

文章编号: 1008-1534(2008)03-0169-03

极端微生物及在环境保护中的研究进展

张立辉¹, 郭建博¹, 尹明²

(1. 河北科技大学环境科学与工程学院, 河北石家庄 050018; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要: 在天然极端环境中生存的极端微生物, 具有独特的结构、代谢类型、生理机能和遗传因子, 对极端微生物的分类及其适应机理进行了描述, 介绍了极端微生物在环境保护中的研究现状, 并对其应用前景进行了展望。

关键词: 极端微生物; 适应机理; 环境保护

中图分类号: X172 文献标识码: A

Advances of extremophiles in environmental protection

ZHANG Lihui¹, GUO Jianbo¹, YIN Ming²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Extremophiles existing in the natural extreme environment have special structure, metabolic type, physiological functions and gene. In this paper, classification and adaptive mechanism of extremophiles are discussed, application of Extremophiles in environmental protection is reviewed, and its application prospect is forecasted.

Key words: extremophiles; adaptive mechanism; environmental protection

极端微生物是在极端自然环境中能生长繁殖的微生物的总称, 这类微生物在极端自然条件下, 逐步形成了独特的结构、生理机能和遗传因子, 在生命起源、系统进化等方面具有重要的启示作用。极端微生物特殊的多样化适应机制及其代谢产物将使某些新的生物技术手段成为可能, 具有极大的研究及应用价值, 在多个领域将有良好的应用前景。

1 极端微生物的主要类群及适应机理

极端微生物主要类群包括嗜酸、嗜碱、嗜盐、嗜热、嗜冷、嗜压、抗辐射、极端厌氧等微生物, 上述微生物均以特有的适应机理而存在于极端自然环境中。

中。

1.1 嗜酸微生物

嗜酸微生物可分为极端嗜酸型、嗜酸型和耐酸型。极端嗜酸型微生物一般指生活环境 pH 值在 1.0 以下, 生长在火山区或含硫量极为丰富的地区, 多为古细菌; 嗜酸型微生物生长的 pH 值上限为 3.0, 适宜生长 pH 值在 1.0~2.5 之间; 耐酸型微生物生长的 pH 值上限为 5.0, 适宜生长 pH 值在 3.0~4.5 之间。根据对营养要求的不同, 嗜酸菌又可分为化能自养菌和化能异养菌, 即无机化能营养菌和有机化能营养菌^[1]。

研究表明, 虽然嗜酸微生物生长的外部环境呈酸性, 但通过一定的机制可使其细胞内部的 pH 值接近中性, 其适应机理主要有“泵说”、“屏蔽说”和“平衡说”3 种^[2-6]。实际研究发现, 即使终止呼吸过程和能量代谢, 细胞内仍保持着中性。因此, “泵说”和“平衡说”解释细胞内呈中性的原因仍存在

收稿日期: 2007-08-20; 修回日期: 2008-03-01

责任编辑: 王海云

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目(E200700063)

作者简介: 张立辉(1980), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要从事水污染控制与废水资源化方面的研究。

着缺陷,而“屏蔽说”解释其适应机理较为适宜。

1.2 嗜碱微生物

嗜碱微生物可分为嗜碱型、耐碱型、专性嗜碱型和兼性嗜碱型。嗜碱型一般指生活环境 pH 值在 8.0 以上,适宜生长 pH 值为 9.0~10.0 之间的微生物;耐碱型是一类能在高 pH 值条件下生长,但适宜生长 pH 值并不在碱性范围的微生物;有些在 pH 值中性或以下不能生长的称为专性嗜碱菌,在 pH 值中性或以下也可以生长的称为兼性嗜碱菌^[7]。

嗜碱微生物中存在 Na^+/H^+ 反向运输系统。当细胞呼吸时,通过呼吸链分泌 H^+ ,细胞质变为碱性,此时 Na^+/H^+ 反向运输系统将 Na^+ 排出以交换 H^+ 进入细胞质内,恢复并维持细胞内的酸碱平衡,保证了生命大分子物质的活性和代谢活动正常进行。为实现这一目的,细胞内需要有足够的 Na^+ , Na^+ 必须通过跨膜循环以维持 Na^+ 梯度。已发现 3 个基因位置与 Na^+/H^+ 反向运输系统的载体有关,这些基因编码的蛋白质对于维持依赖 Na^+ 的胞内 pH 值的稳定性起着很重要的作用, Na^+ 梯度另一主要功能是嗜碱菌合成 ATP 的动力。可见嗜碱菌是通过 Na^+ 替 H^+ 作为动力来源以适应极端碱性环境的。

1.3 嗜盐微生物

高盐环境中生存的微生物可划分为 3 类:耐盐菌能耐受一定浓度的盐溶液,但在无盐条件下生长最好;嗜盐菌必需生长在一定浓度的盐溶液中,且有一个适宜生长浓度;多能盐生菌属一特殊类群的菌,能在从零至饱和的盐溶液中生长,但存在一个最佳生长盐浓度。

为了能在高盐环境中生存,各种嗜盐菌具有不同的适应环境机理。嗜盐厌氧菌、嗜盐硫还原菌以及嗜盐古菌可在细胞内积累高浓度钾离子(4~5 mol/L)以抑制胞外高浓度盐的渗透。然而,正是由于胞内高浓度钾离子的存在,使得这类微生物对环境离子浓度的降低缺少有效的适应能力。嗜盐真核生物、嗜盐真细菌和嗜盐甲烷菌的嗜盐机理是在胞内积累大量的小分子极性物质,如甘油、单糖及其衍生物。这些小分子极性物质可帮助细胞从高盐环境中获取水分,并在细胞内能够被迅速地合成和降解。因此,此类微生物对环境渗透压的改变有较强的适应能力^[8]。

1.4 嗜热微生物

最高生长温度为 60 °C,适宜生长温度高于 50 °C 的称为嗜热菌;而生长温度超过 90 °C,适宜生长温度高于 65 °C 的称为极端嗜热菌^[9]。

极端嗜热菌的耐热机制主要体现在以下方

面^[9]:细胞膜中含有高比例的长链饱和脂肪酸和具有分支链的脂肪酸及甘油醚化合物,增加了膜的稳定性;细胞内呼吸链蛋白质和大量的多聚胺及热稳定性较高的转移核糖核酸(tRNA),受硫化的核苷酸作用使其构象变化受到限制,并增加了邻近的碱基堆聚力,具有良好的热稳定性。

1.5 嗜冷微生物

根据其生长温度不同,嗜冷微生物可分为 2 类^[10]:必须在低温下生活,最高生长温度为 20 °C,适宜温度为 15 °C,在 0 °C 可生长的微生物称嗜冷菌;生长温度高于 20 °C,适宜温度高于 15 °C,在 0~5 °C 可生长繁殖的微生物称为耐冷菌。

嗜冷微生物在长期的生物进化过程中形成了一系列的适应低温的机制。这些机制包括在低温环境中微生物可进行营养物质的吸收和转运、DNA 的复制合成、蛋白质的合成、合成代谢和分解代谢、能量代谢、细胞的分裂以及冷休克蛋白的合成等。

2 极端微生物在环境保护中的应用

极端环境下生存的微生物,以其奇特的代谢类型、结构及生理机能在工业生产中得到应用^[1,9,11,12],针对生产、生活中产生的极端污染物,采用极端微生物进行治理近年来也受到人们的关注。

对嗜酸菌应用研究较多的是无机化能自养菌,这些嗜酸菌氧化 Fe^{2+} 、元素硫及硫化物的生理特性,被用在冶金、环保和农业等领域。近十几年来,由于环境污染的日益严重,使得生物洁净煤技术的研究受到关注,主要是利用嗜酸硫杆菌脱除煤中的无机硫。研究表明,嗜热嗜酸菌(如硫化菌)既能脱除煤中无机硫也能脱除有机硫,嗜酸硫杆菌还可以用来处理含硫废气、改良土壤^[1]。

根据嗜碱微生物产生的碱性酶有在高 pH 值下稳定的特点,可应用于许多碱性环境的废水处理。例如,由嗜碱芽孢杆菌产生的木聚糖酶能够水解木聚糖产生寡聚糖和木糖,可用来处理人造纤维废物^[13]。碱性果胶酶可用于一些传统工业加工过程所产生废物的处理,如织物和植物纤维的处理、油的提取、污染果胶的污水的处理等^[4]。

嗜盐菌在高盐污水的处理、海水淡化、盐碱地改造以及能源开发等方面可发挥重要作用。例如:在环境生物治理方面,利用生物系统处理高盐有机工业废水在技术上是可行的^[14]。LIANG 等对高盐度有机废水进行吹脱和冷却预处理后,再利用 SBBR(序批式生物膜反应器)处理,取得了良好效果^[15]。

高温废水生物处理的基础是嗜热微生物。嗜热

微生物的活性是决定高温废水处理效果的关键因素。许多学者在高温条件下对活性污泥(AS)反应器的运行进行了可行性研究,结果证明,高温下应用AS技术是可行的,但处理的最适对象及最适条件,需进一步深入研究^[16,17]。满春生研究了温度对活性污泥法处理含酚废水的影响,结果表明,提高温度可显著提高活性污泥法处理含酚废水的效率^[18]。COUILLARD等采用半连续进水生物反应器对屠宰废水进行高温好氧处理,高温处理效率10倍于中温处理效率^[19]。

低温微生物在生物修复中的作用日益突出,主要应用在表面活性剂、原油及废水中微量油脂的降解等领域^[20]。寒冷环境下污染物生物降解能力的提高可通过低温微生物特有的冷适应酶实现,这一方法不但可使大规模的牲畜粪便厌氧耐冷分批消化成为可行,同时也使低温下鱼类加工厂中大量油渣以及寒冷地区污染物的生物降解成为可能^[21]。例如:KOLENC在耐冷*P. putida*中进行了嗜温型质粒介导的降解能力的转移和表达,该转移接合体在0℃的低温条件下仍能降解甲苯甲酸盐,并以此作为唯一碳源^[22]。将嗜温菌在代谢方面的有用性能经质粒介导转移至低温菌中^[19],能够增进利用低温微生物从不同的寒冷环境中去除污染物的可能性。

3 结 语

在目前的工业生产和人类活动所排放的废弃物(如废水、废气、固体废物)中有些会处于一极端的环境状态(高温、低温、高盐、高pH值、低pH值等)。采用常规的生物技术进行净化,受极端环境条件的影响,致使生物处理效果差,效率低,有些则不能进行处理净化,其他处理方法(物化法、化学法)则存在着投资大、运行费用高等缺点。此类废弃物的处理是目前环境保护中的难题,深入开展极端微生物生化特性及应用技术研究,对于拓宽生物技术在环境保护中的应用范围,提升环境生物技术水平有着重要意义,且具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 李雅琴. 嗜酸菌及其应用[J]. 微生物学通报, 1998, 25(3): 170-172.

[2] EDWARDS C. Microbiology of Extreme Environments[M]. New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1990.

[3] HERBERT R A, SHARP R J. Molecular Biology and Biotechnology of Extremophiles[M]. New York: Blackie Glas

gow and London Published in the USA by Chapman and Hill, 1992.

- [4] BROOK T D, MADIGAN M T, MARTINKO J M, et al. Biology of Microorganisms[M]. 7th ed. New Jersey: Englewood Cliffs, 1994.
- [5] KRULWICH T A, GUFFANTI A A. Advances in Microbial Physiology[M]. London: Academic Press, 1983.
- [6] 李季伦, 张伟心, 杨启瑞, 等. 微生物生理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [7] HORIKOSHI K. Alkaliphiles[M]. Tokyo: Kodansha Ltd, 1999.
- [8] 刘铁汉, 周培瑾. 嗜盐微生物[J]. 微生物学通报, 1999, 26(3): 232.
- [9] 迟桂荣. 极端环境微生物的研究概况[J]. 德州学院学报, 2001, 17(2): 74-76.
- [10] 范光南, 傅世宗, 蔡海洋. 极端环境微生物的研究概况[J]. 福建热作科技, 2000, 25(2): 12-15.
- [11] 吕爱军, 胡斌, 温洪宇, 等. 极端嗜盐菌的特性及其应用前景[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(2): 65-68.
- [12] 王柏婧, 冯雁, 王师钰, 等. 嗜热酶的特性及其应用[J]. 微生物学报, 2002, 42(2): 259-262.
- [13] 王红妹. 极端微生物的多样性及其应用[J]. 枣庄学院学报, 2006, 23(2): 88-92.
- [14] WOOLARD C R, IRVINE R L. Treatment of hypersaline wastewater in the sequencing batch reactor[J]. Water Research, 1995, 29(4): 1159-1168.
- [15] LIANG Cherrhui, YI Wei, LI Bin. Case study of hypersaline organic wastewater treatment with SBBR process[J]. Pollution Control Technology, 1998, 14(4): 226-228.
- [16] BARR T A, TAYLOR J M, DUFF S J B. Effect of HRT, SRT and temperature on the performance of activated sludge reactors treating bleached kraft mill effluent[J]. Water Research, 1996, 30(4): 799-810.
- [17] BORJA R, MARTÍN A, BANKS C J, et al. A kinetic study of anaerobic digestion of olive mill wastewater at mesophilic and thermophilic temperatures[J]. Environmental Pollution, 1995, 88(1): 13-18.
- [18] 满春生. 温度对提高活性污泥法处理含酚废水效率的研究[J]. 中国环境科学, 1995, 15(1): 14-17.
- [19] COUILLARD D, GARIÉPY S, TRAN F T. Slaughterhouse effluent treatment by thermophilic aerobic process[J]. Water Research, 1989, 23(5): 573-579.
- [20] 顾觉奋, 罗学刚. 极端微生物活性物质的研究进展[J]. 中国天然药物, 2003, 1(4): 252-256.
- [21] 陈熹兮, 李宝, 李道棠. 低温微生物及其在生物修复领域中的应用[J]. 自然杂志, 2001, 23(3): 163-167.
- [22] KOLENC R J. Transfer and expression of mesophilic plasmid-mediated degradative capacity in a psychrotrophic bacterium[J]. Applied Environmental Microbiology, 1998, 64: 638-641.
- [23] 李艳青, 张利平, 杨润蕾. 河北省粘细菌物种资源多样性的研究——承德市区及其五县生态样品的研究[J]. 河北科技大学学报, 2005, 26(3): 215-218.