

嗜冷菌和耐冷菌

辛明秀 马延和

(中国科学院微生物研究所 100080)

在地球这个大的生态系统中存在着广泛的低温环境。如占地球表面 14% 的两极地区,高山、冰川及冷库等地海洋深处等(90% 的海水其平均温度为 5℃ 或更低)。在这些特殊的环境中生活着一类微生物即冷适应微生物。根据其生长温度特性可细分为两类。一类是必须生活在低温条件下且其最高生长温度不超过 20℃、最适生长温度在 15℃、在 0℃ 可生长繁殖的微生物称嗜冷菌(psychrophiles)。另一类其最高生长温度高于 20℃、最适温度高于 15℃、在 0~5℃ 可生长繁殖的微生物称为耐冷菌(psychrotrophs)。这两类微生物的生态分布和适应低温的分子机制存在一定差异。在丰富底物存在条件下,嗜冷菌在 0℃ 的生长要超过耐冷菌,嗜冷菌只能在较窄的温度范围内生长,而耐冷菌则能在较宽的温度范围内生长。

嗜冷菌主要分布于常冷的环境中如南北两极地区、冰窟、高山、深海和土壤等低温环境中。嗜冷菌的分布很受环境温度限制且数量少。即使南北两极常冷的环境中,分离到的微生物中嗜冷菌只占很少部分。嗜冷菌对温度的变化很敏感,20℃ 以上很快即引起死亡。耐冷菌则分布范围较宽,从常冷到不稳定的低温环境中均可分离到。嗜冷微生物具有广泛的微生物区系,已发现的嗜冷微生物既有真细菌、蓝细菌、又有酵母菌、真菌和藻类。最近又发现嗜冷古细菌。

冷适应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的正常进行,能量代谢的正常进行,细胞的分裂等。

膜中脂的组成提供了膜流动和相结构的前提条件从而保证膜中镶嵌的蛋白质发挥正确的功能如离子和营养的吸收、电子转移等。膜中脂类的改变会引起膜流动性的改变。因此微生物必须调节脂类的组成,从而调节膜的流动性和相的结构以此适应环境温度的变化。当微生物处于低温时最经常看到的变化是增加不饱和脂肪酸的比例。比较中温酵母和嗜冷酵母同时处于低温时清楚地发现嗜冷酵母合成的不饱和脂肪酸含量增加。细菌处于低温时除了不饱和脂肪酸的改变外尚有其他变化如缩短酰基链的长度、增加脂肪酸支链的比例和减少环状脂肪酸的比例等。所有这些变化对于低温时维持膜的流动性具有重要意义。而膜的流动性为营养物质的转运和吸收提供了基础。中温菌在接近 0℃ 时溶质吸收不活跃,其细胞膜中的运载蛋白对冷敏感,溶质分子不能与相应的运载蛋白结合,且在低温条件下由于能量缺乏不能支持营养物资的跨膜运输。而嗜冷菌细胞膜中的运载蛋白对冷不敏感。比较研究嗜冷的、中温的和嗜热的 *Torulopsis* 酵母菌株,发现只有嗜冷菌能在 2℃ 运转葡萄糖。

嗜冷菌中的蛋白质在低温下能保持结构上的完整性,这可能是由于其蛋白分子含有更多的氢键和盐键

(上接第 155 页)

从而能形成相对松动和具有弹性的结构。嗜冷菌中的某些酶称嗜冷酶,在低温下具有很高的催化活性,其酶的最适反应温度与中温菌相比一般要低 20~30℃。这就保证了嗜冷菌在低温下生命活动的正常进行。嗜冷菌具有在 0℃ 合成蛋白质的能力。这是由于其核糖体、酶类以及细胞中的可溶性因子等对低温的适应性。体外实验表明,在同样低温条件下嗜冷菌体外蛋白质翻译的错误率最低。许多中温菌不能在 0℃ 合成蛋白质一方面是由于其核糖体对低温的不适应、翻译过程中不能形成有效的起始复合物,另一方面是由于低温下细胞膜的破坏导致氨基酸等内容物的泄漏。由此可见嗜冷菌适应低温的能力表现在蛋白质合成过程中翻译机制的适应性以及在低温下能保持完整的膜结构,从而保证低温下蛋白质合成的正常进行。

冷休克蛋白(cold shock protein)首先在大肠杆菌中发现,当将大肠杆菌从 37℃ 突然转移到 10℃ 时,细胞中

会诱导合成一组冷休克蛋白,它们在对低温的生理适应过程中发挥着重要作用。检测嗜冷酵母 *Trichosporon pullulans* 的冷休克反应,发现冷刺激后冷休克蛋白在很短时间内大量产生。有些分离自南极的耐冷细菌在 22℃ 和 4℃ 时冷休克基因能经常表达,当温度从 22℃ 突然降到 4℃ 后 1h *cspA* mRNA 表达量最大。耐冷菌由于生活在温度波动的环境中,它们必须忍受温度的快速降低,这与它们产生的冷休克蛋白是密切相关的。

地球上冷适应微生物的资源非常丰富。它们在低温条件下即可对污染物质进行降解和转化。低温发酵可生产许多风味食品且可节约能源及减少中温菌的污染。分离自嗜冷菌的脂酶、蛋白酶及 β -半乳糖苷酶在食品工业和洗涤剂中具有很大潜力。从海洋冷适应微生物中分离的生物活性物质可用于医药、食品等。生命起源于温度很低海洋,因此有学者提出冷适应微生物与生命起源相联系。冷适应微生物在生物技术及生命科学研究中的地位将会越来越重要。