

# 自主智能解析光催化对细菌耐药性作用机制

齐振莲

广东生态工程职业学院

DOI:10.12238/acair.v3i1.11869

**[摘要]** 本研究采用自主智能系统,结合t检验、ANOVA、DESeq2和edgeR等高级统计分析方法,对基因表达数据进行评估,识别出光催化作用下耐药菌显著差异表达的基因。根据实验数据分析,揭示了光催化诱导的多重分子事件,包括对核糖体 $\beta'$ 亚基功能的抑制、对DNA复制相关基因表达模式的改变,以及对DNA修复机制的损害,这些因素共同促成了细菌耐药性的降低。这一发现为理解耐药机制提供了新视角,展示了自主智能系统在解析生物医学数据中的高效性和应用前景。

**[关键词]** 自主智能系统; 耐药性; 光催化

中图分类号: TB381 文献标识码: A

## Autonomous Intelligent Analysis of the Mechanism of Photocatalytic Effects on Bacterial Resistance

Zhenlian Qi

Guangdong Vocational College of Ecological Engineering

**[Abstract]** This study employed an autonomous intelligent system, utilizing statistical methods such as t-tests, ANOVA (analysis of variance), DESeq2, and edgeR, to evaluate gene expression data and identify significantly differentially expressed genes in drug-resistant bacteria under photocatalytic treatment. Based on the experimental data analysis, the study revealed multiple molecular events induced by photocatalysis, including inhibition of the function of ribosomal  $\beta'$  subunit, alteration of the expression pattern of genes related to DNA replication, and damage to DNA repair mechanisms. These factors collectively contributed to the reduction of bacterial drug resistance. This finding provides a new perspective on understanding drug resistance mechanisms and showcases the efficiency and application prospects of autonomous intelligent systems in analyzing biomedical data.

**[key word]** Autonomous intelligent system; Drug resistance; Photocatalysis

### 引言

在当今科技飞速发展的时代,自主智能系统已成为众多领域研究的重要工具,尤其在生物医学研究中发挥着举足轻重的作用。自主智能系统通过模拟人类智能,运用机器学习、深度学习等先进算法,实现对海量数据的自动处理、模式识别和决策分析。这些系统在基因组学、蛋白质组学、药物研发等领域取得了显著的成果,为科研人员提供了强大的技术支持。正是这些领域的研究,使我们更加关注到一个亟待解决的全球性问题——细菌耐药性。

细菌耐药性问题的日益严峻已经成为一个不容忽视的公共卫生难题。随着传统抗生素治疗手段的逐渐失效,开发新型抗菌策略以应对这一挑战显得尤为迫切。光催化技术,作为一种绿色、环保且具有高效抗菌潜能的新型技术,受到了广泛关注。然而,尽管光催化技术在抗菌领域展现出巨大的应用前景,

关于其如何诱导细菌耐药性降低的生物学机制仍尚不明确,这在很大程度上限制了其在临床实践中的广泛应用。

近年来,随着计算科学和信息技术的飞速发展,自主智能系统在生物医学研究领域中的应用逐渐崭露头角。特别是生物信息学和大数据分析技术的结合,使得科研人员能够高效地处理和海量生物数据,从而揭示复杂的生物学现象和规律。美吉生物云平台,作为国内领先的生物信息学分析平台,凭借其强大的数据处理能力和高效的分析算法,为本研究提供了强有力的技术支持。

本研究立足于自主智能系统的发展前沿,充分利用美吉生物云平台的技术优势,旨在深入探讨光催化对细菌耐药性的影响及其背后的生物学机制。本研究成功地将自主智能系统应用于光催化抗菌作用的研究,通过对大量实验数据的深入挖掘和分析,揭示了光催化抗菌作用的关键分子机制。此外,对自主智

能系统进行了优化,提高了其数据分析和模式识别的准确性,从而为光催化技术在生物医学领域的应用提供了更为可靠的依据。

## 1 实验材料与方法

本研究采用50mL圆柱形石英反应器,以TiO<sub>2</sub>纳米管电极为光阳极,辅以365nm(100mW/cm<sup>2</sup>)LED紫外光源。实验选用Ecoli. DH5a敏感菌株及MIC为8ug/mL的耐庆大霉素Ecoli. DH5a (GTM) 菌株,反应温度控制在25±2° C,并采用恒温数字磁力搅拌器混合反应体系。每次光催化处理前,向反应器中加入50 mL含相应细菌浓度为1×10<sup>8</sup>CFU/mL的0.9%NaCl溶液。分别于处理0min、40min、60min、120min时取样,并迅速制备成待测样品以备后续分析。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 光催化处理过程中细菌耐药性变化

在光催化处理120分钟期间,Ecoli. DH5a (GTM) 与Ecoli. DH5a的耐药性变化曲线如图1所展示。随着处理时间的持续增加,Ecoli. DH5a (GTM)的耐药性呈现连续下降趋势,直至120分钟时其耐药性稳定在4ug/mL。相较之下,作为敏感菌株的Ecoli. DH5a并未携带耐庆大霉素基因,因此在整个处理过程中其耐药性始终维持在较低水平。实验结果表明,光催化刺激能够显著诱导耐药菌株的耐药性降低。

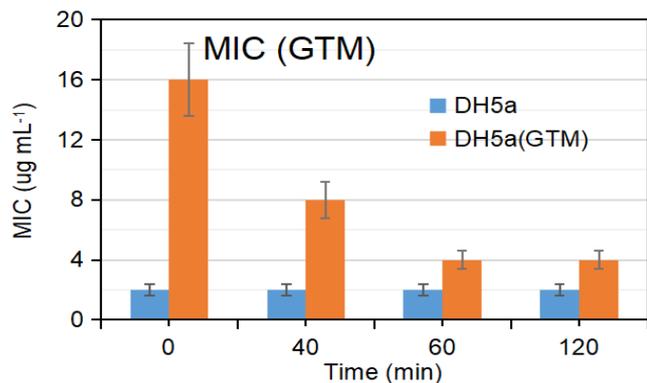


图1 光催化处理过程中细菌耐药性变化曲线

### 2.2 细菌耐药性调控机制

差异表达基因分析作为一种有效的生物信息学方法,在揭示细菌耐药性调控机制方面发挥着关键作用。本研究利用RNA测序技术,对光催化处理前后耐庆大霉素耐药菌株的基因表达谱进行了全面的差异表达分析。RNA测序结果分析基于美吉生物云平台,运用包括但不限于t检验、ANOVA(方差分析)、DESeq2、edgeR等统计方法,这些算法能够对基因表达数据进行严格的统计评估,从而识别出在不同条件下显著差异表达的基因。为了提高差异表达基因的识别准确性,平台还集成了机器学习算法,如支持向量机(SVM)、随机森林等,这些算法能够从复杂的基因表达模式中学习并预测基因表达的变化趋势。

本研究通过差异基因表达分析,识别了与细菌耐药性调控密切相关的关键基因集。实验数据揭示,在光催化作用下,核糖

体大亚基核心组成部分β'亚基基因表达显著下降(见图2a)。此下调可能干扰核糖体大亚基组装及其功能,降低蛋白质合成效率,抑制细菌生长与代谢。核糖体结构与功能的完整性对细菌生存和繁殖至关重要,尤其是大亚基,它在mRNA解码、tRNA转运和肽链延伸中发挥关键作用。β'亚基的结构稳定性和功能完整性对核糖体功能至关重要。光催化诱导的β'亚基表达下调可能破坏核糖体大亚基结构,影响其翻译过程中的解码和肽链延伸,降低蛋白质合成效率,抑制细菌生长速率和代谢活动,可能降低细菌耐药性。

因此,本研究认为,光催化诱导耐药菌株耐药性降低的分子机制可能与核糖体β'亚基功能的抑制有关。β'亚基的表达下调可能干扰了核糖体的组装和翻译过程,影响了细菌的蛋白质合成能力,这对于理解光催化诱导的耐药性变化具有重要的生物学意义,并为开发新的抗菌策略提供了潜在的分子靶点。

在本研究中,基因表达模式的对比分析揭示了光催化诱导下DnaG基因表达的显著上调现象(图2b)。DnaG primase作为DNA复制机制中的关键引物合成酶,其上调可能反映了细菌在光催化压力下的生物学适应策略。增强的DnaG primase合成能力可能促进DNA复制速率,提升细菌在逆境中的适应性和生存力。然而,这一加速的复制过程可能增加基因突变率,为细菌提供遗传变异的机会,包括潜在的耐药性变异。

值得注意的是,这种加速DNA复制的策略,虽然在理论上为细菌提供了适应性优势,但实际上可能对细菌的生理状态产生双重影响。一方面,增加的突变率可能有助于耐药性的演化;另一方面,这种策略亦可能导致能量和生物资源的大量消耗,从而对细菌的正常生理功能造成负担,影响其维持生存和复制的能力。这种以资源消耗为代价的生存策略,可能在一定程度上解释了光催化作用下耐药菌株存活能力降低的现象。

在细菌DNA复制过程中,DNA聚合酶III(pol III)起到核心作用,其主要功能是将RNA引物延伸成完整的DNA链[4]。Pol III核心酶的结构域之一,τ(tau)亚基,对调控DNA复制的速率和准确性具有至关重要的作用。本研究的实验结果揭示了,在光催化处理下,pol III核心酶中τ位点基因的表达水平显著上调,如图2b所示。这一上调现象表明,细菌在面临光催化引起的外部压力时,可能采取了一种策略,即通过加强DNA复制的速率和效率来提升其生存能力。τ位点基因表达的增强可能会促进DNA复制过程的加速,为遗传物质的快速复制提供动力,从而支持细菌的生长和繁殖。

然而,这种加速的DNA复制策略也可能伴随着复制错误的增加,从而可能增加了DNA序列中的变异频率。这些变异可能为细菌提供了更多的耐药性变异机会,增加了对抗生素等外界压力的适应性。尽管如此,过度的DNA复制同样会对细菌的能量代谢和资源分配造成压力,可能导致能量和资源的大量消耗,对细菌的正常代谢功能构成挑战。

DNA聚合酶I(DpoI)作为细菌中一个多功能的酶,不仅在DNA复制过程中扮演着重要角色,还参与多种DNA修复和重组机制,

