

中药活性成分抗菌研究进展

肖涓卉¹, 唐 慧¹, 陈紫千², 席思琦¹, 贺思煜¹, 扈本荃^{1*}

¹西安医学院药学院, 陕西 西安

²西安医学院全科医学院, 陕西 西安

收稿日期: 2025年12月7日; 录用日期: 2026年1月9日; 发布日期: 2026年1月16日

摘 要

抗生素的出现使得许多疾病的有效控制与彻底治疗成为可能, 但长期滥用已导致细菌耐药性这一问题日益严峻。近年来, 越来越多的研究表明, 中药在抗菌治疗方面具有一定的疗效或辅助治疗作用, 是抗菌新药研究的热点之一。本文综述了中药各类活性成分的抗菌作用研究进展, 并展望了中药抗菌研究前景。

关键词

中药, 活性成分, 抗菌

Research Progress on Antibacterial Activity of Active Ingredients in Chinese Medicine

Juanhui Xiao¹, Hui Tang¹, Ziqian Chen², Siqi Xi¹, Siyu He¹, Benquan Hu^{1*}

¹School of Pharmacy, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²School of General Medicine, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: December 7, 2025; accepted: January 9, 2026; published: January 16, 2026

Abstract

The introduction of antibiotics has enabled effective management and complete eradication of numerous diseases. However, their prolonged misuse has contributed to the growing issue of bacterial resistance. In recent years, an increasing number of studies have demonstrated that traditional Chinese medicine exhibits promising therapeutic or adjunctive effects in combating bacterial infections. That is one of the hotspots in the research of the new antibacterial drugs. The research progress on the antibacterial effects of active ingredients of traditional Chinese medicine is reviewed in this article, and the future of research on the antibacterial properties of traditional Chinese medicine is prospected.

*通讯作者。

文章引用: 肖涓卉, 唐慧, 陈紫千, 席思琦, 贺思煜, 扈本荃. 中药活性成分抗菌研究进展[J]. 药物资讯, 2026, 15(1): 37-43. DOI: 10.12677/pi.2026.151005

Keywords

Chinese Medicine, Active Ingredients, Antibacterial

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

抗生素的发现与使用是 20 世纪医学的重大里程碑，显著降低了感染性疾病的死亡率。但随着抗生素的长期使用，微生物对抗生素产生了耐药性。2022 年，全球约 130 万人因抗生素耐药性导致死亡，若当前抗生素耐药率持续上涨的趋势得不到有效的控制，预计 2050 年，全球每年因耐药菌感染致死的人数将攀升至 1000 万，由此引发的直接经济损失预计超 10 万亿美元[1]。CHINET 中国细菌耐药监测显示 2023 年国内主要区域的医疗机构临床分离菌对抗菌药物的敏感性呈下降趋势，而临床分离菌对常见抗菌药物的耐药率呈增长趋势[2]，现有研究结果显示，当前细菌耐药性产生速度远远超过了新药研发速度，同时新型抗菌药物的发现率逐年递减，因此加快新型抗菌药物的筛选工作意义重大[3]。

中药作为华夏文明独特的天然药物体系，在感染性疾病的防治领域积淀了逾两千年的实践经验。中药具有多成分，多靶点，多通路的优良特性，能发挥协同且综合的抗菌作用；与化学合成抗生素相比，体现了抗菌的多角度功效[4]。研究人员近年来将生物碱类、黄酮类、酚酸类、萜类等有效抗菌成分从中药中分离出来(见表 1)，这些成分通过破坏病原菌细胞膜结构、抑制细菌代谢等途径达到抑菌效果[5]，具有广谱抗菌活性、作用靶点多、耐药性小和副作用较少等优势。相比于传统抗生素，传统中医药为解决抗生素耐药性问题提出了新思路[6]，具有良好的应用价值和广阔的市场前景。中药抗菌研究不仅为我国传统中医药产业的复兴发展提供了多元化意义，同时也对研发新型抗菌药物和解决耐药性挑战提供了重要途径。

Table 1. Antibacterial types of active extracts from traditional Chinese medicine

表 1. 中药有效提取物的抑菌菌类

中药	中药单体	作用细菌
云南萝芙木	吲哚类生物碱	白色念球菌、枯草芽孢杆菌
葶苈	胡椒碱	耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌
金莲花	黄酮	金黄色葡萄球菌、变异链球菌
白花蛇舌草	黄酮	大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌
青檫槭树皮	儿茶素	大肠杆菌、变形链球菌、金黄色葡萄球菌
木瓜榕根	异黄酮	枯草芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌
金银花	绿原酸	MRSA
披针叶茴香	单萜	枯草芽孢杆菌
香菇	香菇多糖	大肠杆菌
桑叶	桑叶多糖	金黄色葡萄球菌、大肠杆菌

2. 中药抗菌活性成分

2.1. 生物碱类

生物碱是自然界中一类重要的含氮碱性次生代谢产物,以其抗菌、抗炎等多种生物活性著称。它们在结构上呈现多元化(如异喹啉类、吲哚类、哌啶类等),这种结构的多元化正是其广泛生物活性的基础,多项研究发现生物碱具有显著的抑菌和杀菌作用。

氮原子的存在状态是影响异喹啉生物碱抗真菌活性的关键因素。对于简单型、苄基异喹啉生物碱氮原子的烷基化 C-6、C-7 位烷氧基是增加活性的重要因素,其中含 C=N 键的季铵型异喹啉化合物,其分子中的 C=N+键均被证明是其抗菌活性所必需的结构单元, C=N+键具有很高的化学活性,当其被氧化或还原后,活性也随之大幅降低或消失。Jiaqi T 等人实验结果表明盐酸小檗碱具有良好的抑制生物膜形成的作用,其在体外对金黄色葡萄球菌不仅单药具有一定的抑菌作用[7],而且与万古霉素、克林霉素、利福平、氟喹诺酮和氨基糖苷类等常用抗生素有良好的协同的作用[8]。吴昊从紫金龙(紫金龙属植物)的根中提取了大量异喹啉类生物碱,其中部分化合物具有抑制细菌增殖的活性,从云南罗芙木中得到的主要吲哚类生物碱的抗菌活性,其中含有的季铵离子的单体化合物对白色念珠菌及枯草芽孢杆菌表现出良好的广谱抗菌活性,推测结构中的季铵离子是其发挥抗菌作用的关键基团[9]。吲哚和吲哚类衍生物具有优异的抗真菌活性,其通过 Ras-cAMP-PKA 途径抑制真菌的生物膜的形成和菌丝的发育[10]。王婷从吴茱萸中分离得到对蜡样芽孢杆菌具有一定的抑制作用的 3 个化合物均为吲哚类物质[11]。

胡椒碱是荜茇的有效成分, Liu Y 等通过研究确定胡椒碱(PIP)对耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌(CRPA)的抗菌活性,并通过棋盘稀释法研究 PIP 对 CRPA 亚胺培南(IPM)耐药性的影响,发现 PIP 和 IPM 对 CRPA 的协同作用,证明了 PIP 有可能成为 CRPA 的外排泵抑制剂[12]。

2.2. 黄酮类化合物

黄酮类化合物是天然多酚类植物的次级代谢产物,成分有黄酮、黄酮醇、黄烷醇、异黄酮、花色素等。其具有抗菌特性,可将部分抗生素替换,在医疗、保健及食品领域应用前景广泛。黄酮类的抗菌机制包括:抑制细菌生物膜修复功能、改变细菌膜渗透性、抑制细菌外排能等[13]。

刘艺苑等人发现荜苳草抗菌效果强于牡荆苷,金莲花提取物黄酮可抑制金黄色葡萄球菌和变异链球菌生长[14]。曾俊等人表明从中药白花蛇舌草提纯出的黄酮类化合物对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的抑菌效果强,抗金黄色葡萄球菌的效果存在但相对较弱[15]。王光燕等以藤椒油粕为原料,经过抑菌圈法和微量稀释法证实,提取出的黄酮对表皮葡萄球菌和金黄色葡萄球菌有抑菌效果[16]。

黄酮醇类化合物分布范围广泛,目前已发现 1700 余种;其结构含 2-苯基-3-羟基(或含氧取代)苯骈 γ -吡喃酮(2-苯基-3-羟基色原酮)。D. Souza 的研究证实:糖尿病患者伤口中的粪肠球菌、肺炎克雷伯杆菌、金黄色链球菌、大肠杆菌、产气肠杆菌可被黄酮醇类化合物抑制效生长[17]; Qi W 发现槲皮素极易从有机植物体内提取,对沙门氏菌、大肠杆菌、志贺氏菌可以产生抗菌作用[18]。

黄烷醇结构含 2-苯基色原烷母核;根据其立体结构可分为儿茶素(Catechin)和表儿茶素(Epicatechin)及其衍生物。儿茶素是一种多酚类化合物,又被称为儿茶精,儿茶酸。金强伟提取出青楷槭树皮中的儿茶素,并证明其具有抑制大肠杆菌、变形链球菌、喹诺酮金黄色葡萄球菌和金黄色葡萄球菌的作用[19]。赵航晔等认为在 0.5%浓度下的茶多酚耐氧化,具有可替代碘伏的抗菌属性,其主要有效成分为表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG) [20]。

异黄酮是植物二次代谢产物,其 3-苯基衍生物即为异黄酮,与黄酮异构,在代谢苯丙氨酸进程中,肉桂酰辅酶 A 延长后环化,形成具有苯色酮环的酚类化合物。QICC 等研究发现,多种陆地致病菌(如枯

草芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌)可被从木瓜榕根中分离得到的异黄酮抑制活性[21]。

花色素又称花青素;其有色,有水溶性、感光性、感热性,可产自中药植物铁皮石斛。花色素由花色苷水解得来,含多种糖苷基和取代基,以 2-苯基苯并吡喃为基本结构单元。苏适等研究表明黑豆皮花青素可抑制大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌[22]。张欣认为原花青素在特定浓度下可抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的生长,对革兰氏阴性菌的抑制效果更好[23]。

2.3. 酚酸类

酚酸类化合物是从植物类中药中获得的次生代谢产物,具有抗炎、抑菌和抗氧化等作用,在医药领域具有广阔的应用前景[24]。分为苯甲酸类和苯丙酸类等。

2.3.1. 苯甲酸类

苯甲酸类代表化合物有没食子酸、香草酸、原儿茶酸等。

没食子酸可抑制金黄色葡萄球菌的生长、运动和粘附,影响细菌细胞膜的通透性[25]。朱金帅等通过比较没食子酸、原儿茶酸、绿原酸对水产品中的腐败希瓦氏菌的抑菌活性,发现没食子酸的抑菌效果最强[26]。

香草酸是一种高效的抗菌成分,可显著抑制耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA),抑制 MRSA 生物被膜(MRSA-BF)的形成,对成熟 MRSA-BF 也具有清除作用,不易引发细菌耐药性,且对人体细胞安全无毒[27]。

原儿茶酸是一种绿色安全的酚酸类化合物,常见于多种药用植物(如木槿、丹参)中,具有抗氧化、抗菌和抗衰老等作用。原儿茶酸对小肠结肠炎耶尔森氏菌和藤黄微球菌的抑菌机制与细胞膜去极化,细胞内 ATP 和 pH 水平降低有关,同时,原儿茶酸还会导致这两种菌的细胞膜通透性增加,进而引起胞内 K⁺泄露[28]。

2.3.2. 苯丙酸类

苯丙酸类化合物作为植物苯丙烷代谢的关键产物,具有多重生物活性,包括抗菌、抗炎和抗氧化等作用,其代表化合物有绿原酸、咖啡酸、阿魏酸等。

金银花中的有效成分绿原酸,樊荣研究发现,绿原酸的主要代谢产物没食子酸和二氢咖啡酸对 MRSA 有明显抑制作用[25]。此外,绿原酸也可抑制肺炎克雷伯菌的临床分离株[29]。

咖啡酸可干扰 MRSA 胞外聚合物的生成,破坏生物膜结构,从而导致生物膜细胞散落[30],影响 MRSA 生长。

阿魏酸在多种药用植物中含量较高,有显著的抗氧化活性和广谱抗菌作用。孔慧等比较阿魏酸及其酯类衍生物对链格孢菌的体外和体内抑菌活性,借助转录和蛋白质组学技术,深入研究了阿魏酸甲酯(MF)对链格孢菌的抑菌分子机制,同时制备 MF/2-羟丙基- β -环糊精包合物,改善了其水溶性[31]。

2.4. 萜类

萜类化合物(terpenoids)是天然产物中数量最多的一类化合物,其分布广泛,骨架庞杂,具有多样的生物活性。萜类化合物常根据分子骨架中异戊二烯单元的数目分为单萜、倍半萜、二萜等。破坏细胞膜,影响酶活性和干扰代谢等方式是单萜类化合物发挥抗菌作用的主要机制[32]。

2.4.1. 单萜类

单萜是指分子骨架由 2 个异戊二烯单位构成,含 10 个碳原子的化合物,广泛分布于高等植物的腺体、油室和树脂道等分泌组织中,是植物挥发油的主要成分,在昆虫和微生物的代谢产物及海洋生物中

也有存在。葛彦等人以振荡法分别测试了天然单萜复合物壳聚糖基纳米纤维对大肠杆菌 ATCC 8739 和金黄色葡萄球菌 ATCC 6538 的抑菌性能, 其实验结果证明了单萜类化合物具有抗菌活性[33]。李慧娟等人采用纸片法对八角属几种植物的粗提物进行抗菌活性研究, 再利用倍比稀释法对从披针叶茴香中分离得到的单萜类化合物进行抗菌活性筛选, 实验结果表明: 八角属几种植物粗提物对枯草芽孢杆菌都有不同程度的抑制作用, 进而说明单萜类化合物具有良好的抗菌活性[33]。

2.4.2. 二萜类

二萜类化合物由四个异戊二烯单位构成。在植物成分里, 直链和单环结构的二萜并不常见, 更多的是二环与三环结构的二萜, 特别是带有氧原子的二萜衍生物, 数量相对更多。这类化合物抑制细菌生长并致其死亡的机制, 主要包括破坏细菌的细胞壁和细胞膜、干扰其代谢过程, 或是与细胞表面的蛋白质结合, 阻碍细菌对营养物质的摄取[34]。金典等人曾针对穿心莲内酯展开研究, 探究其对金黄色葡萄球菌氨基酸及糖代谢的作用。结果显示, 穿心莲内酯能对该细菌的氨基酸与葡萄糖代谢产生干预, 通过增强细菌对周围环境中营养物质的吸收, 间接起到抗菌效果[35]。

2.4.3. 三萜类

三萜类成分属于萜类化合物的一种, 其基本母核包含 30 个碳原子, 在植物体内既可以游离状态存在, 也能与糖结合形成苷类或酯类物质, 并且具备多种生化活性。五环三萜化合物具有广谱的抗菌活性, 可有效抑制金黄色葡萄球菌、粪肠球菌、变形链球菌、大肠杆菌、表皮葡萄球菌、铜绿假单胞菌等多种细菌。其抗菌机制可能与五环三萜会和细菌细胞膜磷脂的相互作用有关, 促使细胞膜中富含心磷脂的结构域分解, 最终导致细菌细胞的破损与死亡[36]。齐墩果酸是从植物中分离出来的五环三萜类化合物, 周永林发现, 齐墩果酸能够显著减轻细菌性溶血素对机体的损伤, 同时还能恢复 β -内酰胺类抗生素在体内外的抗菌活性[37]。王英等人采用液体培养体系培养雪峰虫草菌体, 得三萜提取物进行了体外抑菌活性评价。结果表明, 液体培养体系培养雪峰虫草菌体对大肠杆菌等 5 种测试菌株均表现出显著的抑菌活性, 证实了该液体培养体系生产具有抗菌活性的三萜化合物的可行性[38]。

2.5. 其他活性成分

多糖类化合物是一类广泛存在于动植物体内的生物大分子物质, 具有多样的生物活性。周欣研究表明香菇多糖展现出显著的广谱抗菌特性, 其对大肠杆菌的抗菌效果尤为突出[39]。尚朝利等人采用牛津杯法对桑叶多糖的体外抑菌活性进行了检测, 结果显示: 桑叶多糖对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均有显著的抑制效果, 抑菌圈直径分别为 9.22、11.74 mm, 且两者的最低抑菌浓度均为 2.0 g/L [40]。多糖通过亲水和疏水作用、静电吸附或糖受体结合等方式与细菌发生作用, 进而通过增加细胞膜通透性、抑制病原菌对宿主细胞吸附以及阻断营养或能量物质跨膜转运等途径实现其抗菌功能[41]。

多项研究表明, 多种天然产物表现出显著的抗菌活性。顾娟利用具有清热解毒作用的八种中药研究制成中药混合液, 其实验证明中药混合液对 MRSA 具有抑菌效果[42]。翟亚森等发现茴香脑能够增强莫匹罗星对耐药金黄色葡萄球菌的抗菌活性[43], 刘婧怡等人通过体外抑菌实验证实, 大黄素对包括青霉素高耐药临床株在内的 MRSA 菌株具有显著抑制作用[44]。此外, 刘静等人系统的评价了茶皂素的体外抗菌活性, 发现其对表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌表现出最强的抑制作用, 变形杆菌、沙门氏菌、铜绿假单胞菌、福氏痢疾杆菌具有中等的抑菌效果, 而对肺炎克雷伯菌、大肠杆菌的抗菌活性相对较弱[45]。

3. 展望

当前在研究中药抗菌方面仍有诸多挑战, 虽然体外实验数据足够丰富, 但是体内研究却仍有不足, 对于其临床效果更是难以准确预测。而且, 中药生产模式很难做到完全统一, 导致抗菌成效倍受影响。

此外, 中药复方中各种成分存在未知的相互作用, 令筛选有效的抗菌活性成分的难度增加。

面对抗菌药物研发周期长、难度大与耐药菌治疗日益严峻的双重挑战, 开展中药活性成分抗耐药菌研究具有重要的临床价值。在未来, 随着研究更加深入, 有望发现更多抗菌中药, 并进一步研究其作用机制。同时, 依托现代科技, 进一步提升中药抗菌药物的研发水准、疗效与稳定性。此外, 也要深入推进中药与其他疗法联合应用的研究, 以及促进中药抗菌在全球范围的传播, 将提供更多有效手段和方法来解决细菌耐药问题和保障人类健康。因此, 中药活性成分研究在促进抗生素抗菌作用的研究领域展现出广阔前景。

基金项目

陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2023-JC-YB-771); 西安医学院科技能力提升项目(2024NLTS139); 陕西省教育厅大学生创新训练计划项目(S202411840068); 西安医学院大学生创新训练计划项目(121524068)。

参考文献

- [1] 谢建平, 黄煜, 宋洁. 抗生素耐药机制与新抗感染措施研发[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2023, 46(6): 719-730, 708.
- [2] 郭燕, 胡付品, 朱德妹, 等. 2023 年 CHINET 中国细菌耐药监测[J]. 中国感染与化疗杂志, 2024, 24(6): 627-637.
- [3] Lewis, K. (2020) The Science of Antibiotic Discovery. *Cell*, **181**, 29-45. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.056>
- [4] 蒋庆佳, 杨放, 杨安迪, 等. 中药抑菌活性成分及其作用机制研究进展[J]. 中国抗生素杂志, 2023, 48(8): 855-861.
- [5] 梁士兵, 王育纯, 孙娜, 等. 中草药芦荟、苦参对 5 种常见细菌的体外抑菌研究[J]. 光明中医, 2016, 31(4): 498-499.
- [6] 郭文英, 张林, 彭亮. 以中药黄芩中黄酮类化合物为配体的金属配合物研究进展[J]. 江西科技师范大学学报, 2024(6): 64-67.
- [7] Tan, J., Wang, J., Yang, C., Zhu, C., Guo, G., Tang, J., *et al.* (2019) Antimicrobial Characteristics of Berberine against Prosthetic Joint Infection-Related *Staphylococcus aureus* of Different Multi-Locus Sequence Types. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **19**, Article No. 218. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2558-9>
- [8] 夏帅, 马立艳, 谢苗荣. 盐酸小檗碱对金黄色葡萄球菌体外抗菌活性的研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(7): 673-678.
- [9] 吴昊. 云南罗芙木和紫金龙生物碱成分及其抗菌活性研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明医科大学, 2022.
- [10] 姜圆. 呋喃类衍生物的合成及抗白色念珠菌活性与机制研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南中医药大学, 2023.
- [11] 王婷. 中药吴茱萸化学成分及生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连医科大学, 2021.
- [12] Liu, Y., Zhu, R., Liu, X.W., *et al.* (2023) Effect of Piperine on the Inhibitory Potential of MexAB-OprM Efflux Pump and Imipenem Resistance in Carbapenem-Resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbial Pathogenesis*, **185**, Article ID: 106397.
- [13] Dzotam, J.K., Simo, I.K., Bitchagno, G., Celik, I., Sandjo, L.P., Tane, P., *et al.* (2018) *In Vitro* Antibacterial and Antibiotic Modifying Activity of Crude Extract, Fractions and 3',4',7-Trihydroxyflavone from *Myristica fragrans* Houtt against MDR Gram-Negative Enteric Bacteria. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **18**, Article No. 15. <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2084-1>
- [14] 刘艺苑, 刘传敏, 李新朋, 等. 金莲花黄酮类成分抗菌及抗氧化活性研究[J]. 药学研究, 2023, 42(4): 228-231, 242.
- [15] 曾俊, 徐俊钰, 熊芮, 等. 白花蛇舌草黄酮类化合物的提取及抑菌作用[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(2): 97-104.
- [16] 王光燕, 于涵, 杨婷, 等. 藤椒油粕黄酮类成分的提取纯化工艺及成分鉴定和抑菌作用研究[J]. 中草药, 2024, 55(18): 6196-6207.
- [17] Dsouza, D. and Nanjaiah, L. (2018) Antibacterial Activity of 3,3',4'-Trihydroxyflavone from *Justicia wynaadensis* against Diabetic Wound and Urinary Tract Infection. *Brazilian Journal of Microbiology*, **49**, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.05.002>
- [18] Qi, W., Qi, W., Xiong, D. and Long, M. (2022) Quercetin: Its Antioxidant Mechanism, Antibacterial Properties and

Potential Application in Prevention and Control of Toxipathy. *Molecules*, **27**, Article 6545.

<https://doi.org/10.3390/molecules27196545>

- [19] 金强伟. 青楷槭与蒲黄的活性成分研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2023.
- [20] 赵航晔. 探究茶多酚对小鼠皮肤伤口愈合的影响[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2022.
- [21] Qi, C., Fu, Y., Chen, W., Chen, G., Dai, C., Song, X., *et al.* (2017) A New Isoflavone from the Roots of *Ficus auriculata*. *Natural Product Research*, **32**, 43-47. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1329728>
- [22] 苏适, 李月, 董立强, 等. 黑豆皮花青素的提取及体外抗菌活性研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2020, 36(5): 532-536.
- [23] 张欣. 黑果腺肋花楸原花青素的提取、抗氧化及其抑菌活性研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [24] 王静, 丁海燕. 酚酸类化合物抑菌作用研究进展[J]. 中成药, 2022, 44(6): 1906-1911.
- [25] 樊荣. 绿原酸代谢产物的抗菌作用及其机制研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都大学, 2023.
- [26] 朱金帅, 李秋莹, 于昕睿, 等. 酚酸对水产品腐败希瓦氏菌的抑菌作用[J]. 食品与机械, 2020, 36(6): 133-137.
- [27] 龚玉圆. 香草酸抗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌活性及生物被膜机制研究[D]: [硕士学位论文]. 宜昌: 三峡大学, 2022.
- [28] 吴咪. 原儿茶酸对小肠结肠炎耶尔森氏菌和藤黄微球菌的抑菌机理研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西科技大学, 2022.
- [29] 把永昌. 碳青霉烯耐药肺炎克雷伯菌分子流行病学及绿原酸抗菌机制研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明医科大学, 2023.
- [30] 靳汝霖. 咖啡酸协同鼠尾草酸对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌抑菌机制的研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2024.
- [31] 孔慧. 阿魏酸及其酯类衍生物对链格孢菌的抑菌作用机制研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2023.
- [32] 秦荣, 付彬, 刘枣, 等. 萜类化合物抗菌性的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2025, 46(3): 197-202.
- [33] 李慧娟, 李惠如, 王晓琳, 等. 八角属植物的抗菌活性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医(上半月), 2016(12): 178-180.
- [34] 韦春玲, 崔培梧, 肖瑾, 等. 具有抗菌活性的天然二萜类化合物研究进展[J]. 中成药, 2022, 44(7): 2240-2249.
- [35] 金典, 陈思敏, 王丽娟, 等. 穿心莲内酯对金黄色葡萄球菌氨基酸及糖代谢的影响研究[J]. 中药药理与临床, 2019, 35(1): 39-42.
- [36] 韦春玲, 肖瑾, 肖珊, 等. 具有抗菌活性的天然五环三萜类化合物研究进展[J]. 中成药, 2023, 45(4): 1231-1240.
- [37] 周永林. 齐墩果酸抑制 β -内酰胺酶和细菌性溶血素活性作用及其机制研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [38] 王英, 张向红, 张少冰, 等. 雪峰虫草液体培养产三萜及其抗菌作用的初步研究[J]. 中国中医药科技, 2020, 27(1): 34-37.
- [39] 周欣. 香菇多糖提取工艺的优化及其体外抗菌试验研究[J]. 饲料研究, 2023, 46(13): 87-92.
- [40] 尚朝利, 白泽方, 樊轻亚. 饲用桑叶多糖提取工艺优化及其体外抗菌活性研究[J]. 饲料研究, 2024, 47(5): 72-75.
- [41] 赵文字, 曾思敏, 魏香, 等. 多糖的抗菌、抗真菌效果及其机制[J]. 粮食与食品工业, 2025, 32(1): 23-26.
- [42] 顾娟. 中药混合液对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的体外抗菌作用的研究[J]. 系统医学, 2024, 9(7): 94-97.
- [43] 翟亚森, 刘晓会, 杨天波, 等. 鱼腥草挥发油抗大肠埃希菌的活性成分和机制研究[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(10): 88-95.
- [44] 刘婧怡, 蔡仑, 段浩, 等. 大黄素抑制 MRSA 生物膜活性及其作用机制研究[J]. 陆军军医大学学报, 2022, 44(7): 684-690.
- [45] 刘静, 谢朋飞, 蔡延渠. 茶皂素对临床常见致病菌的抗菌活性及作用机制研究[J]. 广东药科大学学报, 2021, 37(5): 35-41.