

# 生物化学与分子生物学技术在中医药中的应用研究

王倩<sup>1</sup>, 曾元宁<sup>2</sup>, 吴周<sup>3</sup>, 温泉<sup>1</sup>, 肖建勇<sup>1</sup>, 单丽囡<sup>1\*</sup>

1. 广州中医药大学, 广东 广州 510006

2. 广东药科大学, 广东 广州 510006

3. 徐州医科大学, 江苏 徐州 221004

DOI: 10.61369/VDE.2026010001

**摘 要 :** 近些年, 随着科学技术的高速发展, 生物化学与分子生物学技术被广泛地应用到中医药领域中, 为中医药的研究提供了全新的视角和有力的工具。中医药是具有原创优势的医学资源与生命科学资源, 但其整体观、辨证论治、复方配伍等核心理论长期缺乏分子层面的系统阐释, 而生物化学与分子生物学技术的应用可以有效解决这些问题, 推动中医药从经验医学向精准医学、从宏观描述向分子机制阐释跨越, 为中医药实现现代化发展奠定坚实基础。对此, 本文首先分析生物化学与分子生物学技术在中药药效物质基础研究中的应用, 接着阐述生物化学与分子生物学技术在中药材鉴定与资源保护中的应用, 最后明确生物化学技术在中药炮制与制剂现代化中的应用, 以期对相关研究者提供一定的参考与借鉴。

**关 键 词 :** 生物化学; 分子生物学技术; 中医药; 应用

## Research on the Application of Biochemistry and Molecular Biology Technologies in Traditional Chinese Medicine

Wang Qian<sup>1</sup>, Zeng Yuanning<sup>2</sup>, Wu Zhou<sup>3</sup>, Wen Quan<sup>1</sup>, Xiao Jianyong<sup>1</sup>, Shan Li'nan<sup>1\*</sup>

1. Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, Guangdong 510006

2. Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510006

3. Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221004

**Abstract :** In recent years, with the rapid development of science and technology, biochemistry and molecular biology technologies have been widely applied in the field of traditional Chinese medicine (TCM), providing a new perspective and powerful tools for TCM research. As a medical and life science resource with original advantages, TCM has long lacked systematic interpretation at the molecular level for its core theories such as holistic view, syndrome differentiation and treatment, and compound compatibility. The application of biochemistry and molecular biology technologies can effectively solve these problems, promote the transformation of TCM from empirical medicine to precision medicine and from macroscopic description to mechanistic explanation at the molecular level, and lay a solid foundation for the modernization of TCM. This paper first analyzes the application of biochemistry and molecular biology technologies in the research on the material basis of TCM efficacy, then expounds their application in the identification and resource protection of Chinese medicinal materials, and finally clarifies their application in the modernization of TCM processing and preparations, aiming to provide reference for relevant researchers.

**Keywords :** biochemistry; molecular biology technology; traditional Chinese medicine; application

### 一、生物化学与分子生物学技术在中药药效物质基础研究中的应用

#### (一) 中药活性成分分离纯化与结构鉴定

传统溶剂提取法、层析法结合现代生物化学技术, 如高速逆流色谱 (HSCCC), 基于样品在两种互不相溶溶剂体系中分配系数差异实现分离, 具有无固定相吸附、样品回收率高、分离能力强等优点, 已成功用于多种中药复杂体系活性成分快速分离, 如从丹参中分离丹参酮类成分。此外, 分子印迹技术 (MIT) 作为新兴分离技术, 通过制备对特定活性成分有专一识别位点的分子

印迹聚合物 (MIPs), 可高选择性吸附目标成分, 提高分离效率和纯度, 如针对黄芩中的黄芩苷进行特异性分离和富集<sup>[1]</sup>。

Mass Spectrometry 技术是结构鉴定重要方法之一, 在其中应用较为广泛的是基质辅助激光解析电离飞行时间质谱、电喷雾 ionization 质谱。电喷雾 ionization 质谱主要用于测定高极性化合物, 还可借助多级质谱分析碎片离子信息, 后者主要用来鉴定化合物分子式, 通常会结合对照标准品、数据库检索等进行比对, 并判断化合物结构。另外, 核磁共振 (NMR) 技术也常常使用, 如 <sup>1</sup>H-NMR、<sup>13</sup>C-NMR 等, 这些技术均可以较好地判断化合物平面结构与立体构型, 而且辅以紫外光谱、红外光谱等技术, 将更

为准确、快速地鉴定中药有效成分，为进一步开展其药理作用的研究奠定基础<sup>[2]</sup>。

### (二) 中药活性成分代谢途径与生物合成调控

基于 LC-MS 等先进检测技术可充分研究中药进入体内原型及各类代谢物产物，在同位素标记以及体外肝微粒体代谢模型的基础上，追踪其代谢变化并研究其中一相（如氧化、还原或水解）和二相（如葡聚糖酰化、硫酸盐化或甲基化）反应机制。同时，明确主要代谢酶，如细胞色素 P450 酶及 UDP- 葡萄糖醛基转移酶等作用机理，准确了解中医药在人体中变化规律及活性成分<sup>[3]</sup>。

在生物合成调控研究中，转录组学、基因组学、蛋白质组学及代谢组学等多组学联用技术发挥着核心作用。通过对药用植物不同组织、不同生长发育阶段或经特定诱导处理后的转录组进行测序分析，可以挖掘参与活性成分生物合成的关键酶基因，如萜类合成中的甲羟戊酸途径（MVA）和甲基赤藓糖醇磷酸途径（MEP）相关酶基因、生物碱合成中的细胞色素 P450 酶基因和糖基转移酶基因等。结合基因功能验证技术，如病毒诱导的基因沉默（VIGS）、农杆菌介导的遗传转化（过表达或敲除）等，能够明确这些关键基因在生物合成途径中的功能和调控作用<sup>[4]</sup>。

## 二、生物化学与分子生物学技术在中药材鉴定与资源保护中的应用

### (一) 中药材 DNA 分子鉴定

基于物种遗传物质特异性、稳定性等，利用 DNA 分子鉴定分析中药材基因特定序列，根据所属生物的遗传基因特征对其身份进行确认。这在很大程度上弥补了传统形态学检验方法对检材完整性、检验人员个人经验依赖过大的等缺陷，而且在碎料及加工品甚至混杂制品中也能准确鉴别中药材特征。目前常用的 DNA 分子鉴定方法主要有 PCR 随机扩增多态性 DNA (RAPD)、简单序列重复 (SSR) 及扩增片段长度多态性 (AFLP) 等，而 DNA 条形码技术是最常应用的方法。该方法是指利用一些物种间具有高度变异而在同一物种内相对保守的标准化 DNA 区域作为特征基因来区分物种，如植物中的 rbcL、matK、psbA-trnH 间隔区等，再以这些特征区域为基准构建系统模型进行分类识别，快速准确判定药材原生植物种类。例如，易混淆药材厚朴和凹叶厚朴、川贝母和浙贝母等，通过应用特异性的基因条码进行鉴别分析，精准鉴定不同物种，为中草药真伪鉴别提供更加可靠、客观的依据，有效避免以假充真、以次充好等情况出现，保证中医药的安全性与有效性<sup>[5]</sup>。

### (二) 药用植物资源保护与品种改良

中药资源是发展中医药产业的基础保障之一，在中药资源保护优化过程中，需借助生物化学及分子生物学前沿科学技术。在中药资源保护方面，应用 SSR 标记技术、ISSR 标记技术等，分析中药材物种居群间的遗传多样性、遗传分化以及基因流等，能够为明确中药资源分布特征及其濒危状态提供重要依据，进而为制定建立优质种子资源库、自然保护区等策略提供科学依据。例如，对濒危药用植物霍山石斛、七叶一枝花等进行遗传多样性分

析，了解它们的遗传基础，避免因近亲繁殖而导致遗传退化，并达到可持续利用的目的<sup>[6]</sup>。

在品种改良方面，使用基因工程改良药用植物品种，克隆、导入控制有效成分合成的关键酶基因或者抗性相关基因，由此便可针对性地对药用植物进行改良并赋予其特定的抗性。例如，将合成青蒿素的关键基因导入青蒿体内，将获得高青蒿素含量的转基因黄花蒿群体，在一定程度上可以解决青蒿素短缺的问题。同时，利用转录组学、代谢组学等组学手段可以系统地解药用植物生长发育及有效成分合成过程中的分子机理及其调控网络，为发掘重要功能基因进行品种创制提供大量生物信息<sup>[7]</sup>。

## 三、生物化学技术在中药炮制与制剂现代化中的应用

### (一) 中药炮制机制的生物化学解析

中药炮制是中国传统制药方法之一，其通过一定方法降低药物毒副作用，增强疗效或者改变药效作用，生物化学技术为中药炮制与制剂提供科学依据。如，在炮制大黄时，利用生物化学技术测定蒽醌类成分的含量变化，可得出酒蒸等炮制工艺可以将大黄中结合型蒽醌转化为游离型蒽醌，从而有效抑制蒽醌苷酶的作用，降低其致泻作用的同时增强活血祛瘀功效；在何首乌炮制过程中，通过黑豆汁蒸制后，其二苯乙烯苷含量降低而游离型蒽醌含量增加，同时测定生品及炮制品何首乌中一些抗氧化酶（SOD 和 GSH-Px）及脂质过氧化产物 MDA 的活性及含量，这充分解释了为何蒸制后能增强何首乌抗氧化活性及减轻肝损伤的功效。此外，利用蛋白组学技术测定药性前后中药材内源蛋白的表达差异，能够有效掌握某些特异性酶或构型蛋白的变化信息，这些变化可能会直接影响中药材体内原活性成分的合成、转化或药效作用的发生发挥，从而在微观层面佐证“炮制增效”“炮制减毒”等具体生物化学过程<sup>[8]</sup>。

### (二) 中药制剂生物化学优化

生物化学优化技术对提高中药制剂质量、稳定性和生物利用度具有重要意义，其主要是指应用生物化学技术改良制剂制造工艺、剂型设计及质量控制的过程。在优化制剂制备工艺方面，需掌握中药有效成分萃取过程中的关键酶活性，如纤维素酶、果胶酶等。为了选择最优酶解工艺条件促进中药细胞破壁，提高有效成分的溶出率，如在提取多糖类成分时可利用酶解方法，显著降低提取过程的温度及时间，保护有效成分不被破坏，同时可通过测定提取物中还原糖含量、酶活性等生化指标实时检测提取的效果，在剂型设计方面，利用生物化学技术可指导新型给药系统研发，如根据生物相容性原理进行的纳米级载药装置研究，通过对载体材料与药物组分间的相互作用以及药物在体内释放速度及新陈代谢过程中的生化分析，完成对中药药物的精准供给和缓慢释放，从而提高疗效并降低不良反应。此外，应注重采用生物化学方法发挥中药产品质量控制的核心作用<sup>[9]</sup>。建立特征性生物化学参数体系，如特征活性成分含量、相关酶水平及生物学活性指数等，对生产全过程进行质量监控，并有效控制不同批次间产品的一致性 & 稳定性。例如，利用酶联免疫吸附测定法（ELISA），定

量检测中医药制剂中微量化合物有效成分含量，并通过测定中药制剂对相应酶的抑制或活化水平等，间接反映生物活性大小，更为客观、全面地从生物化学角度建立中药制剂质量评价标准<sup>[10]</sup>。

#### 四、结语

总而言之，生物化学与分子生物学技术已深度融入中医药研究的各个环节。从中药药效物质基础的阐明，包括活性成分的高效分离纯化、精准结构鉴定及其在体内的代谢转化规律与生

物合成途径的解析；到中药材的科学鉴定与资源的可持续利用，通过 DNA 分子标记技术确保药材真伪与质量，借助多组学技术进行资源评估与品种改良；再到推动中药炮制工艺的科学化与中药制剂的现代化，利用生物化学方法揭示炮制机制、优化制剂工艺、提升制剂质量与生物利用度，这些技术都发挥了不可或缺的核心作用。这不仅为中医药理论的现代化阐释提供了有力的实验依据和技术支撑，促进了中医药从经验医学向实验医学、精准医学的跨越，也为中医药的标准化、国际化发展扫清了诸多技术障碍。

#### 参考文献

- [1] 邓婕, 李思源. 中医药产业迎来数智化变革新机遇 [N]. 经济参考报, 2025-09-17(007).
- [2] 赵聪慧, 赵晖, 赵全友, 等. 基于 Hippo 信号通路探讨中医药防治癌症的分子机制 [J]. 中国中药杂志, 2026, 51(03):623-633.
- [3] 赵腾宇, 潘鹏宇, 周禹含, 等. 中医药调控 SIRT1 治疗阿尔茨海默病的研究进展 [J]. 重庆医科大学学报, 2025, 50(12):1634-1643.
- [4] 韩煦, 何玲玲, 张宏强, 等. 中医药调控 BDNF 信号通路治疗抑郁症研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2025, 21(12):222-227.
- [5] 杨骏, 李彬, 邢国刚, 等. 膜片钳技术在中医药领域的应用: 相关文献可视化分析 [J]. 中国组织工程研究, 2026, 30(23):6010-6020.
- [6] 鲍新宇, 郭小舟, 沈思涵, 等. 基于数据挖掘与网络药理学探讨国家专利中医药膳调治糖尿病的用药规律与作用机制 [J]. 药食同源杂志, 2025, 1(07):38-47.
- [7] 张杰, 徐静, 郑光伟, 等. 数智化转型视域下的中医药技术转移现状与发展路径思考 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, 32(04):235-240.
- [8] 李双翼, 时昭红, 陈俊, 等. 中医药调控细胞程序性死亡治疗胃癌前病变研究进展 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2026, 28(02):215-220.
- [9] 庞博, 吴远华. 中医药通过线粒体自噬防治帕金森病的研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, 32(05):331-339.
- [10] 李春锋, 姚鹏宇, 朱海军, 等. 中医药调控 PI3K/AKT 信号通路治疗代谢性心血管疾病研究进展 [J]. 中医学报, 2026, 41(02):354-362.