

Progress in the Research on Deep-Sea Microorganisms

Liming Jin, Chunshan Quan, Shengnan Zhao, Jing Zhao, Wei Zheng

College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian Liaoning
Email: jlm@dlnu.edu.cn

Received: Feb. 15th, 2015; accepted: Mar. 2nd, 2015; published: Mar. 6th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Due to its special environment, deep-sea contains abundant and unique microbial resource. In this review, we have addressed the development of research on deep-sea microorganisms, focusing on the diversity and applications.

Keywords

Deep-Sea, Microorganism, Biodiversities, Application

深海微生物的研究进展

金黎明, 权春善, 赵胜楠, 赵晶, 郑维

大连民族学院生命科学学院, 辽宁 大连
Email: jlm@dlnu.edu.cn

收稿日期: 2015年2月15日; 录用日期: 2015年3月2日; 发布日期: 2015年3月6日

摘要

深海由于其环境的特殊性, 蕴含着丰富独特的微生物资源。本文对深海微生物研究开发的进展进行综述, 重点包括深海微生物的多样性及应用。

关键词

深海, 微生物, 生物多样性, 应用

1. 引言

海洋是地球上最大的生物栖息地, 海洋生物圈占地球生物圈总体积 90% 以上和总面积 70% 以上, 而水深大于 1000 米的深海区域, 大约占海洋总面积的 60% [1]。深海生态系统包括深层海水、表层沉积物、热液、冷泉、多金属结核区等地质结构[2]。随着深海勘探技术的发展, 人们发现深海中蕴藏着数量庞大、种类繁多、性质独特的生物资源, 微生物是其中最重要的一类。深海微生物在深海的极端环境下生存, 形成了特殊的生物结构、基因类型、生理机制及代谢产物, 具有重要的科研价值和经济价值, 故而深海微生物资源一直是世界各国竞争最激烈的领域之一。本文将就深海微生物研究开发的进展进行综述。

2. 深海的环境特点

深海一般是指 1000 m 以下的海洋, 具有高压(每下降 10 m, 压力增加 1 个大气压)、高盐(盐度一般在 30 以下)、低温(一般保持在 $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 热泉温度高于 400°C)、黑暗(深海完全没有太阳光, 仅有的光线为少量的生物发光及同位素产生的射线)、有机物含量低、具有高度净化能力等特点[3]。

3. 深海微生物的分类

深海环境主要可以分为三个单元: 一是表层水面上的空气; 二是表层水至海底表层沉积物或岩石之间的水体; 三是海底表层沉积物至不同深度处的沉积物/岩石间的地质/地理环境[4]。因此, 深海微生物可以分为空气微生物、深水微生物、地微生物, 其中, 人们经常所说的深海微生物主要是指深水微生物和地微生物。

4. 深海微生物的多样性

深海微生物种类繁多、数量巨大, 包括细菌、放线菌、真菌、酵母菌、病毒等, 其中特殊的有古菌、与深海动物的共生菌、极端菌(嗜压、嗜碱、嗜酸、嗜盐、嗜冷、嗜热菌)等。在 11,000 m 深的马里亚纳海沟, 乃至太平洋海底沉积层的 500 m 深处都发现了活细菌。在有记载 36 门生物中, 有 34 门发现于海洋, 呈现出了丰富的生物多样性。

深海海水中主要的细菌类群有 Deltaproteobacteria (SAR324 clade 和 *Nitrospina*), Alphaproteobacteria (Rhodospirillaceae 和 Rickettsiales), Gammaproteobacteria (*Shewanella*, *Colwellia*, *Alteromonas* 和 *Pseudoalteromonas*), Chloroflexi (SAR202clade), Deferritiales (SAR406 和 Agg47 clades), Actinobacteria。其中, α -变形菌和 γ -变形菌是海水中最主要的微生物类群[5]。深海海水中的主要古菌类群有海洋古菌群和海洋底栖古菌群, 其中海洋古菌群 I (MG-I) 是主要类群, 其兼性自养, 且具有氨氧化的能力[6]。而深海沉积物中微生物含量与沉积物中的有机含量及距离大陆板块的距离有关[7]。

Takami 等在深海沉积物中发现了放线菌(Actinomycetes)、Gamma 亚群、Alpha 亚群、Proteobacteria 以及低 GC 含量的革兰氏阳性菌[8]。徐新霞等报道, 从中国“大洋一号”第 20 航次采集的深海沉积物样品分离出的 110 株深海真菌分属 15 个属, 其中曲霉和青霉最多[9]。

5. 深海微生物的应用

深海微生物可能产生不同于陆生微生物的新奇特的物质, 此外, 还可以利用现代微生物发酵技术进

行大规模生产、不会破坏生态平衡、可持续利用性强，产业化较为容易，具有较好的开发前景。

5.1. 医药领域

深海微生物能够产生生理活性独特、结构新颖的次级代谢产物，因此，从深海微生物次级代谢产物中寻觅分子靶向先导化合物是抗菌、抗肿瘤、抗病毒药物研究领域的一个重要方向。

Greenstein 等自佛罗里达海底沉积物中分离到链霉菌 LL-31F508，并从其培养液中分离到环生物碱 Bioxalomycins，能抑制细菌 DNA 的合成，从而有效抑菌。Asolkar 等[10]从太平洋 Pohoiki 湾红树林沉积物中分离到海洋链霉菌属(B7046)，继而抗菌活性跟踪筛选得到一类大环内酯类化合物 Chalcomycin B，对枯草杆菌、金葡菌等的 MIC 的质量浓度与红霉素相当，显示出高效抗菌活性。

Kameyama 等[11]从日本海约 3300 m 深的海泥中分离到菌株 *Alteromonas haloplanktis*，能产生一种新型结构的 Siderophore 类代谢物(Bisucaberin)，对巨噬细胞、纤维肉瘤 1023 等肿瘤细胞的溶瘤细胞作用明显。Canedo 等[12]从深海沉积物中分离出一株芽孢杆菌，可产生一种新型抗肿瘤物质(PM 94128)。崔香等[13]从淡紫拟青霉 ZBY-1 的发酵产物中分离出过氧化麦角甾醇，9(11)-去氢过氧化麦角甾醇，(22E, 24R)-5 α , 6 α -环氧 3 β -羟基麦角甾-22-烯-7-酮，对人癌细胞 K562, MCF-7, BGC-823, HL-60 具有较强的抑制作用。Fenical 等从一个新的放线菌种群中发现了一种抗肿瘤先导化合物(Salinosporamide A)，作为蛋白酶抑制剂已经进入临床前研究，具有非常广阔的成药前景。

刘海等[14]对 1 株南海深海来源的真菌 *Aspergillus* sp. SCSIO3 的抗 A β 聚集活性成分进行了分离鉴定，得到了 2 个具有抗 A β 42 多肽聚集活性的橘霉素类衍生物，phenol A acid 和 Penicitrinone A，具有潜在的防止老年痴呆症作用。

5.2. 工业酶

工业上利用嗜热酶作为生物催化剂具有许多优点，如能够降低成本、加快反应速度、提高酶的稳定性和产物纯度等。Grzybowska 等[15]发现了一株来源于深海火球菌 *Pyrococcus woesei*，其产生的 α -淀粉酶 120 $^{\circ}$ C 处理 2 h 仍具活力，显示出很好的应用前景。深海极端嗜热菌 *Methanococcus jannaschii* 产生蛋白酶的最适催化温度为 116 $^{\circ}$ C，在 130 $^{\circ}$ C 下仍具有活性，是已知最高耐受温度的高温酶[16]。而来自于深海嗜热古细菌 *Thermococcus litoralis*、*Thermatoga maritima* 等的聚合酶已得以商业化，创造了数十亿美元的可观的经济效益。

嗜冷酶在皮革加工、食品加工、洗涤剂制造行业也具有较好的应用价值。陈秀兰等[17]从 1855 m 深的海洋沉积物中分离出一株嗜冷菌，其产生的蛋白酶具有嗜冷性。钟泓波等[18]从中国南海深海海泥中筛选出了 2 株产中低温碱性蛋白酶的菌株，所产蛋白酶可适用于较广的 pH 及温度范围，且具有较好的温度稳定性、耐盐性。

5.3. 分解石油

深海的高度自净能力提示深海微生物具有能够分解石油的能力。有研究报道，海洋黄杆菌在生长时能产生大量的类似于表面活性剂的物质，此物质对热和碱稳定，不溶于水，能使油滴分散变小，进而转变为可溶性物质，能适用于海上原油污染的清除。

5.4. 其他

甲烷作为一类重要的温室效应气体，其温室效应比 CO₂ 高 28 倍。冷泉微生物具有其他微生物没有的代谢能力，能直接以甲烷作为电子供体。Zhang 等[19]利用气压流动培养系统，将一类非纯培养的冷泉古菌/细菌共生体(ANME2a/SRB)富集培养出来，通过 286 d 的连续培养，其甲烷的厌氧氧化速率能够提高

到 52 倍。另外,冷泉微生物能直接以甲烷作为电子供体还原硫酸盐,生成金属硫化物沉淀,从而将硫元素和金属从制药和金属工业废水中分离回收[20]。

6. 展望

深海微生物资源是一类重要的生物资源,但目前能在实验室培养的种类只有 5%左右,今后,我们要进一步开发更先进的取样方法和培养条件,辅以现代生物技术,加大对深海微生物的研究力度,以期得到更多的新奇特物质,为人类造福。

基金项目

国家自然科学基金(21272031); 辽宁省教育厅项目(L2013510); 中央高校基本科研业务费(DC201501020302, DC201502020201)。

参考文献 (References)

- [1] Lauro, F.M., McDougald, D. and Thomas, T. (2009) The genomic basis of trophic strategy in marine bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **106**, 15527-15533.
- [2] Jorgensen, B.B. and Boetius, A. (2007) Feast and famine—Microbial life in the deep-sea bed. *Nature Reviews Microbiology*, **5**, 770-781.
- [3] 陈秀兰, 张玉忠, 高培基 (2004) 深海微生物研究进展. *海洋科学*, **1**, 61-66.
- [4] 陈皓文, 孙丕喜, 高爱国 (2009) 微生物学向深海进军. *海洋地质动态*, **2**, 14-20.
- [5] Brown, M.V., Philip, G.K., Bunge, J.A., Smith, M.C., Bissett, A., Lauro, F.M., Fuhrman, J.A. and Donachie, S.P. (2009) Microbial community structure in the North Pacific Ocean. *The ISME Journal*, **3**, 1374-1386.
- [6] Könneke, M., Bernhard, A.E., José, R., Walker, C.B., Waterbury, J.B. and Stahl, D.A. (2005) Isolation of an autotrophic ammonia-oxidizing marine archaeon. *Nature*, **437**, 543-546.
- [7] Kallmeyer, J., Pockalny, R., Adhikari, R.R., Smith, D.C. and D'Hondt, S. (2012) Global distribution of microbial abundance and biomass in seafloor sediment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109**, 16213-16216.
- [8] Takami, H., Inoue, A. and Fuji, F. (1997) Microbial flora in the deepest sea mud of the Mariana Trench. *FEMS Microbiology Letters*, **152**, 279-285.
- [9] 徐新霞, 易志伟, 马群, 盖英宝, 汤熙翔 (2010) 100 株深海真菌次生代谢产物的生物活性初步研究. *台湾海峡*, **4**, 466-471.
- [10] Asolkar, R.N., Maskey, R.P. and Laatsch, H.H. (2002) Chalcomycin B, a new macrolide antibiotic from the marine isolate *Streptomyces* sp. B7064. *The Journal of Antibiotics*, **55**, 893-898.
- [11] Kameyama, T., Takahashi, A., Kurasawa, S., Ishizuka, M., Okami, Y., Takeuchi, T. and Umezawa, H. (1987) Bisucaberin, a new siderophore, sensitizing tumor cells to macrophage-mediated cytotoxicity. I. Taxonomy of the producing organism, isolation and biological properties. *The Journal of Antibiotics*, **40**, 1664-1670.
- [12] Canedo, L.M. and Fernandez, P.J.L. (1997) A new isocoumarin antibiotic agent obtained from a *Bicillus* sp. isolated from marine sediment. *The Journal of Antibiotics*, **50**, 175-178.
- [13] 崔香, 李长伟, 吴长景, 华威, 崔承彬, 朱天骄, 顾谦群 (2013) 深海来源淡紫拟青霉 ZBY-1 的代谢产物及其抗肿瘤活性. *国际药学研究杂志*, **2**, 177-186.
- [14] 刘海, 孔明珠, 郑易之, 王立岩 (2014) 深海来源真菌 *Aspergillus* sp. SCS10W3 抗 A-beta 抗多肽聚集活性成分的研究. *中国海洋药物*, **6**, 71-74.
- [15] Grzybowska, B., Szwed, P. and Synowiecki, J. (2004) Cloning of the thermostable α -amylase gene from *Pyrococcus woesei* in *Escherichia coli*-isolation and some properties of the enzyme. *Molecular Biotechnology*, **26**, 101-109.
- [16] Im, Y.J., Na, Y. and Kang, G.B. (2004) The active site of a Lon protease from *Methanococcus jannaschii* distinctly differs from the canonical catalytic Dyad of Lon proteases. *The Journal of Biological Chemistry*, **279**, 53451-53457.
- [17] 陈秀兰, 张玉忠, 王运涛 (2000) 深海适冷菌 *Pseudomonas* Sp.SM 9913 产生的低温蛋白酶. *海洋科学*, **1**, 4-8.
- [18] 钟泓波, 郇惠杰, 雷芬芬 (2013) 产蛋白酶深海细菌的筛选及其蛋白酶学性质. *食品与发酵工业*, **8**, 108-112.

- [19] Zhang, Y., Maignien, L. and Zhao, X. (2011) Enrichment of a microbial community performing anaerobic oxidation of methane in a continuous high-pressure bioreactor. *BMC Microbiology*, **11**, 137-140.
- [20] Meulepas, R.J.W., Stams, A.J.M. and Lens, P.N.L. (2010) Biotechnological aspects of sulfate reduction with methane as electron donor. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, **9**, 59-78.