提出中国药用资源必须坚持可持续利用模式，这是生物医药产业化的必然选择；随着科技进一步发展，有学者认为海洋药物资源具有非常广阔的开发前景，并据此提出加快生物技术研究的对策[11-13]；有学者提出进行濒危海洋野生药用生物的组织培养、细胞培养研究和基因库、种质库建设，对于未来药用生物资源的可持续利用具有不可估量的价值[14]。此外，有学者对山东省海洋生物医药业发展进行研究，认为目前已形成以海洋生物医药为主、海洋活性物质提取为辅的海洋生物医药业发展体系[15]。

目前绝大多数研究是从定性方面进行分析，缺乏各种相关因素对海洋生物医药业影响的定量研究。基于此，本文以山东省为例，利用 Pearson 关联模型，研究影响海洋生物医药业的主要因素，以期促进山东省海洋生物医药产业健康、快速发展。

3 山东省海洋生物医药业发展现状

山东省利用沿海区位和资源条件优势，大力发展高新技术海洋医药业，至今已取得重大成果[16]，成为海洋生物医药业发展强省（表 1）。

表 1　2003—2013 年山东省海洋生物医药业增加值

年份	增加值/亿元	年份	增加值/亿元
2003	3.26	2009	24
2004	5.88	2010	30.18
2005	13.85	2011	34.98
2006	16.12	2012	41.98
2007	21.02	2013	56.08
2008	21.28		

数据来源：《中国海洋统计年鉴 2004—2014》.

在科研方面，山东省成立海洋领域的国家级技术研究中心，海洋药物研发取得丰硕成果，到 2013 年已经有 2 个新药进入Ⅲ期临床阶段、3 个新药进入Ⅱ期临床阶段、5 个新药进入临床前或完成临床前研发阶段（表 2）。

表 2　山东省海洋药物研发进度（至 2013 年）

名称	疗效	进度
泼力沙滋（911）	抗艾滋病	临床Ⅱ期
D－聚甘酯	抗脑缺血	完成临床Ⅱ期预实验
几丁糖脂（916）	抗动脉硬化	临床Ⅲ期
HS971	抗老年痴呆	临床Ⅱ期
乐复能	抗肿瘤、病毒	临床Ⅲ期
HS203	抗 2 型糖尿病	完成临床前研发
淋巴靶向检测试剂	肿瘤淋巴转移早期诊断	临床前
海普诺	抗 2 型糖尿病	临床前
新藻酸双酯钠	抗凝、心脑血管疾病	临床前
抗凝血酶素Ⅲ	抗凝	临床前

注：研发药物均为化学药 1 类；数据来源于《青岛市海洋医药与生物制品产业发展规划 2013—2020》.

3.1　产业优势

海洋药物是山东省海洋生物产业化快速发展的代表。2013 年全省海洋生物医药业增加值近 60 亿元，青岛等地海洋生物医药业的产业集聚度提高，一大批生物医药企业开始向海洋领域拓展。

3.1.1　海洋生物资源丰富

山东省是海洋大省，拥有“一洲、二带、三湾、四港、五群”的自然地理特色，为多种不同习性海洋生物的生长、栖息、繁殖提供优越场所。独特的地理区位和自然条件，使山东省海洋生物资源物种繁多、数量丰富，为海洋生物医药业的发展奠定重要的物质基础。

3.1.2　科研实力雄厚

山东省拥有国家级的人才队伍和科研装备，拥有涉海科研机构 57 所，建成 3 个海洋领域的国家级技术研究中心和 16 个省级技术研究中心，形成不同层次、配套衔接、功能各异的海洋高技术产业化开发体系，海洋人才密集程度居全国之首。“十一五”期间，山东省承担海洋领域国家科技支撑项目 11 项，承担国家高技术发展计划，即“863”计划海洋领域项目 170 项，承担国家重点基础研究发展计划，即“973”计划首席科学家项目 6 项，承担国家海洋局公益性行业专项 28 项[17]。综上所述，山东省在海洋科技方面具有显著优势，为海洋生物医药业的发展提供巨大的技术支持。

3.1.3　产业发展基础好

1986 年山东省首创海洋新药藻酸双酯钠（PSS），获得显著的经济效益。之后褐藻胶寡糖及其衍生物、HS971 等海洋生物制品相继面世，不但带来巨大的经济效益，而且产生良好的社会效益。

生产质量管理规范（GMP）是药品生产与管理必须遵循的基本准则。针对我国制药企业较为分散的格局，2010 年国家发布新版 GMP，健全我国医药业质量管理体系，淘汰大量的中小药企，医药业集中度得以提高。至 2013 年山东省医药工业规模以上企业达 703 家，实现主营业务收入 3 277 亿元，较全省工业增速高出 6.1 个百分点。

青岛是国家海洋生物医药业的发展基地，拥有崂山区、高新区、黄岛区等 3 个海洋生物产业园区，园区内有兰太药业、明月海藻等大型海洋药物企业，海洋生物医药业产值在全国遥遥领先。

3.2　存在的问题

3.2.1　科研成果转化不足

在海洋生物医药产品研发环节，研究机构与企业对成果的市场前途和价值认定存在错位，即企业根据市场需求定位、研究机构根据科研兴趣攻关，同时研究机构和企业对研发成果价值的评估也不一致，致使科研成果难以转化成现实生产力。因此，当务之急是实现海洋生物医药业产学研相结合，以促进海洋生物医药业的可持续发展。

科研成果转化为生产力的过程可以划分为科

研、中试、生产等 3 个环节，其中中试是科研成果产业化的关键环节。山东省科研基础雄厚，但海洋药物产业化刚刚起步，缺乏必要的中试实验条件，导致海洋生物医药业科技成果转化率低、技术创新不足。此外，山东省基础性研究人才比例远远高于工程技术研发和成果转化人才比例，造成海洋生物医药研发技术储备不足、产业发展仍较缓慢。

3.2.2 产品结构水平较低

目前我国对海洋生物医药的研究仍相对较少，虽然海洋蕴藏着大量资源，但真正开发利用的十分有限，许多海洋生物资源的药用价值并未完全发掘出来。当前主要从海藻中提取褐藻胶、卡拉胶、琼胶、碘和甘露醇等，而对深海动植物与微生物关注较少。

海洋生物医药业作为新兴产业，当前的产业集聚度与其他成熟产业相比还有较大的差距，发展水平不高；在海洋生物医药产品生产的关键环节还需要依靠国外先进技术，自主创新能力相对较弱。

3.2.3 生态环境保护未受重视

由于海洋生物医药资源具有巨大的经济价值，目前大多数人只关注其经济价值而忽略对生态环境的保护[18]。目前海洋生物医药原材料的供给基本依靠天然捕捞，现有产业链中也存在浪费、污染现象，生态化和低碳化的理念未得到真正落实[19]。

4 山东省海洋生物医药业影响因素的实证分析

根据 Pearson 关联模型，研究影响与制约山东省海洋生物医药业发展的各个因素，并对各因素的关键程度进行排序，以期有针对性地解决相关问题，实现产业可持续发展。数据来自《中国海洋统计年鉴 2004—2014》和《山东省统计年鉴 2014》。

4.1 影响因素的选取

作为海洋新兴产业，海洋生物医药业的发展与海洋经济的发展密切相关，同时也会受到技术、环境等因素的制约。本文从社会、资金、科研、环境等 4 个方面选取 6 个影响因素进行研究，其中社会因素选取山东省海洋生产总值，资金因素选取政府资金投入和山东省海洋科研机构经费，科研因素选取山东省海洋科研机构在职科技活动人员数，环境因素选取废水排放量和二氧化硫排放量。

4.2 Pearson 相关系数的运算

Pearson 相关系数用来衡量 2 个数据集合是否在一条线上，以此判定定距变量间的线性关系。设对于任意 2 个随机变量

$$X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\},\ Y=\{y_1,y_2,\cdots,y_n\}$$

则其计算公式为：

$$r=\frac{N\sum x_iy_i-\sum x_i\sum y_i}{\sqrt{N\sum x_i^2-(\sum x_i)^2}\ \sqrt{N\sum y_i^2-(\sum y_i)^2}}$$

相关系数 r 的绝对值越大，相关性越强；r 越接近于 1 或 −1，相关性越强；r 越接近于 0，相关性越弱。通常情况下可以通过以下取值范围判断变量的相关强度：$r\in(0.8,1]$ 属于极强相关，$r\in(0.6,0.8]$ 属于强相关，$r\in(0.4,0.6]$ 属于中等程度相关，$r\in(0.2,0.4]$ 属于弱相关，$r\in(0,0.2]$ 属于极弱相关。

运用 SPSS 软件分别计算出山东省海洋生物医药业增加值与选取的 6 个影响因素的 Pearson 相关系数(表 3)。

表 3 山东省海洋生物医药业增加值与各影响因素的相关系数

影响因素	相关系数
海洋生产总值 R_1	0.968
政府资金投入 R_2	0.970
科技活动人员数 R_3	0.916
海洋科研机构经费 R_4	0.964
废水排放量 R_5	0.960
二氧化硫排放量 R_6	0.502

将关联度进行排序，以确定影响海洋生物医药业增加值的主要因素，得出 $R_2>R_1>R_4>R_5>R_3>R_6$。

4.3 计算结果分析

与山东省海洋生物医药业增加值关联度最高的是政府资金投入，海洋科研机构经费的关联度也很高，表明产业发展需要政府政策扶持，并与资金因素紧密相关。

海洋生产总值的高关联度表明海洋产业的发展能促进海洋生物医药业的进步，而海洋生物医药业的发展也会带动整个海洋产业的升级与转型。

废水排放量的关联度居于第四位，表明海水水质对于产业发展具有较大影响，主要原因是由于工业废水直接排放入海、超出海洋自我净化能力，海

洋生物资源遭到破坏。

科技活动人员数的关联度较高，大量海洋科技人才能够促进科研水平提高。

二氧化硫排放量的关联度最低，推其原因，二氧化硫属于气体，与废水直排入海相比污染程度较小，此外我国对于大气污染的控制使其对海洋环境的破坏性稍有减弱。

5　政策建议

5.1　实施促进政策，加大资金投入

海洋药业是资金密集型产业，在研发与生产的过程中需要大量资金保障。政府应增加对海洋生物医药技术的资金投入，为海洋生物医药企业提供财政支持。如，实施财税优惠政策，以减轻企业资金压力，提高研发生产人员的积极性；拓展融资渠道，为海洋生物医药业的发展创造良好金融环境；出台相关政策，吸引跨国药企到山东省建立研发中心，引进先进技术和经营理念，推动产业技术创新[20]。

5.2　促进海洋产业结构优化升级

海洋产业的发展能促进海洋生物医药业的进步，海洋生物医药业的进步也会带动整个海洋产业的优化升级。未来山东省海洋产业的发展应在稳定的基础上重视传统的海洋第一产业的科技含量，走集约化发展路线；更加强调海洋第二、第三产业的发展，合理优化产业结构，在海洋产业结构不断调整优化的基础上，重视建立和完善海洋科技多层次研究、开发体系，提高海洋科学与技术水平，从而保证海洋生物医药业的健康发展。

5.3　加强保护海洋生态环境

坚持“预防为主，综合治理”的方针，政府应依靠经济、法律、行政手段对海洋生态环境进行有效保护；严格控制污染源，提高污染物排放标准，加强对排污口的监测力度。此外，充分利用媒体展开海洋保护宣传，提高公众海洋保护意识。

5.4　加大科技人才培养与引进

海洋生物医药业属于高科技产业，人才在整个产业链中发挥着重要的作用。为实现产业健康发展、提升产业创新水平，政府应大力培养专业化的人才队伍，坚持以人为本，建立健全人才标准机制；促进国际科技和教育的交流合作，引进和培养具有国际水平的科研人才。

参考文献

[1] 付秀梅，陈倩雯，王东亚，等. 我国海洋生物医药研究成果产业化国际合作机制研究[J]. 太平洋学报，2015，23(12)：93－102.

[2] 谭晓岚. 山东省蓝色经济竞争力分析与评估[J]. 海洋开发与管理，2012，29(3)：110－113.

[3] 王德刚，杨义菊，孙丽，等. 浙江省海洋新兴产业发展探讨[J]. 海洋开发与管理，2012，29(1)：148－152.

[4] 刘堃. 中国海洋战略性新兴产业培育机制研究[D]. 青岛：中国海洋大学，2013.

[5] 文艳. 海洋药物研发现状及未来发展趋势分析[J]. 中国渔业经济，2006(3)：43－45，49.

[6] 吴园涛. 海洋生物高值利用研究进展与发展战略思考[J]. 地球科学进展，2013，28(7)：829－833.

[7] LEARY D V，HAMON M G A，MONAGLE S C. Marine genetic resources：a review of scientific and commercial interest [J]. Marine Policy，2009，33(2)：183－194.

[8] GAMAL A. A. E. Biological importance of marine algae[J]. Saudi Pharmaceutical Journal，2010，18(1)：1－25.

[9] 信锦鸿，陈志远. 连云港市海洋管理综合能力水平全面提升[J]. 海洋开发与管理，2010，27(8)：58－60.

[10] 陈月，栾维新，程海燕. 我国海洋生物制药与保健品业开发战略[J]. 海洋开发与管理，2007，24(6)：78－86.

[11] 卞浚. 国内外海洋药物发展与进展[J]. 海军医学，2007，28(1)：84－87.

[12] 高姗，徐康康. 海洋药物研究简况[J]. 中国实用医药，2010，18(5)：231－232.

[13] 欧阳静，韩轶，刘勇. 浅议药用植物资源可持续发展的实施途径[J]. 卫生软科学，2008，22(2)：124－126.

[14] 傅秀梅，王长云，邵长伦，等. 中国海洋药用生物濒危珍稀物种及其保护[J]. 中国海洋大学学报：自然科学版，2009，39(4)：719－728，734.

[15] 于志伟. 海洋生物医药业技术链与产业链融合机制及实现路径研究：以山东半岛蓝色经济区为例[J]. 产业与科技论坛，2014，13(12)：18－21.

[16] 汪帆. 山东省海洋生物医药业可持续发展模式研究[D]. 青岛：中国海洋大学，2014.

[17] 王荦萱. 论山东半岛蓝色经济区海洋科技成果产业化机制的构建[J]. 海洋开发与管理，2013，30(9)：76－79.

[18] 付秀梅. 海洋生物资源保护与管理[M]. 北京：科学出版社，2008：126－129.

[19] 付秀梅，汪帆. 基于灰色系统理论的山东省海洋生物医药业发展分析[J]. 中国渔业经济，2013，31(6)：145－151.

[20] 韩立民，周乐萍. 青岛市海洋生物医药产业链发展研究[J]. 中国渔业经济，2013，31(5)：109－116.