

极端嗜酸微生物

何正国 李雅芹 周培瑾

(中国科学院微生物研究所 北京 100080)

一般认为,极端嗜酸微生物指那些生长 pH 上限为 3.0 最适生长 pH 在 1.0~2.5 之间的微生物。它们一般分布于金属硫矿床酸性矿水、生物滤沥堆、煤矿床酸性矿水以及含硫温泉和土壤中,包括原核和真核两大类。其中原核嗜酸微生物依生长的温度范围不同又可划分成常温型、中温型和高温型 3 个类群。由于嗜酸微生物在低品位矿生物滤沥及煤的脱硫等方面有重要应用前景,因此受到广泛重视。

1 极端嗜酸微生物的多样性及主要类群

在极端酸性环境中的真核生命几乎完全限于微生物。在黄石公园的温泉水体中已分离到光合作用的藻类。从其它一些地方金属矿区排水道中分离到原生动物。

在常温嗜酸原核微生物中研究得较多的一类是化能自养型 *T. ferrooxidans* 和 *Thiobacillus thiooxidans* 以及呈弯曲螺旋状的 *Leptospirillum ferrooxidans*。另外一类混养和异养型嗜酸菌,它们除能以元素硫或硫化物为能源行自养生长外,还能以酵母汁和蛋白胨为营养行异养生长,如 *Thiobacillus cuprinus*。

在嗜酸热微生物中许多氧化元素硫的球形古菌已被分离鉴定,这主要包括 *Acidianus*、*Metallosphaera* 和 *Sulfolobus* 属中的一些种。菌株多样性类型包括好气、兼性厌氧和严格厌氧型。目前,已经分离到 85℃ 时降解硫化物的菌株。

2 极端嗜酸微生物适应环境的机制

有关嗜酸菌细胞内维持近中性 pH 适应外部酸性环境的机制一般有“泵说”、“屏蔽说”和“道南平衡说”3 种解释。另外,在常温型革兰氏负反应嗜酸菌如 *T. ferrooxidans* 等的周质空间定位的高含量酶蛋白对其适应酸性环境有重要贡献。

最近,对嗜热酸古细菌跨膜 H⁺ 梯度和电位差研究表明,质膜对质子的通透性间接由定位于膜上的脂质

四聚体决定。这种跨膜四聚体能形成一层坚固的单层膜,使其在生长的 pH 范围内,质子几乎不能透过。

3 嗜酸微生物中的酸稳定性蛋白质及分子遗传学

已从嗜酸硫杆菌 (*Thiobacillus acidophilus*) 中纯化出的硫代硫酸脱氢酶有一个 3.0 的最适 pH,这与其周质空间定位相吻合。通过对铁氧化嗜酸细菌 *T. ferrooxidans* 菌的电子传递链进行的深入研究,一个编码高的氧还电势铁硫蛋白基因和铁质兰素基因被鉴定。铁质兰素是一个酸稳定性蛋白质,它的酸稳定性归功于其定位的喜氢环境和整个蛋白有稳定性程度很高的二级结构。

为了提高嗜酸微生物的金属抗性和生物浸矿潜能,目前人们正在发展这些细菌的基因转移系统。但是,由于极端的生长环境和在固体培养基上缓慢的生长速度,使得研究工作进展缓慢。尽管如此,异养嗜酸菌与大肠杆菌之间的接合转移及电转化试验已取得成功。氧化亚铁硫杆菌和大肠杆菌的接合转移已经报道能使质粒上的来自异源的抗砷基因在铁氧化嗜酸微生物中得到表达。

4 嗜酸菌研究的意义及应用前景

嗜酸热古菌被认为是地球上最古老的生命形式之一,因此它在地球物质循环中起重要作用,对其研究可为探索生命起源和生物演化提供重要线索。

多数嗜酸菌,特别是无机自养型细菌,它们在低品位矿生物滤沥回收贵金属,原煤脱硫及环境保护等方面有着巨大的优越性和潜在应用价值。其中嗜酸热古细菌还是耐高温酶的重要来源,对它们的研究和应用无疑将开拓酶工业新的领域。

随着嗜酸微生物新资源的不断发掘和深入研究,其科学价值和实际应用价值将会越来越突出。