

单原子纳米酶及其制备与应用



健康与保健

生物医学与基因工程/化工产品

纳米技术与新材料

机会

纳米酶的发展（在纳米尺度上设计的模拟天然酶功能的人工酶）在医学、能源和环境修复等多个领域具有重大潜力。然而，现有纳米酶在实际应用中面临若干关键挑战：包括难以设计和合成具有期望催化性能的纳米酶、合成的可放大性与可重复性问题、在不同环境条件下保持长期稳定性与耐久性、以及在生物医学应用中保证生物相容性与无毒性。此外，实现高靶向性和选择性以避免干扰其他生物过程仍是一大难题。纳米酶的监管与商业化路径亦复杂且资源密集。具体到癌症治疗，特别是对胶质母细胞瘤（GBM）这类侵袭性且耐治疗的肿瘤，迫切需要更有效的催化治疗手段以克服免疫抑制的肿瘤微环境和血脑屏障（BBB）。当前纳米酶往往缺乏满足此类苛刻应用所需的精确催化活性、稳定性和生物相容性，为能够解决这些限制并提供新型治疗策略的创新方案创造了机会。

技术

本专利提出了一种新型单原子纳米酶（SAzyme）技术，旨在克服现有纳米酶的局面。该创新核心是将碱土金属（钙、镁、钡或其组合）的单原子负载于氮掺杂碳材料上的纳米酶。所选碳材料包括沸石咪唑骨架（ZIFs，如ZIF-8或ZIF-67）、碳纤维、碳纳米管、石墨烯、炭黑、还原氧化石墨烯或其组合。制备方法采用主客体（host-guest）策略：在室温下将氮掺杂碳材料与碱土金属源（如CaCl₂）混合形成前驱体混合物，随后进行热解（碳化）处理。该方法获得的纳米酶粒径可控，约为50 nm至100 nm，尺寸小于此前报道的颗粒，有利于穿越血脑屏障。关键技术进步在于独特结构：碱土金属单原子，尤其是钙，原子级分散并稳定于氮掺杂碳基体中，形成类似CaN₃/CaN₄的活性位点，模拟天然金属蛋白酶的活性位点。此结构赋予卓越的过氧化物酶样（POD）催化活性、对过氧化氢（H₂O₂）的高特异性及增强的稳定性。该纳米酶通过催化肿瘤微环境中H₂O₂分解产生活性氧（ROS），诱导肿瘤细胞凋亡；此外还能作为免疫佐剂，刺激细胞因子产生并促进肿瘤相关巨噬细胞极化，逆转免疫抑制性微环境，提供双重抗癌机制。

优势

- 高催化效率与特异性，过氧化物酶样活性可与天然酶媲美。
- 小粒径（50-100 nm）有利于穿透血脑屏障等生物屏障。
- 在多种环境条件下表现出优异的稳定性与耐久性。
- 良好的生物相容性与低毒性，适用于生物医学用途。
- 可放大且可重复的合成方法，使用成本低廉的材料。
- 双重功能：通过ROS生成诱导肿瘤细胞凋亡并调节免疫微环境。

备注

IDF:1560

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

发明人

李振声教授

姚伟峰教授

赵琦博士

查询: kto@cityu.edu.hk

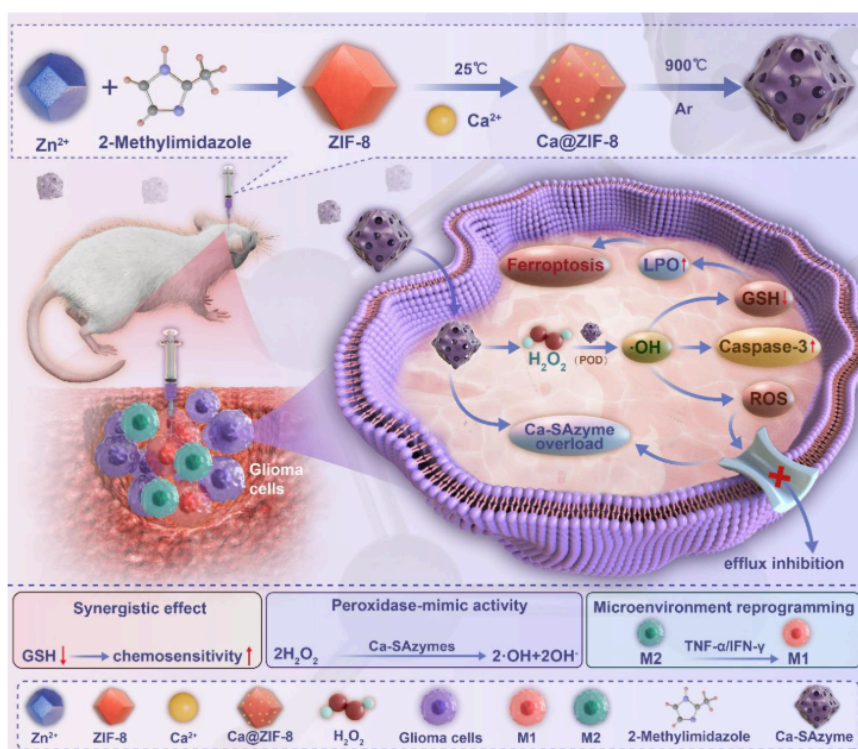
Develop
ConceptProof
ConceptFollow-on
Funding

Build Value

- 有望用于治疗包括胶质母细胞瘤在内的耐药性肿瘤，克服免疫抑制条件。

应用

- 癌症催化治疗，尤其是针对胶质母细胞瘤及其他具有免疫抑制微环境的难治性肿瘤。
- 利用过氧化物酶样活性的抗菌应用。
- 用于检测生物分子或分析物的生物传感平台。
- 用作靶向药物递送系统以实现药物定向释放。
- 通过促进细胞生长与组织再生的组织工程。
- 通过催化降解污染物用于环境修复。



Scheme 1. Preparation of Ca-SAzyme and schematic of its Tumor Catalytic Therapy.

