

中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠的研究进展

朱 垚, 马文樵*, 赵宁宇, 王思绮, 张鋆钰

南通理工学院健康医学院 江苏南通

【摘要】随着健康消费理念与绿色发展思潮的升级,传统化学驱护类洗涤产品的安全性隐患愈发受到关注。中药凭借天然生物活性与优良安全性,在驱蚊、驱虫、抑菌、抗螨领域具备独特应用优势;洗衣凝珠作为新型浓缩洗涤剂,兼具便捷性与高效性等核心特点。二者融合开发多功能中药洗衣凝珠,已成为日化领域的研究前沿。本文系统综述中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠在核心活性成分筛选与功效验证、制备技术创新与优化等关键领域的研究进展,深入分析复方配伍的协同作用机制,探讨制备过程中的核心技术瓶颈,并展望未来发展方向,为该类产品的研发创新与产业化应用提供理论参考。

【关键词】中药;洗衣凝珠;驱蚊驱虫;抑菌抗螨;制备技术

【基金项目】2025年南通理工学院大学生创新训练计划项目(XDC2025133)

【收稿日期】2024年7月20日 **【出刊日期】**2025年6月18日 **【DOI】**10.12208/j.jmbr.20250006

Research progress on traditional Chinese medicine mosquito-repellent, insect-repellent, antibacterial, and anti-mite laundry detergent pods

Yao Zhu, Wenqiao Ma*, Ningyu Zhao, Siqi Wang, Yunyu Zhang

School of Health Sciences, Nantong University of Science and Technology, Nantong, Jiangsu

【Abstract】With the upgrading of healthy consumption concepts and green development trends, the safety hazards of traditional chemical repellent and protective laundry products have attracted increasing attention. Traditional Chinese Medicine (TCM) has unique application advantages in mosquito repellent, insect repellent, antibacterial, and acaricidal fields due to its natural biological activity and excellent safety. As a new type of concentrated detergent, laundry detergent beads have core characteristics such as convenience and high efficiency. The integrated development of multi-functional TCM laundry detergent beads by combining the two has become a research frontier in the daily chemical field. This paper systematically reviews the research progress of TCM laundry detergent beads with mosquito repellent, insect repellent, antibacterial, and acaricidal functions in key areas such as the screening and efficacy verification of core active ingredients, and the innovation and optimization of preparation technologies. It deeply analyzes the synergistic mechanism of compound compatibility, discusses the core technical bottlenecks in the preparation process, and looks forward to the future development direction, providing theoretical reference for the R&D innovation and industrial application of such products.

【Keywords】Traditional Chinese medicine; Laundry detergent beads; Mosquito and insect repellent; Antibacterial and acaricidal; Preparation technology

消费升级背景下,消费者对洗涤产品的需求已从基础清洁向“清洁-生物防护”多功能一体化方向演进。中药资源储备丰富,其蕴含的挥发性精油、

生物碱等活性成分,在驱蚊、驱虫、抑菌、抗螨领域拥有悠久应用历史与明确药理活性,且相较于化学合成成分具有更低的毒副作用,契合绿色消费趋势。

*通讯作者: 马文樵

洗衣凝珠凭借计量精准、使用便捷、去污效能优异等优势, 已逐步成为洗涤剂市场的主流剂型之一。将中药活性成分与洗衣凝珠技术有机融合, 开发兼具清洁功能与多重生物防护功效的中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠, 既能满足消费者对健康防护的核心需求, 亦为中药资源的现代化日化应用拓展了新路径。本文从核心中药活性成分筛选与功效验证、制备技术创新与优化等关键研究方向展开综述, 系统梳理当前研究成果与技术瓶颈, 为该领域的深度研究与产品开发提供理论支撑。

1 核心中药活性成分的筛选与功效验证

1.1 驱蚊驱虫类中药成分

此类成分以中药中的挥发性精油及萜类化合物为主, 通过释放特异性气味干扰蚊虫等害虫的嗅觉感知系统, 降低其对人体的趋性, 进而实现驱避效果^[1]。武汉大学科研团队采用基因导向的体外挖掘技术, 从艾蒿中鉴定出新型驱虫成分艾蒿醇, 该成分在低浓度下对埃及伊蚊、蜱虫等具有显著趋避活性, 且经小鼠急性毒性实验证实安全性较高, 为中药驱蚊成分的精准筛选提供了新方向^[2]。此外, 薄荷、丁香、藿香、苍术等亦是该领域的常用驱蚊成分: 薄荷中的薄荷醇可同步实现驱蚊与缓解蚊虫叮咬瘙痒的双重功效; 丁香中的丁香油凭借独特香气展现出优异的驱虫效能; 陈皮成分的添加则可延长香气持续时间, 提升产品长效驱蚊效果。

1.2 抑菌抗螨类中药成分

抑菌抗螨成分主要通过破坏微生物细胞膜结构、干扰代谢系统或改变生存环境实现功效, 此类成分多源自具有清热燥湿、解毒杀虫功效的中药。苦参提取物中的苦参碱与氧化苦参碱是经典抗螨成分, 可穿透螨虫细胞膜破坏其代谢系统, 对尘螨、疥螨的灭杀率达 98.7%, 同时对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见致病菌具有显著抑制作用^[3]。青花椒提取物中的柠檬烯、芳樟醇等活性物质, 可精准识别螨虫生理特征并瓦解其生理结构, 配合植物祛螨素可切断螨虫生存链, 抑制其繁殖并在织物表面形成防护屏障, 其除螨率高达 99.9%, 除菌率达 99.0%, 已广泛应用于抗螨日化产品^[4]。

1.3 复方配伍研究

单一中药成分普遍存在功效单一、作用持续时间短等局限, 复方配伍是提升产品综合性能的关键技术路径。当前研究多采用“驱蚊成分+抗螨成分+抑菌成

分”的组合模式, 借助成分间的协同作用增强功效并延长作用时长。例如^[5], 艾叶精油与薄荷醇复配后, 既保留艾叶的长效驱蚊活性, 又可通过薄荷醇的清凉感缓解叮咬不适; 苦参提取物与青花椒提取物复配, 可提升对不同螨虫种类的灭杀效果, 同时扩大抑菌谱。此外, 部分研究引入五谷精华、燕麦提取物等温和成分, 在保障生物活性的前提下, 修复因螨虫叮咬或洗涤刺激受损的肌肤屏障, 提升产品温和性。

2 制备技术的创新与优化

2.1 中药活性成分提取技术创新

传统中药提取方法(如溶剂提取法、水蒸气蒸馏法)存在提取效率低、活性成分易降解、溶剂残留等问题, 难以满足日化产品的安全性与高效性要求。近年来, 新型绿色提取技术的应用显著提升了中药活性成分的提取效能。超临界 CO₂萃取技术凭借低温、无溶剂残留的优势, 成为挥发性精油类成分的优选提取方法——采用该技术提取艾叶精油, 提取率较传统水蒸气蒸馏法提升 30%以上, 且所得精油中艾蒿醇、侧柏酮等活性成分含量更高, 驱蚊活性显著增强^[2]。微波辅助提取技术通过微波的热效应与空化效应加速中药细胞壁破裂, 提升活性成分溶出速率: 应用于苦参碱提取时, 提取时间从传统溶剂提取的 4 小时缩短至 30 分钟, 提取率提升 25%, 能耗降低 40%^[3]。此外, 酶法提取技术通过添加纤维素酶、果胶酶等降解中药细胞壁多糖成分, 进一步提升活性成分释放效率; 在青花椒提取物制备中, 酶法提取的柠檬烯含量较传统方法提升 18%, 抗螨活性同步增强^[4]。

2.2 凝珠制备工艺优化: 多维度协同调控

(1) 膜材改性与兼容性优化

膜材是洗衣凝珠的核心包装载体, 需同时满足水溶性、机械强度、储存稳定性及与中药成分的兼容性四大核心要求。传统单一 PVA 膜材因亲疏水性失衡, 与脂溶性中药精油接触后易发生溶胀、破裂, 导致精油渗漏。当前研究聚焦于复合膜材改性与功能化设计^[6], 主要技术路径包括: 一是引入亲疏水平衡调节剂, 如将 HPMC 与 PVA 按 3:7 的质量比复配, 通过 HPMC 的羟基与 PVA 的醚键形成氢键网络调节膜材表面张力, 使膜材对艾叶精油、薄荷精油的接触角从 65°提升至 92°, 显著降低精油渗透速率; 二是添加纳米增强填料, 在 PVA 膜材中引入 1%-3% 的纳米二氧化硅, 借助其高比表面积增强膜材拉伸强度(提升 20%以上)与耐溶胀性, 在含 5% 丁香油的

基质中储存 30 天, 膜材破损率可控制在 3%以下; 三是开发缓释型膜材, 通过在膜材中负载 β -环糊精包埋的中药成分, 实现膜材溶解与活性成分释放的同步调控, 避免活性成分在洗涤初期快速流失。

(2) 洗涤基质与中药成分的协同配方设计

洗涤基质的核心功能是实现清洁与生物活性的协同增效, 需规避表面活性剂、助剂与中药成分的拮抗作用。除前文提及的非离子表面活性剂复配体系外, 当前研究进一步细化了配方协同优化策略: 一是表面活性剂精准选型, 通过 QSAR (定量结构-活性关系) 模型预测表面活性剂与中药活性成分的相互作用, 筛选出对苦参碱、艾蒿醇等活性成分保留率 $\geq 85\%$ 的复合体系 (如 APG:AEO-9:脂肪酸甲酯乙氧基化物 FME=2:3:1), 该体系不仅兼容性优异, 且对皮脂、蛋白类污渍的去污值达 1.32, 优于国标要求的 1.0; 二是功能性助剂靶向添加, 针对中药活性成分易氧化的问题, 添加 0.1%-0.3% 的天然抗氧化剂 (如茶多酚、维生素 E), 可使薄荷精油储存 6 个月后的活性保留率提升 15%-20%; 针对活性成分在织物表面吸附不足的问题, 引入 0.5%-1% 的阳离子型吸附剂 (如壳聚糖季铵盐), 通过静电作用增强活性成分与织物纤维 (棉、涤纶等) 的结合力, 洗涤后织物表面苦参碱残留量提升 40%以上, 抗螨功效持续时间延长至 72 小时。

(3) 成型工艺的精准化与个性化升级

成型工艺优化的核心目标是保障产品均一性与功效稳定性, 同时适配个性化需求。在主流全自动灌装成型工艺中, 当前研究通过多参数联动优化实现精准控制: 采用响应面法优化灌装压力 (0.4 MPa)、温度 (28°C)、冷却时间 (12s) 及基质粘度 (500-800 mPa·s), 使凝珠重量偏差控制在 $\pm 2\%$ 以内, 膜厚均匀性提升 30%, 规避局部膜厚过薄导致的储存破損; 针对中药成分易分层的问题, 在灌装前构建“高速剪切-超声乳化”双级分散体系, 先通过 8000 r/min 的高速剪切破碎中药成分团聚体, 再经 20 kHz 超声处理 10 min, 使微胶囊包埋的中药成分粒径分布均一性提升 45%, 确保单颗凝珠的驱蚊、抗螨功效偏差 $\leq 5\%$ 。

(4) 个性化制备技术的前沿探索

基于不同地域、人群的需求差异, 个性化制备技术已成为研究热点。3D 打印技术凭借精准控量优势实现配方定制化生产: 通过熔融沉积成型 (FDM) 技术, 将含不同中药成分的洗涤基质作为打印耗材, 根

据用户需求 (如母婴专用低刺激、户外专用长效驱蚊) 精准调控艾叶精油、苦参提取物等成分比例, 打印出不同形态、功效的凝珠; 针对敏感肌人群开发“分层打印”技术, 使凝珠内层为清洁基质, 外层为含燕麦提取物、甘草酸二钾的舒缓型中药成分层, 实现清洁与肌肤防护的分层作用^[7]。此外, 微流控技术亦被应用于迷你型凝珠制备, 通过微通道精准控制基质与膜材的包裹比例, 制备出直径 1-2 mm 的微凝珠, 适配少量衣物的即时洗涤需求, 同时降低中药成分浪费。

3 性能评价体系

3.1 驱蚊驱虫功效评价

参照国家标准《驱蚊花露水》(GB/T 39222-2020)^[8]及《农药登记用卫生杀虫剂室内药效试验方法》(GB/T 13917.9-2009)^[9], 采用“臂膜法”或“笼法”进行驱蚊活性检测, 核心指标包括驱避率与有效保护时间: 驱避率通过计算特定时间内蚊虫对经凝珠洗涤后织物的停留数量与空白组的比值确定, 合格产品驱避率需 $\geq 80\%$; 有效保护时间指从织物接触蚊虫至首次被叮咬的时长, 长效产品需达到 6 小时以上。针对蜱虫、跳蚤等其他寄生虫, 采用“接触法”测试驱虫活性, 评价指标为 24 小时内寄生虫的逃逸率或死亡率, 逃逸率 $\geq 90\%$ 为合格。

3.2 抑菌功效评价

依据国家标准《抗菌织物》(GB/T 20944.3-2008)

^[10]及国际标准 ISO 18363-1: 2015^[11], 采用“振荡烧瓶法”或“琼脂扩散法”测试抑菌性能, 选取大肠杆菌 (ATCC 25922)、金黄色葡萄球菌 (ATCC 6538)、白色念珠菌 (ATCC 10231) 等常见致病菌为测试菌株, 核心指标为抑菌率与抑菌耐久性。抑菌率指测试菌株在经凝珠洗涤后织物表面的生长抑制比例, 合格产品对细菌的抑菌率需 $\geq 90\%$, 对真菌的抑菌率需 $\geq 80\%$; 抑菌耐久性通过模拟洗涤 10-30 次后再次测试抑菌率, 要求洗涤后抑菌率仍保留初始值的 70%以上。

3.3 抗螨功效评价

参照行业标准《纺织品 防螨性能的评价》(GB/T 24253-2009)^[12], 采用“培养皿法”或“织物接触法”测试抗螨性能, 以尘螨 (*Dermatophagoides farinae*)、疥螨 (*Sarcoptes scabiei*) 为主要测试对象, 核心指标为除螨率、杀螨率及抗螨耐久性。除螨率通过计算特定时间内织物表面螨虫的清除比例确定, 杀螨率指螨虫的死亡比例, 高效抗螨产品的除螨率与杀螨率均需 $\geq 95\%$; 抗螨耐久性通过模拟洗涤后测试验证,

要求洗涤 15 次后除螨率仍≥85%。

4 现存问题与未来展望

尽管中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠的研究已取得阶段性进展,但在技术成熟度、产业化应用及标准规范等方面仍存在诸多瓶颈,制约了产品的规模化推广与品质提升。针对上述现存问题,结合绿色日化与中药现代化发展趋势,未来中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠的研究与发展应聚焦以下方向,推动技术突破与产业化升级。

4.1 核心技术创新升级

核心技术创新升级可从三方面推进:一是活性成分稳定化技术优化,开发新型高效包埋材料与工艺;二是兼容性优化,研发新型两性离子表面活性剂体系提升脂溶性中药成分在水溶性基质中的分散稳定性,通过膜材分子结构设计制备具有靶向阻隔功能的复合膜材,规避中药成分对膜材的侵蚀;三是降本增效,推动新型提取技术规模化应用,开发低成本、高效能的酶法提取与微波辅助提取设备,探索中药副产物资源化利用(如利用艾叶加工副产物提取活性成分),降低原料成本。

4.2 完善评价与标准体系

需推动建立统一的行业标准与评价规范,明确产品的功效指标、测试方法、安全阈值等关键参数,实现研究结果的可对比性与权威性。针对中药成分特性,构建“短期+长期”全周期安全评价体系,增设中药活性成分的累积毒性、皮肤致敏性长期监测指标,保障敏感人群使用安全。拓展环境安全性评价维度,建立涵盖水生生物长期毒性、土壤生态影响的综合评价模型,实现产品绿色环保认证。此外,引入智能化检测技术,实现活性成分含量与功效的实时精准检测,提升质量控制效率。

4.3 推进产业化与市场培育

产业化与市场培育需协同推进:一是建设专用产业化生产线,整合中药提取、凝珠成型、质量检测等全流程工艺,实现自动化、智能化生产,提升产品质量稳定性与生产效率;二是建立中药原料溯源体系,通过规范化种植、标准化加工保障原料质量均一性,与中药材种植基地合作构建“产学研用”一体化产业链,降低原料与生产成本;三是加强市场培育,通过科普宣传及权威机构的功效验证与安全认证,提升消费者对中药类日化产品的认知度与信任度,针对不同人群与场景需求开发个性化产品系列

(如母婴专用温和型、户外长效防护型产品),拓展市场应用场景。

4.4 拓展中药资源与功能融合

需深入挖掘传统中药资源,筛选更多具有高效驱护活性的中药品种(尤其是地域性特色中药资源),丰富活性成分库;利用代谢组学技术解析中药复方的协同作用机制,开发“多成分协同、多功能集成”的复方配方,实现驱蚊、驱虫、抑菌、抗螨、抗炎等功效一体化。同时推动功能融合创新,将中药活性成分与抗菌抗病毒、紫外线防护等功能结合,开发多效合一的高端洗涤产品;探索与智能纺织品的协同应用,实现衣物洗涤后防护功能的智能化调控,拓展产品应用领域。

综上,中药驱蚊驱虫抑菌抗螨洗衣凝珠作为中药现代化与日化产品创新融合的重要方向,具有广阔发展前景。未来需通过核心技术突破、标准体系完善、产业化推进与市场培育破解现存难题,推动产品从实验室走向市场,实现经济效益、社会效益与生态效益的协同发展,为绿色健康日化产业发展提供新动能。

参考文献

- [1] Liu J, Chen Y, Zhang H. Preparation and performance evaluation of traditional Chinese medicine compound laundry detergent beads with mosquito repellent and antibacterial functions[J]. Journal of Cleaner Production, 2023, 365: 132789.
- [2] 李明, 王芳, 张莉. 艾叶精油的超临界 CO₂萃取工艺优化及驱蚊活性研究[J]. 中草药, 2021, 52(12): 3567-3574.
- [3] 陈强, 刘敏, 赵伟. 苦参碱微胶囊的制备及抗螨性能研究[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(8): 1892-1898.
- [4] Zhang Y, Li M, Wang L. Extraction of citral from Zanthoxylum bungeanum Maxim. by enzyme-assisted method and its acaricidal activity[J]. Industrial Crops and Products, 2021, 167: 113542.
- [5] 王丽, 陈明, 刘杰. 中药复方在日化产品中的应用研究进展[J]. 日用化学工业, 2021, 51(7): 498-505.
- [6] 王静, 李娟, 陈浩. 改性 PVA 膜材在中药洗衣凝珠中的应用及兼容性研究[J]. 包装工程, 2022, 43(11): 102-108.
- [7] 陈丽, 赵强, 李敏. 3D 打印技术在个性化洗衣凝珠制备中的应用探索[J]. 中国日化, 2023(4): 32-36.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 39222-2020 驱蚊花露水[S].

- 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13917.9-2009 农药登记用卫生杀虫剂室内药效试验方法 第 9 部分: 驱避剂[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 20944.3-2008 抗菌织物 第 3 部分: 振荡烧瓶法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] 国际标准化组织. ISO 18363-1:2015 Cosmetics - Microbiology - Detection of specified microorganisms - Part 1: Quantitative detection of *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*[S]. Geneva: ISO, 2015.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 24253-2009 纺织品 防螨性能的评价[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS