

Cu²⁺ 荧光探针研究进展

铜是生物体中所必需的微量元素和营养素, 在生命过程中扮演了非常重要的角色, 如参与体内的造血作用、酶反应以及一些氧化还原过程等。与此同时, 如果体内 Cu²⁺ 的代谢失衡, 便可能造成一系列严重的疾病, 例如 Wilson 综合症等。目前对铜离子的检测方法很多, 其中荧光分析法具有高选择性和灵敏度。但是由于 Cu²⁺ 对荧光有很强的淬灭性, 许多铜离子探针都是基于荧光淬灭机理被设计合成出来的, 因此, 对比色型及荧光增强型铜离子探针的设计开发具有非常高的研究价值和应用价值。

1997 年, Czarnik 等人利用罗丹明螺环内酰胺的结构特点, 设计了第一个 Cu²⁺ 的“关-开”荧光分子探针。在 pH 值为 7 的 HEPES[4-(2-羟乙基)-1-哌嗪乙磺酸]缓冲水溶液中, 该探针分子能选择性的检测 Cu²⁺, 输出信号为紫外吸收及荧光光谱的变化, 在加铜离子的溶液中再加入 EDTA, 其紫外及荧光光谱没有变化, 证明探针与 Cu²⁺ 的络合过程是不可逆的。

Han 等利用在硫代硫酸根离子存在下, 铜离子能显著猝灭 CTAB(十六烷基三甲基溴化铵)修饰的 CdSe/ZnS 发射的荧光, 从而实现自来水中铜离子的检测, 检测限可低至 0.14 nmol·L⁻¹, 对于常见的金属离子具有高选择性。Wang 等首先利用量子点 CdTe 尺寸大小的不同设计出两种不同的红色和绿色荧光探针, 并将绿色荧光量子点覆盖在红色量子点上, 当引入铜离子后, 绿色荧光减弱, 从而设计出比率型铜离子荧光探针, 检测限可低至 1.1 nmol·L⁻¹。

由于荧光显微成像技术和时间分辨技术的迅速发展, 基于超分子化学和有机染料的荧光探针现已成为研究生物学和医学领域相关问题的重要工具。伴随着对铜离子研究的不断深入, 开发高灵敏、高选择性铜离子荧光探针对于检测和研究铜离子参与生命体系的行为具有重大意义。