

中药发酵在兽医临床中的应用研究进展

邹兴芬

广安市广安区大龙镇畜牧兽医站 四川广安

【摘要】中药饲料添加剂在现代畜牧生产中应用广泛，但常规散剂与粉剂因纤维含量高、细胞壁结构稳定，使得活性成分难以有效释放。微生物发酵可通过仿生消化机制，利用菌株分泌的纤维素酶、半纤维素酶、果胶酶等降解细胞壁屏障，促进苷类、多糖、有机酸等物质的溶出与转化。研究表明，发酵处理可使中药药效增强 4~28 倍，产品具有吸收效率高、作用显著、不良反应少等优势。但是目前发酵中药存在工艺参数缺乏统一标准、药效物质基础与作用机制研究不足、没有标准统一的质量评价体系以及缺乏大规模的临床验证数据。迫切需要构建精细化、标准化的质控监管体系，深入研究发酵过程中的物质相互作用规律，并开展规范的临床验证试验，用以支撑发酵中药在畜牧养殖业的精准化、规模化应用。本文将系统综述中药发酵技术的原理、优势，并总结其在猪、禽等畜禽养殖中的临床应用情况，为发酵中药的深入研究与产业化应用提供理论参考。

【关键词】发酵中药；生物转化；生产性能；抗生素替代；畜禽养殖

【收稿日期】2026 年 3 月 20 日 **【出刊日期】**2026 年 4 月 15 日 **【DOI】**10.12208/j.jafs.20260004

Research progress on the application of fermented traditional Chinese medicine in veterinary clinical practice

Xingfen Zou

Animal Husbandry and Veterinary Station, Dalong Town, Guang'an District, Guang'an, Sichuan

【Abstract】 Chinese herbal feed additives are widely used in modern livestock production. However, conventional granular and powdered forms, due to their high fiber content and stable cell wall structure, make it difficult for active components to be effectively released. Microbial fermentation can simulate the digestive mechanism, using enzymes such as cellulase, hemicellulase, and pectinase secreted by strains to degrade the cell wall barrier, promoting the dissolution and transformation of substances like glycosides, polysaccharides, and organic acids. Studies have shown that fermentation treatment can enhance the efficacy of Chinese herbs by 4 to 28 times, and the products have advantages such as high absorption efficiency, significant effects, and few adverse reactions. Fermented traditional Chinese medicine currently faces several fundamental constraints: the absence of standardized process parameters, inadequate elucidation of pharmacodynamic material basis and underlying mechanisms, lack of harmonized quality evaluation frameworks, and insufficient large-scale clinical validation data. To address these limitations, it is imperative to establish refined, standardized quality control and regulatory systems, systematically investigate the interactive dynamics of substances during fermentation processes, and conduct rigorously designed clinical validation studies. These endeavors are critical to enabling the precise, scalable application of fermented traditional Chinese medicine in livestock and poultry production. This review comprehensively examines the mechanistic principles and comparative advantages of fermented traditional Chinese medicine technology, synthesizes available clinical evidence from pig and poultry farming applications, and aims to establish a theoretical foundation to advance both fundamental research and industrial translation of fermented traditional Chinese medicine.

【Keywords】 Fermented traditional Chinese medicine; Biotransformation; Production performance; Antibiotic alternative; Livestock and poultry farming

1 引言

在畜牧业发展规模的快速进程中,过度使用抗生素所带来的不良影响越来越严重,甚至出现了耐药菌。长期使用抗生素导致病原菌产生耐药性,进而药物残留在动物产品中,以及使用药物防控动物疾病造成的环境污染已成为制约畜牧业可持续发展并且需要突破的主要瓶颈^[1]。2020年7月我国畜牧业正式进入“禁抗时代”^[2],开始在全国范围内大力实施饲料“禁抗”政策,推动了替抗技术的研发与应用。

中药在兽医领域的应用有着悠久历史,自古以来,兽医大多借助中药用以防治动物疾病和提高动物生产性能^[3],其天然、绿色、不易产生耐药性的优势,与当下畜牧业替抗需求高度契合。但不可忽视的是,传统中药存在明显局限—有效成分溶出率偏低、生物利用度不足、药效显现迟缓,这些问题极大限制了其在规模化养殖场景中的推广应用,也使得中药的潜在价值未能充分发挥。

利用现代发酵工艺可实现中药的药效提升、毒性下降,并产生新型活性成分,进而为传统中药产业的提档升级提供技术支持^[4]。本文旨在综述中药发酵技术的原理、优势及其在兽医临床中的应用进展,为发酵中药的科学研究与生产实践提供参考。

2 发酵中药的定义与原理

发酵中药是指将采摘的中药材直接磨粉或者加入一定的溶剂提取后得到的提取液,加入一种或多种微生物作为发酵菌种,在体外人为设置的发酵条件下,对中药有效成分进行生物学转化的新型制剂技术^[5]。其作用本质体现为双重机制:第一,植物细胞壁被微生物分泌的纤维素酶、果胶酶等胞外酶降解,并充分释放细胞内的活性成分;第二,中药材的部分成分与微生物代谢产生的氨基酸、生物碱等代谢产物发生酯化、氧化等生化反应,生成具有新结构特征的活性组分^[6]。

3 中药发酵的核心优势

3.1 产生新的活性成分,拓展药理作用

中药底物与微生物产生的中间代谢物发生酯化、氧化等生化反应,且微生物代谢过程中会分泌多种酶,这些因素能够使发酵体系内构建新型分子结构,这一过程构成了发酵中药疗效创新的物质前提^[6-7]。川芎经过内生真菌发酵后可分离获得一种新型内酯类化合物,同时该研究团队通过体外实验

发现,三七药材经枯草芽孢杆菌发酵后,能够定向生成罕见的人参皂苷 Rh4,且该成分具备抗肿瘤活性。该团队研究成果为微生物发酵能够重构中药的化学成分并重塑其生物活性特征提供科学依据^[9]。张栋健通过自然发酵工艺处理中药枳壳,在体外检测鉴定出3种从前未发现的新型化学成分,其中圣草酚-7-葡萄糖苷展现出显著的DPPH自由基捕获活性,而5-去甲基川陈皮素则表现出抑制动脉粥样硬化形成的药理潜力^[7]。以中药原生菌群或特定药用真菌作为发酵菌种进行定向发酵,在创制新型活性分子方面效率更高,已成为当前研究发酵中药的热门趋势,这些研究为创新中药资源的开发提供了技术路径^[8]。

3.2 提高有效成分提取率与生物利用度

现有体外实验研究证实,中药经过微生物发酵后,可使中药的活性组分提取效率显著提升数十倍^[9]。杨新波等^[5]通过对比实验发现,与常规水煎提取工艺对比,经微生物发酵处理后的中药制剂,能够显著提升有效成分的溶出度,药理效应强度还可提高4~28倍。一项在断奶仔猪中添加3%复方发酵中药的饲养试验表明,添加3%复方发酵中药的断奶仔猪日粮可明显改善粗脂肪、粗灰分及钙元素的表现消化率^[10],该动物实验结果足以证明发酵处理有助于提高中药营养成分的生物利用度。通过进一步机制分析,发现发酵过程中大分子降解为小分子后更易透过肠黏膜屏障,这些小分子转化产物具有更优的生物活性与吸收动力学特征^[11]。但目前对不同动物品种、不同生理阶段的吸收差异研究仍较为匮乏。

3.3 降低毒副作用,提高用药安全性

许多中药因含有的毒性成分限制了其临床应用,虽然疗效确切,但临床使用率较低。微生物发酵可明显降低中药原有毒性成分的含量,还能通过生物转化改变毒性成分的结构,达到减毒增效目的,为含毒性成分的中药使用保驾护航^[12]。巴豆发酵研究^[13]表明,生种仁LD₅₀为0.308g/kg,而经灵芝发酵后的灵巴菌质和白巴菌质LD₅₀分别提高至1.541g/kg和1.495g/kg,毒性降至生品的约1/5(20.0%和19.4%),减毒效果明显优于传统炮制。雷公藤虽然有抗炎和提高免疫力作用,但雷公藤的毒性限制了其应用。一项体外及动物联合实验发现,利用灵芝对雷公藤进行发酵后^[14],既保留了雷公藤的疗效,又使雷公藤的毒性成分含量显著降低。推

测这种减毒机制可能与微生物分解作用破坏雷公藤原有的毒性成分结构, 或将其转化为低毒性代谢产物有关。

3.4 节约中药资源, 实现废弃物利用

此外, 发酵中药技术还可助力提升中药资源的利用率。伴随中药产业规模的快速扩张, 中药资源的消耗量持续攀升, 产生大量的药渣废弃物处置成为了一个难题, 并且是制约产业绿色转型的关键环境负荷^[15]。对废弃药渣实施循环再造刻不容缓, 借助微生物发酵技术可另辟蹊径, 实现资源再循环利用的路径, 发酵体系中产生的生物活性物质具备营养功能, 常作为功能性饲料组分被动物利用^[15]。发酵中药技术不仅解决了废弃物处置难题, 还实现了中药资源的综合利用, 符合当下推行的绿色、环保、高效农业的发展理念^[15-16]。

4 中药发酵在兽医临床中的应用

4.1 在猪生产中的应用

4.1.1 提高仔猪生产性能与肠道健康

断奶仔猪由于消化系统娇嫩、免疫功能低, 易出现腹泻、生长迟缓等问题。不少动物实验证实了中药发酵制剂在改善仔猪生产性能方面显示出良好的效果。王超普等^[10]在断奶仔猪的日粮中添加了3%复方中药发酵粉, 结果表明仔猪对养分的表观消化率显著提高, 机体抗氧化功能和免疫功能明显增强, 腹泻率降低。在抗氧化功能方面, 添加含黄芪、白术、秦皮、苍术、黄连、何首乌、陈皮、焦三仙、松针、贯众的复方中药发酵粉, 可显著提高断奶仔猪血清超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性和总抗氧化能力(T-AOC), 降低丙二醛(MDA)含量^[17]。上述效应源于发酵药材中富集的黄酮类、多糖组分及有机酸等生物活性物质, 该类成分经由自由基淬灭、脂质过氧化阻断及内源性抗氧化酶系诱导等多途径实现氧化应激调控。另有试验证实, 日粮中引入含黄柏、黄芩、黄连、大黄的四味复方发酵制剂, 可显著改善仔猪肠道对干物质、有机质及碳水化合物的肠道消化效率^[18]。沈学怀等^[19]研究则从母仔一体化角度出发, 证实黄芪、黄芩、金银花、连翘、桔梗、紫花地丁、板蓝根、鱼腥草、甘草、陈皮、女贞子的复方中药发酵饲料, 能提升仔猪生产性能, 增加平均窝产活仔数, 同时降低弱仔率和仔猪腹泻率, 不过该方案的规模化应用成本及适配性仍需结合实际养殖场景优化。

4.1.2 改善母猪繁殖性能与肠道菌群

母猪的抗氧化能力和肝脏功能直接影响其繁殖性能和健康状态。这一关联在现有发酵中药应用研究中已得到充分体现, 但相关研究仍存在一定局限性。沈学怀等^[19]选取20头经产母猪为试验对象, 发现饲喂复方中药发酵饲料后, 母猪血清总超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和过氧化氢酶(CAT)活性在第15天和30天均显著升高, 而丙二醛(MDA)含量及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性显著降低, 表明机体抗氧化能力和肝脏功能得到改善。与此同时, 发酵中药对母猪肠道微生态的调控效果也被证实, 其可增加肠道微生物多样性、提升有益菌相对丰度、降低潜在致病菌含量。发酵中药能调控母猪的肠道健康。李勇霞等^[20]研究表明, 日粮中添加发酵中药可显著增加母猪泌乳, 并且通过调节肠道菌群结构、增强肠道屏障功能提高仔猪的生长性能。马辉等^[21]试验数据表明, 在母猪日粮中添加中药发酵后生元制剂(即发酵产物中的活性代谢物)后, 平均断奶活仔数较空白对照提升0.64头, 幼畜哺乳期存活率同步增长5.51%, 并且发现母体肠道菌群中的有益菌群相对丰度明显上调。以上动物研究共同表明, 发酵中药制剂可通过优化母猪肠道微生态稳态、增强机体免疫防御功能, 达成协同调控母-仔健康, 为现代养猪业提供了有效的减抗替抗思路。但目前多数研究缺乏对发酵中药作用机制的系统性研究, 且没有不同养殖模式下的长期试验数据, 限制了发酵中药的产业化推广进程。

4.2 在禽类生产中的应用

4.2.1 防治家禽痛风病

痛风是家禽常见的代谢性疾病, 由高尿酸血症引起, 造成关节肿大、肾脏损伤, 严重影响生产性能和成活率。Li X等^[22]的一项雏鹅动物实验研究发现, 在雏鹅痛风模型中, 饲喂发酵饲料可使发病率由41.1%降至33.3%, 并通过激活Nrf2/HO-1信号通路增强谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性, 降低血清尿酸、肌酐和尿素氮水平。近期一项雏鹅动物实验研究表明, 雏鹅日粮添加黄嘌呤氧化酶(XOD)靶向发酵中药, 能有效抑制尿酸生成, 并且促进尿酸排泄达到预防雏鹅痛风目的, 其效果好且安全性更高^[23]。上述实践成果表明, 针对特定疾病开展中药复方的精准配伍, 结合发酵菌株的定向

筛选,可研发出兼具高效性与安全性的靶向制剂。

4.2.2 防治大肠杆菌病与替代抗生素

禽源致病性大肠杆菌是养鸡业主长期需要防治的一种细菌性疾病,业主通常使用化学抗菌药物,然而病原菌产生的耐药性使常规疗法近乎失效。一项基于多组学的动物实验研究表明,鼠李糖乳杆菌发酵四逆汤药渣后的发酵液可显著抑制禽致病性大肠杆菌感染诱导的炎症反应^[24]。四逆汤药渣发酵液中特有的薯蓣皂苷和雷公藤红素等活性成分可阻断TLR4炎症通路,有效减少炎症因子释放,且抗炎效果显著优于某种单一化合物。另有一项雏鸡动物实验证实,同时使用黄芪提取物与益生菌制剂,可提高雏鸡对禽源性大肠杆菌的免疫防御水平,促进分泌型免疫球蛋白表达,并且抑制促炎因子释放,黄芪提取物与益生菌制剂联合使用为替抗药物开发提供了方向^[25]。一项动物实验显示,韭菜等药食同源植物经过植物乳杆菌发酵后也表现出抑制大肠杆菌等病原菌的作用,还能够驱动肠道有益菌群扩增,并改善肠上皮黏膜屏障功能^[26]。这些研究为发酵中药替代抗生素防治禽大肠杆菌病提供了可行性,并为该领域技术革新指明了新的技术路径。

5 发酵中药的作用机制

5.1 微生物—中药协同增效机制

发酵中药是微生物与中药成分相互作用、优势互补、协作增效的结果^[27]。一方面,中药成分作为发酵底物可为微生物提供生长所需的营养成分,促进微生物增殖;另一方面,微生物代谢产生的酶和代谢产物可提高中药成分的溶出率并与中药成分发生生化反应,提高其生物活性^[27]。研究表明,中药发酵转化过程中,新的活性成分显著富集,核心药效成分的含量显著提高^[28]。山药多糖和茯苓多糖等中药成分能够增强免疫力,而微生物代谢分泌的短链脂肪酸和抗菌物质可抑制病原菌定植,两者联用可显著增强机体特异性免疫和非特异性免疫功能^[29]。此外,微生物代谢分泌的短链脂肪酸(如丁酸)可促进结肠上皮细胞增值,能维护肠道屏障完整,这与中医所称的“健脾益气”功效产生协同作用^[30]。

5.2 多靶点、多途径的整体调节作用

与单一化学成分药物不同,发酵中药保留了中药复方的多成分特点,通过多靶点、多途径发挥整体调节作用^[30]。微生物发酵过程中,底物经酶解转化形成原有活性成分与新生代谢产物的复合体系,

该体系可通过肠-脑轴、肠-肝轴等多条信号通路,对机体消化、免疫、神经及内分泌网络产生系统性调控作用。在抗氧化方面,发酵中药中的黄酮类、多酚类、多糖等成分可通过直接清除自由基、螯合金属离子、增强内源性抗氧化酶活性等多种途径发挥作用。在免疫调节方面,可同时激活巨噬细胞、T淋巴细胞、B淋巴细胞等多种免疫细胞,促进细胞因子分泌,增强机体防御能力^[31]。

6 存在的问题与发展展望

6.1 当前存在的主要问题

尽管一些研究表明了复方中药发酵在兽医临床中有良好应用前景,但仍面临一些问题制约其产业化发展。首要问题在于工艺参数缺乏统一标准,现有研究所使用的微生物种类、接种剂量、培养周期及培养条件等关键指标存在差异,导致产品质量参差不齐,难以实现规模化生产。其次,发酵过程中的化学反应多杂,复方中药成分与微生物发酵代谢产物相互反应、转化规律尚不清晰,药效物质基础与作用机制研究尚存拓展空间,标准统一的质量评价体系亟待建立。此外,当前研究多局限于实验室动物模型,缺乏大规模的临床验证数据,实际应用方案仍需进一步细化完善。

6.2 未来发展展望

针对以上难题,后续研究可从以下四个方面逐个突破:其一,建立精细化、标准化的发酵工艺要求,从菌株的筛选、发酵的条件控制以及产品的质量检测进行全链条质控监管;其二,整合代谢组学、蛋白质组学等前沿技术手段,投入人力物力进行深入研究,总结发酵过程中的物质相互作用规律,阐明药效物质基础;其三,开展规范的临床验证试验,形成科学合理的用药指南;其四,研发不同的专用型发酵中药制剂,匹配畜禽种类及各个生长阶段的生理特点,实现发酵中药的精准化应用。

畜牧养殖业生态转型需求的日益迫切,生物技术的持续革新,中药发酵技术作为传统中药与现代生物技术的融合创新,未来将在畜牧业养殖与动物疾病预防控制领域发挥更大的作用,为畜牧业绿色循环可持续发展提供结构性动力支撑。

参考文献

- [1] 张兴晓,刘宝庆,李方正,等. 抗生素替代品在畜禽养殖中的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(3): 1-7.

- [2] 农业农村部. 农业农村部公告第 194 号[EB/OL]. (2019-07-10)[2024-01-15]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/gg/201907/t20190710_6319278.htm
- [3] 刘风华, 许剑琴, 穆祥. 中兽药在畜禽健康养殖中的应用现状与发展趋势[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(1): 1-6.
- [4] 江青东, 聂芙蓉. 中药发酵的特点及研究现状[J]. 现代牧业, 2021, 5(4): 47-50, 56.
- [5] 杨新波, 张晓轩, 蔡亚南, 等. 微生物发酵中药的研究现状及其在养殖业中的应用[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49(1): 169-178.
- [6] 肖日传, 王德勤, 张传平. 中药发酵研究现状及展望[J]. 广东药科大学学报, 2020, 36(6): 897-902.
- [7] 张栋健. 枳壳发酵炮制工艺及成分变化研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2016.
- [8] 李志兴, 刘秋晨, 林洋. 药用真菌发酵中药产生新活性成分的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 228-234.
- [9] 蔡亚南, 倪宏波, 张晓轩. 微生物发酵对中药活性成分生物转化的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(18): 4333-4340.
- [10] 王超普, 马现永, 田志梅, 等. 复方中药发酵粉对断奶仔猪生长性能、养分表观消化率、抗氧化功能以及免疫功能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49(4): 1322-1331.
- [11] 聂芙蓉, 江青东. 发酵中药在畜禽生产中的应用机制研究[J]. 畜牧与兽医, 2022, 54(3): 145-150.
- [12] 刘恩, 李娟, 顾艳丽. 中药渣资源化利用技术研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(8): 1-6.
- [13] 吴晓峰. 发酵对中药巴豆"降毒保效"效应的物质基础研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2012.
- [14] 刘艳, 张铁军, 许浚. 雷公藤发酵减毒工艺研究[J]. 中草药, 2020, 51(16): 4189-4196.
- [15] 容庭, 邓盾, 逯俊岭. 发酵中药饲料的营养价值评价[J]. 饲料研究, 2022, 45(5): 89-93.
- [16] 李芙蓉, 李宏伟, 田永峰, 等. 中药渣固态发酵生产蛋白饲料研究与应用[J]. 饲料研究, 2019, 42(4): 94-99.
- [17] 宋敏, 张辉华, 刘志昌. 发酵中药对断奶仔猪抗氧化功能的影响[J]. 中国兽医学报, 2021, 41(9): 1789-1794.
- [18] 余苗, 刘志昌, 邓盾. 不同剂量中药复方发酵粉对仔猪养分消化率的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(6): 3124-3131.
- [19] 沈学怀, 张丹俊, 赵瑞宏, 等. 复方中药发酵饲料对母猪繁殖性能、血清生化指标和肠道菌群的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(10): 229-236.
- [20] 李勇霞, 严子星, 袁茜, 等. 发酵中药对母猪繁殖性能、泌乳性能及哺乳仔猪生长性能的影响[J]. 动物营养学报, 2024, 36(4): 1-12.
- [21] 马辉, 范明夏, 龚婷, 等. 发酵中药后生元对母猪生产性能、抗氧化性能和肠道菌群的影响[J]. 饲料工业, 2024, 45(21): 10-15.
- [22] Li X, Wang J, Li Y, et al. Fermented feed regulates growth performance, inflammatory response, and gut microbiota in goslings with high-protein diet-induced gout[J]. Poultry Science, 2020, 99(12): 6728-6739.
- [23] Zhang Z, Li H, Wang J, et al. Development and mechanism of an XOD-targeting fermented traditional Chinese medicine formula for gout prevention in goslings[J]. Poultry Science, 2025, 104: 105927.
- [24] Mo S, Fang X, Xiao W, et al. Multi-omics unveils inflammatory regulation of fermented Sini decoction dregs in broilers infected with avian pathogenic Escherichia coli[J]. Veterinary Sciences, 2025, 12(5): 479.
- [25] 张亚茹, 郭宏伟, 李晓燕, 等. 皂苷及益生菌复合物对感染大肠杆菌肉鸡肠道的保护作用[J]. 厦门医学院学报, 2024, 32(5).
- [26] Pham VH, Yang SJ, Kim IH, et al. Fermented chive (*Allium schoenoprasum*) with *Lactobacillus plantarum*: A potential antibiotic alternative feed[J]. Fermentation, 2025, 11(5): 277.
- [27] 李秋月, 林连兵, 杨雪娇, 等. 微生物发酵中草药的研究现状[J]. 微生物学通报, 2021, 48(6): 2232-2246.
- [28] Zhang Y, Wang H, Li X, et al. Study on the synergistic mechanism of fermented Yaomu on Huafengdan in the treatment of ischemic stroke[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2025, 336: 117994.
- [29] 王光强, 杨忠达, 吴倩, 等. 益生菌发酵中草药的研究进展[J]. 上海理工大学学报, 2024, 46(4): 357-363.

- [30] 李欢, 王怡贺, 董嘉楠, 等. 白术及相关配伍治疗便秘的机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2025, 50(21): 5891-5900.
- [31] 王光强, 杨忠达, 吴倩, 等. 发酵中药的研究进展及其"发酵配伍"理论探索[J]. 食品科技, 2023, 48(7): 2262-

2273.

版权声明: ©2026 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。

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

**OPEN ACCESS**