

药食同源复方保健食品的开发趋势与产业挑战

王云鹏¹, 李 飞¹, 方 林¹, 宋江峰^{2*}

¹江苏云德健康科技有限公司, 江苏 淮安

²江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京

收稿日期: 2025年11月25日; 录用日期: 2025年12月24日; 发布日期: 2025年12月31日

摘 要

药食同源复方保健食品作为中医药理论与现代食品科学深度融合的创新产物, 正成为健康产业发展的重要方向和新的增长点。本文综述药食同源复方保健食品的理论基础及开发趋势, 以四君子汤案例深入探讨中医药理论现代化转译困境与路径, 系统分析产业面临的核心挑战, 旨在为推动药食同源复方保健食品产业发展提供理论支撑和实践指导。

关键词

药食同源, 复方保健食品, 开发趋势, 产业化, 协同作用机制, 中医药理论现代化

Development Trends and Industry Challenges of Compound Health Foods Based on Medicinal and Edible Homology

Yunpeng Wang¹, Fei Li¹, Lin Fang¹, Jiangfeng Song^{2*}

¹Jiangsu Yunde Health Technology Co., Ltd., Huai'an Jiangsu

²Institute of Agro-Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing Jiangsu

Received: November 25, 2025; accepted: December 24, 2025; published: December 31, 2025

Abstract

Medicinal and edible homologous compound health foods, as innovative products deeply integrating

*通讯作者。

文章引用: 王云鹏, 李飞, 方林, 宋江峰. 药食同源复方保健食品的开发趋势与产业挑战[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(1): 19-26. DOI: 10.12677/hjfn.2026.151003

traditional Chinese medicine (TCM) theory with modern food science, are becoming a significant direction and new growth point in the health industry. This paper reviews the theoretical basis and development trends of these products, examines the challenges and pathways for the modern translation of TCM theory through the case study of Sijunzi Decoction, and systematically analyzes the core industrial challenges. The aim is to provide theoretical support and practical guidance for advancing the industry of medicinal and edible homologous compound health foods.

Keywords

Medicinal and Edible Homology, Compound Health Foods, Development Trends, Industrialization, Synergistic Mechanisms, Modernization of TCM Theory

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/>



Open Access

1. 引言

药食同源理念是中华民族传统文化的重要组成部分，古人早已发现许多食物不仅能满足口腹之欲，还具有预防和治疗疾病的功效。《黄帝内经》中“药以祛之，食以随之”的记载诠释了药物与食物相辅相成的关系，体现了中医学“治未病”的预防医学思想。随着人民生活水平不断提高和健康意识日益增强，药食同源保健食品市场需求呈现出快速增长态势，预计将形成超万亿规模的蓝海市场。

我国《按照传统既是食品又是中药材的物质目录(2020 年整合版)》已经收录 106 种物质，为保健食品开发提供了丰富的原料基础和创新空间。然而，当前药食同源产业发展过程中呈现出单味药材研究与产品占据主流、复方配伍研究与产品明显滞后的结构性不平衡局面，不仅制约了中药现代化和药食同源产业的整体升级，也导致市场同质化严重、利润空间受限等问题日益凸显。

复方产品作为药食同源企业亟待关注的重要创新方向，不仅能够充分体现中医药“君臣佐使”的传统配伍理念，还能更好地满足现代消费者对多功能、个性化养生产品的需求。而中医药理论的现代化转译是复方产品产业化的核心瓶颈。因此，本文先阐述药食同源复方保健食品的理论基础，再分析其开发趋势，随后以四君子汤为案例探讨中医药理论现代化转译的关键问题，最后系统梳理产业化挑战，为行业创新发展提供支撑。

2. 药食同源复方保健食品的理论基础

2.1. 中医配伍理论解析

中药复方的核心在于配伍，它是根据病情需要和药物特性，将不同性质、功能、归经的药物按照君臣佐使的原则进行科学组合[1]。君药作为方中的主药，针对主病或主证发挥主要治疗作用；臣药则辅助君药，增强其疗效或针对次要症状进行治疗；佐药的作用是协助君臣药，或制约药物的毒性，或引导药物归经；使药则负责调和药性，引领诸药直达病所。这种配伍方法不仅能够显著增强药物的整体疗效，还能有效减少毒副作用，充分体现了中医整体观念和辨证施治的精髓。

中医配伍理论强调药物之间的协同作用而非简单的药效叠加，为药食同源复方产品的现代研究提供了重要的理论基础。如经典方剂玉屏风散由黄芪、白术、防风三味药组成[2]，黄芪益气固表为君药，白术健脾益气为臣药，防风解表散邪为佐使药，三者合用共奏益气固表止汗之功，体现了中药复方配伍的独特之处。

2.2. 多成分协同作用机制

中药复方之所以能够发挥显著的疗效,关键在于其含有的多种活性成分之间存在的协同作用机制[3]。这些活性成分包括生物碱、黄酮类、苷类、挥发油、多糖等多种类型,它们通过复杂的化学反应和相互作用,形成新的活性物质或显著增强原有成分的生物活性。这种多成分协同作用主要体现在以下几个方面[4]-[7]:首先是物理化学相互作用,复方中的多种成分通过静电相互作用、疏水相互作用、氢键等方式形成复合物或超分子结构,从而改变成分的溶解度、稳定性等理化性质,进而影响其在体内的吸收、分布和代谢过程。其次是代谢酶相互影响,复方中的某些成分可能对代谢酶产生诱导或抑制作用,进而影响其他成分的代谢转化,这种相互作用有助于调节药物在体内的代谢速率和消除途径,实现协同增效或减少不良反应的目的。第三是信号通路调控,复方中的不同成分可以作用于不同的信号转导通路,通过相互协同调节细胞内的生理过程,如细胞增殖、凋亡、炎症反应等,从而发挥综合的治疗效果。最后是网络调节效应,复方中的成分构成了一个复杂的网络系统,它们之间相互作用、相互影响,形成整体的调节网络,对机体多个系统和器官产生综合的调节作用(图 1)。

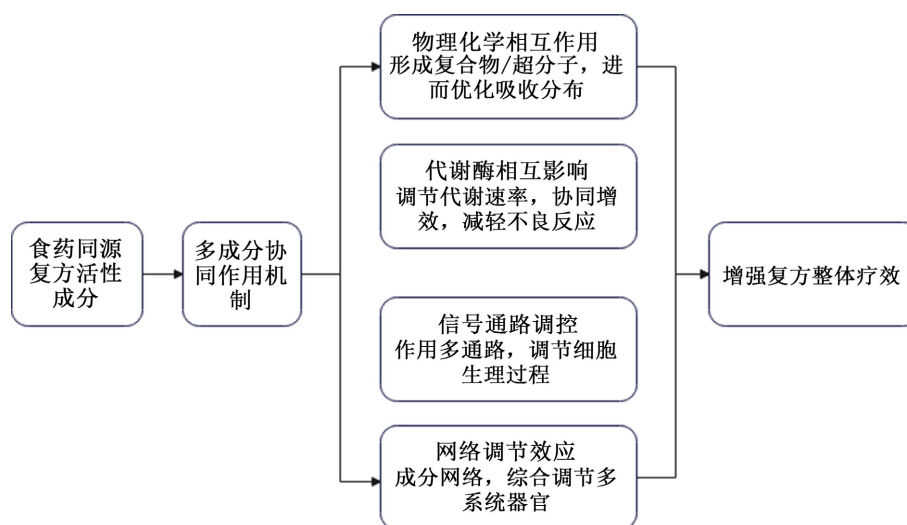


Figure 1. Schematic diagram of the multi-component synergistic mechanism in medicinal and edible homologous compounds

图 1. 药食同源复方多成分协同作用机制逻辑图

近年来,中药复方的协同作用机制得到许多科学验证。UHPLC-ESI-Q-TOF-MS/MS、核磁共振等技术为中药复方的化学成分分析提供了强有力的工具,能够全面鉴定复方中的活性成分及其变化。中国医药大学团队证实了十七味药食同源复方通过 TLR3/NF- κ B 双靶点机制抑制肺癌转移,使肿瘤体积缩小 45% [8]。该研究采用 UHPLC-ESI-Q-TOF-MS/MS 技术对复方进行化学轮廓解析,从中鉴定出芦丁、大豆苷、染料木素、黄芪甲苷、白术内酯III、异牡荆素、没食子酸等 7 种代表性活性成分,并通过 Western blot、RNA-Seq 等现代分子生物学技术深入揭示了其作用的分子机制。网络药理学和分子对接技术的应用为理解中药复方的多靶点作用机制提供了新的研究思路和方法。通过构建复方成分-靶点-疾病网络,可以系统分析复方中多种成分如何协同作用于多个靶点,从而发挥综合的治疗效果。陆军军医大学的研究团队将代谢组学和网络药理学相结合,深入探讨了香芍散结口服液治疗乳腺增生的作用机制,该研究不仅全面解析了该处方对乳腺增长的治疗机制,还通过分子对接验证了活性成分与关键靶点之间的互作关系,为中药复方的现代研究提供了很好的范例[9]。

3. 药食同源复方保健食品的开发趋势

在消费升级和健康意识提升的双重驱动下，药食同源复方保健食品的产品形态正在经历即食化、零食化、便捷化趋势。受到“轻养生”“轻滋补”流行观念的影响，年轻消费群体的养生需求显著提升，“场景化”成为影响他们选择的重要因素。早餐、下午茶、加班、办公、出差、旅游等不同食用场景的细分促使药食同源产品的形态发生根本性改变，从传统的汤剂、丸剂等剂型向更加便捷、美味的现代食品形态转变。

此外，人工智能技术在药食同源复方开发中的应用正在改变传统的研发模式，AI能够在数小时内完成功效成分分析、剂型预测、用户适配测试，显著提高研发效率[10]。一些头部企业已经接入AI模拟人体代谢路径，快速预判不同成分在体内的吸收转化效率，提升产品效果与可信度；利用AI辅助配伍技术开发出复方配方，通过整合经典方剂数据库，运用机器学习算法预测有效成分的协同效应，实现从经验堆叠到数据驱动的转变。精准营养递送技术的发展为药食同源复方产品的功效提升提供了新的技术路径。通过纳米包埋、pH循环法等前沿递送技术，能够显著提高功能因子的稳定性和生物利用度。北京康比特体育科技股份有限公司联合中国农业大学开发的精准营养递送关键技术，通过乳清蛋白纳米乳液包埋胡椒碱，促进生物利用度提升11.04倍，蛋白质吸收率提高6.4%；通过动植物蛋白载体结合pH循环法，延缓肌酸环化，实现生物利用度提升10.11倍[11]。这些技术的应用不仅提高了产品的功效，还为开发更加精准、个性化的健康产品提供了可能。新型提取技术如超声辅助提取、超临界流体萃取等，不仅提高了活性物质的提取率，还降低了能耗和环境污染。福建农林大学等团队联合发明了食药菌生物活性物质超声提取罐、粉碎杀菌研磨一体化加工设备等19件新设备，集成了超声提取-双效浓缩-离心喷雾干燥等活性物质绿色制备新技术，显著提高了生产效率和产品质量[12]。

随着消费者健康需求的多元化和个性化趋势日益明显，药食同源复方产品的功能定位也在向更加精准化和个性化的方向发展。企业根据不同人群的生理特点、生活习惯和健康需求，开发针对性的产品，实现从“一刀切”的大众化产品向“量身定制”的个性化产品转变。针对运动人群的特殊需求，开发的乳清蛋白粉和锌镁肌酸产品，通过精准营养递送技术显著提升运动耐力与恢复效率[11]。这些产品不仅考虑了运动人群对蛋白质和能量的需求，还通过科学的配方设计实现了促进肌肉合成、缓解疲劳、加速恢复等多重功效。针对血糖管理人群开发的灰树花复方善糖胶囊，通过调节肠道菌群和干预胰岛素信号通路关键节点基因表达，有效调节II型糖尿病小鼠的糖代谢。该产品基于深入的机制研究，针对血糖调节的关键靶点进行精准干预，实现了科学有效的血糖管理[13]。此外，针对不同年龄段、不同性别、不同职业特点的人群，企业也在开发相应的个性化产品。如针对办公室人群长期久坐、用眼过度等问题开发的护眼明目、促进代谢的复方产品；针对中老年人群关节健康、心血管健康等需求开发的相应功能产品。这种精准化、个性化的功能定位不仅能够更好地满足消费者的特定需求，还能提高产品的市场竞争力和附加值。

4. 中医药理论现代化转译的困境与路径——以四君子汤为例

中医药理论现代化转译的核心是将“整体观念”、“君臣佐使”等经验性理论转化为现代科学可量化、可验证的语言与体系。四君子汤(人参、白术、茯苓、甘草)作为中医益气健脾的经典复方[14]，其从古方应用到现代保健食品开发的全过程，集中体现了转译的多重难题与破解路径。

4.1. 科学验证困境

四君子汤益气健脾功效与现代医学的关联机制尚未完全阐明，核心症结在于中医与现代医学的认知逻辑差异。中医对其功效的判断源于千年临床实践，聚焦“脾胃气虚证”的整体机能改善，涵盖食少便

糖、神疲乏力、面色萎黄等多维度表现,这种描述强调机体的整体调节效应,而非单一器官或靶点的改变。现代研究虽已证实四君子汤可通过调节肠道菌群、增强免疫细胞活性、修复胃肠黏膜屏障等多途径发挥作用[15][16],但这些发现仍处于碎片化状态。一方面,活性成分群与关键靶点的对应关系模糊,方中所含人参皂苷、白术内酯、茯苓多糖等多种成分在体内的作用路径相互交织,难以界定单一成分的核心效能及成分间的协同机制;另一方面,网络药理学分析提示其可能涉及多条信号通路的交叉调控,但这些预测缺乏系统的实验验证,无法以现代科学语言精准诠释益气健脾的整体功效。这种传统功效描述笼统、现代机制验证零散的现状,构成了传统医学经验与现代科学语言之间的转译鸿沟,致使复方的健康价值难以精准界定。

4.2. 质量控制难题

四君子汤的质量控制面临中医传统经验与现代标准化要求的双重挑战,这一矛盾贯穿从原料到成品的全链条。中医强调道地药材的品质优势与炮制增效的实践智慧,四君子汤的疗效与人参、白术等原料的产地、采收时节、炮制工艺密切相关。道地药材的活性成分富集度更高,规范炮制能优化成分比例、提升功效,但这些经验性认知缺乏统一的量化标准。

复方制剂的特性也进一步加剧了质量控制的难度。四君子汤中各成分并非孤立存在,可能通过氢键、疏水作用等形成复合物,或相互影响代谢转化过程[17],导致成品中指标成分含量可能出现非线性波动。而现行质量标准体系仍以单味药材为核心,缺乏针对复方整体质量的评价维度。既未明确与复方功效直接相关的核心成分组合及比例要求,也未覆盖炮制、制剂等关键环节的工艺参数控制,难以全面反映产品的实际质量与功效一致性。

4.3. 产业化路径探索

破解四君子汤的转译困境,需构建“技术解码-标准适配-监管协同”的一体化路径,实现传统智慧与现代产业的深度融合。在技术层面,可通过多组学技术联用系统解析复方作用机制。整合 UHPLC 等成分鉴定技术、网络药理学靶点筛选方法与动物实验验证,构建“成分-靶点-功效”的关联网络,将益气健脾的传统功效转化为可量化的生理指标,明确复方的核心作用路径与关键活性成分组合,填补传统经验与现代科学的认知空白。在质量标准层面,建立适配复方特性的成分-效应关联评价模型。跳出单味药材的质量控制逻辑,筛选与四君子汤功效直接相关的核心成分群作为质量标志物,兼顾原料道地性与炮制工艺的影响,同时结合近红外光谱等过程分析技术,实现从原料入厂到成品出厂的全流程质量监控,保障产品批间一致性。在监管与产业协同层面,应推动构建适配经典名方的差异化证据体系。鼓励企业与科研机构共建研究平台,将真实研究数据作为经典名方安全性与有效性的补充证据,减少不必要的重复性验证;同时推动监管政策优化,认可中医药理论的整体调节价值,为益气健脾等传统功效提供合规的表达渠道,打通理论转译与产业化应用的最后一公里,加快中医药理论的现代化落地进程。

5. 药食同源复方保健食品产业化面临的挑战

尽管药食同源复方保健食品具备广阔前景,但产业化进程仍面临多重挑战,且与前述理论转译困境、技术应用需求存在紧密关联。

5.1. 理论认知差异与标准体系缺失

中医配伍理论与现代药理学之间存在的认知差异是制约药食同源复方保健食品产业化发展的重要因素。中医的“君臣佐使”配伍理论强调药物间的协同作用和整体调节,但这种传统理论缺乏现代科学的系统验证和量化分析,难以用现代药理学的语言进行准确描述和解释。

标准体系的缺失构成产业化的另一重要挑战,主要体现在质量标准不完善和安全性评价标准不健全两个方面。目前《药食同源物质目录》收录的物质以单味药材标准为主,针对复方制剂的专门分类和标准相对欠缺[18]。这种情况导致复方产品在申报类别、质量控制要求和临床试验设计等方面缺乏统一规范,企业在研发初期难以获得明确的质量标准指导,注册申报时需自行制定相关标准,从而增加了研发与注册的复杂性和不确定性。

中药材的种植标准与食品加工标准之间存在差异,这为复方产品的质量控制带来实质性困难。具体而言,同一原料在药用和食品用途中的质量要求可能存在差异,这种差异不仅导致原料采购成本上升,还对最终产品的质量一致性和稳定性产生直接影响。此外,药材种植和加工过程中的不规范操作,如农药、化肥的使用管理不够严格,以及在受污染环境中的种植等问题,都可能对药材的安全性构成潜在风险。在安全性评价标准方面,针对复方产品建立完善的安全性评价体系仍在持续完善过程中。如何建立科学、客观的复方产品安全性评价标准,已成为推动药食同源复方产品继承与创新发展的关键环节。

5.2. 产品开发技术瓶颈

复方配伍的科学化验证需要依赖系统的药理研究、代谢组学分析和网络药理学等多维度研究方法。然而,由于复方成分构成复杂,代谢组学研究在具体实施过程中面临诸多挑战:难以完全筛选出药物作用的全部生物标志物,已筛选出的差异代谢物也难以精确追溯至特定中药材,大部分中药复方制剂在深入阐释药物作用机制方面仍存在技术瓶颈。因此,代谢组学技术在中药复方研究中的应用尚处于发展阶段,许多复方产品尚未系统性地运用该技术进行作用机制验证[19]。

在工艺开发层面,单味原料通常可采用超微粉碎、超临界 CO₂ 萃取等成熟技术,但在复方制剂生产中,由于各配伍成分的物理化学性质差异显著,这些技术的适用性受到较大限制,如超微粉碎技术在处理多组分混合物时能耗相对较高,且不同药材成分在高强度工艺条件下易发生降解或分布不均现象,从而影响产品的稳定性和均一性[20]。

临床验证环节面临多重挑战,包括试验难度较大、费用较高、周期较长等因素,这些都在一定程度上限制了复方产品的研发效率和转化成功率。现有数据显示,中药复方制剂通过临床试验的比例相对较低[21],这种状况不仅影响了企业的研发投入积极性,也在整体上制约了行业的技术创新和产业发展步伐。

5.3. 相关政策法规问题

药食同源复方产品从基础研究到产业化,面临科研投入大、风险高的严峻挑战,高昂的标准制定与注册成本使得中小企业更倾向于沿用已有单味产品路径,而大型企业虽具备一定研发实力,但在复方创新上的投入回报周期长、风险高,也多以稳健的单味产品为主。监管政策的不确定性也增加了企业的研发风险。由于缺乏针对复方产品的专门法规和标准,企业在进行复方产品研发时,往往需要与监管部门进行多轮沟通,延长了审批周期,增加了研发成本。

6. 结论

药食同源复方保健食品作为中医药理论与现代食品科学相结合的创新产物,具有广阔的发展前景和巨大市场潜力。随着消费者健康需求的多元化和个性化趋势日益明显,以及人工智能、精准营养递送、绿色制备等现代科技的快速发展,药食同源复方产品正朝着更加科学、精准、个性化方向发展,而中医药理论现代化转译是产业升级的核心瓶颈。当前产业化发展仍面临理论认知差异、标准体系缺失、技术瓶颈制约、政策法规不完善等多重挑战。2025年6月国家市场监督管理总局开展的复方配伍保健食品备案管理试点,通过规范复方配伍保健食品的备案流程,以“备案制”替代部分“注册制”,简化创新产品

上市流程,为产业发展提供了新的机遇[22]。未来,需从四方面推动产业高质量发展:一是构建科学的中医药理论现代化转译体系,打通经验与科学的沟通桥梁;二是完善复方专属的标准体系与质量控制模式,保障产品一致性与安全性;三是加强核心技术创新与成果转化,突破机制研究、工艺适配等技术瓶颈;四是优化政策法规与产业协同生态,降低创新风险、提升产业效率。通过系统性的措施和策略,推动药食同源复方保健食品产业实现传统智慧与现代产业的深度融合。

参考文献

- [1] 郭诗韵, 邓志灏, 李艳, 等. 中药复方配伍科学内涵阐释研究的理论概述[J]. 中国实验方剂学杂志, 2024, 30(23): 338-344.
- [2] 刘宇欣, 张佳琪, 王思琦, 等. 玉屏风散化学成分及药理作用研究进展[J]. 生物化工, 2024, 10(3): 179-183.
- [3] Zhou, J., Zhou, T., Chen, M., Jiang, M., Wang, X., Liu, Q., *et al.* (2014) Research Progress on Synergistic Anti-Tumor Mechanisms of Compounds in Traditional Chinese Medicine. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, **34**, 100-105. [https://doi.org/10.1016/s0254-6272\(14\)60062-5](https://doi.org/10.1016/s0254-6272(14)60062-5)
- [4] Zhao, W., Zheng, X., Tang, P.Y., Li, H., Liu, X., Zhong, J., *et al.* (2023) Advances of Antitumor Drug Discovery in Traditional Chinese Medicine and Natural Active Products by Using Multi-Active Components Combination. *Medicinal Research Reviews*, **43**, 1778-1808. <https://doi.org/10.1002/med.21963>
- [5] Eng, Y.S., Lee, C.H., Lee, W.C., Huang, C.C. and Chang, J.S. (2019) Unraveling the Molecular Mechanism of Traditional Chinese Medicine: Formulas against Acute Airway Viral Infections as Examples. *Molecules*, **24**, Article 3505. <https://doi.org/10.3390/molecules24193505>
- [6] Liu, P., Xu, Y., Ye, J., Tan, J., Hou, J., Wang, Y., *et al.* (2023) Qingre Huazhuo Jiangsuan Decoction Promotes Autophagy by Inhibiting PI3K/Akt/mTOR Signaling Pathway to Relieve Acute Gouty Arthritis. *Journal of Ethnopharmacology*, **302**, Article ID: 115875. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115875>
- [7] Hai, Y., Ren, K., Hou, W., Cao, H., Zhang, Y., Li, Z., *et al.* (2024) Hypoglycemic TCM Formulas (Huangqi-Gegen Drug Pair) Have the Potential as an Alzheimer's Disease. *Phytomedicine*, **130**, Article ID: 155723. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2024.155723>
- [8] Huang, Y., Huang, S., Yang, H., Tsai, C., Chang, H., Chi, H., *et al.* (2025) Development of a Compound Herbal Formulation (HBK) with Antitumor and Antioxidant Functions for Cancer Adjuvant Therapy. *Phytomedicine*, **147**, Article ID: 157212. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2025.157212>
- [9] Zhang, Y., Li, J., Peng, D., Jiang, L., Cheng, S., Xiang, H., *et al.* (2025) Integrating Metabolomics and Network Pharmacology to Explore the Mechanism of Xiangshao Sanjie Oral Liquid in Treating Rats with Mammary Gland Hyperplasia. *Journal of Ethnopharmacology*, **343**, Article ID: 119493. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2025.119493>
- [10] Li, M. and Zhang, J. (2023) A Focus on Harnessing Big Data and Artificial Intelligence: Revolutionizing Drug Discovery from Traditional Chinese Medicine Sources. *Chemical Science*, **14**, 10628-10630. <https://doi.org/10.1039/d3sc90185h>
- [11] 北京康比特体育科技股份有限公司. 精准营养递送关键技术及靶向健康食品制造项目[R]. 北京: 北京市科学技术委员会, 2025.
- [12] 刘斌, 赵超, 赵立娜, 等. 食药菌高值化加工关键技术及产业化[R]. 福建农林大学, 福州东星生物技术有限公司, 2022.
- [13] Xie, T., Xiao, C., Huang, L., Zhong, W., Yong, T., Hu, H., *et al.* (2025) Polysaccharide F2 from *Grifola frondosa* Depicts an Excellent Prebiotic Effect against Hyperglycaemia by Modulating Gut Microbiota Associated with Short-Chain Fatty Acids and Bile Salt Hydrolase. *International Journal of Food Science and Technology*, **60**, vvae071. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae071>
- [14] 廖婧. 扶助正气, 成人之美——四君子汤[J]. 药物与人, 2024(11): 66-67.
- [15] Wang, T., Feng, Y., Wang, H., Huo, G., Cai, Y., Wang, L., *et al.* (2020) The Mechanisms of Sijunzi Decoction in the Treatment of Chronic Gastritis Revealed by Network Pharmacology. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2020**, Article ID: 8850259. <https://doi.org/10.1155/2020/8850259>
- [16] Li, H., Pu, X., Lin, Y., Yu, X., Li, J., Bo, L., *et al.* (2024) Sijunzi Decoction Alleviates Inflammation and Intestinal Epithelial Barrier Damage and Modulates the Gut Microbiota in Ulcerative Colitis Mice. *Frontiers in Pharmacology*, **15**, Article 1360972. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1360972>
- [17] 申佳林, 赵小莹, 肖海娟. 四君子汤及其主要有效成分抗结直肠癌机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2024, 30(16): 240-252.

- [18] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 按照传统既是食品又是中药材的物质目录(2020 年整合版) [Z]. 2020.
- [19] 王杰, 隗鑫, 陈威, 等. 代谢组学技术在中药复方配伍规律研究中的应用[J]. 中草药, 2022, 53(5): 1528-1539.
- [20] Xie, W., He, Y., Yang, Y., Shi, F., Huang, Y., Li, H., *et al.* (2017) Experimental Investigation of Breakage and Energy Consumption Characteristics of Mixtures of Different Components in Vertical Spindle Pulverizer. *Fuel*, **190**, 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.026>
- [21] 国家中医药管理局, 国家药品监督管理局. 古代经典名方目录(第二批) [Z]. 2023.
- [22] 国家市场监督管理总局, 国家卫生健康委员会, 国家中医药管理局. 复方配伍保健食品备案管理试点工作方案 [Z]. 2025.