

DOI:10.12405/j.issn.2097-1486.2026.01.001

## 益生菌发酵党参的研究进展

王慕华\*, 庞泽敏, 麻杰, 李亮, 王学明

山西省生物研究院有限公司, 山西 太原 030006

**摘要:** 党参作为传统中药材, 具有补中益气、健脾益肺之功效。2023 年 11 月中华人民共和国国家卫生健康委员会颁发了党参可作为食品的公告, 加快了党参产业的发展。近年来, 利用益生菌发酵技术对中药材进行生物加工改性, 已成为中药现代化研究的热点。研究表明, 益生菌发酵能有效提高党参活性成分含量和生物利用度, 降低其燥性, 增强胃肠保护、免疫调节等生理功能。本综述聚焦益生菌发酵党参的研究进展, 系统梳理其作用机制、工艺优化、成分变化、功效提升以及应用前景, 并探讨该领域当前面临的挑战与未来发展方向, 为党参的深度开发和精准应用提供科学依据。

**关键词:** 益生菌发酵; 党参; 活性成分; 功能活性; 产业化应用

**中图分类号:** R283.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-1486(2026)01-0001-06

## Research progress of *Codonopsis pilosula* probiotic fermentation

WANG Muhua\*, PANG Zemin, MA Jie, LI liang, WANG Xueming

Shanxi Institute of Biology Co., Ltd., Taiyuan 030006, China

**Abstract:** As a traditional Chinese medicinal herb, *Codonopsis pilosula* possesses the efficacy of tonifying middle energizer and benefiting vital energy, strengthening the spleen and nourishing the lungs. In November 2023, the National Health Commission (NHC) issued an announcement approving *Codonopsis pilosula* for use as a food, which has accelerated the development of the Codonopsis industry. In recent years, the bioprocessing modification of Chinese medicinal herbs using probiotic fermentation technology has become a hotspot in modern research of traditional Chinese medicine. Studies have shown that probiotic fermentation can effectively increase the content and bioavailability of active components in *Codonopsis pilosula*, reduce its dryness, and enhance its physiological functions such as gastrointestinal protection and immune regulation. This review focuses on the research progress in probiotic-fermented *Codonopsis pilosula*, systematically summarizes its mechanisms of action, process optimization, compositional changes, efficacy enhancement, and application prospects, and it also discusses the current challenges and future development directions in this field, providing a scientific basis for the in-depth development and precise application of *Codonopsis pilosula*.

**Keywords:** probiotic fermentation; *codonopsis pilosula*; active components; functional activity; industrial application

### 0 引言

党参(*Codonopsis pilosula*)为桔梗科党参属植物, 作为传统中医补益良药, 有悠久的历史, 具

有健脾益肺、养血生津的功效<sup>[1]</sup>。现代药理研究表明, 党参富含多糖类、党参炔苷、黄酮类等多种活性成分<sup>[2-4]</sup>, 在免疫调节、抗氧化、抗疲劳等方面具有显著作用<sup>[5-6]</sup>。然而, 党参传统应用中存在有效成分溶

\*通信作者

基金项目: 中央引导地方科技发展资金项目(YDZJSX2024B018); 山西省重点研发计划项目(2022ZDYF121)

收稿日期: 2025-09-18; 修回日期: 2025-11-25

出率低、生物利用度不高以及长期服用易致燥性上火(常表现为口干舌燥、咽喉肿痛、皮肤干燥、便秘、易怒等)等问题,限制了其应用范围<sup>[7]</sup>。

益生菌发酵中药是近年来兴起的中药加工新技术,融合了微生物学、分析化学和现代药理学的最新成果。一般情况下,中药材经微生物发酵后,其化学成分和含量通常会发生变化。一些中药材的有效成分只有被肠道微生物转化后才能被吸收,由于每个宿主的肠道微生物组成和药物吸收能力各异,体外发酵可使中药材产品标准化,提高中药材的临床疗效。事实上,一些发酵的中药材比未发酵的中药材具有更好的药理活性,就是通过微生物的代谢作用分解大分子物质,生成新的活性成分,从而改善药效、降低毒副作用<sup>[8-9]</sup>。益生菌发酵党参的研究与应用,正是基于这一技术发展起来的创新领域。

## 1 发酵机制

益生菌发酵党参的机制,本质上是利用有益微生物的生物转化作用。在适宜的温度与湿度下,益生菌以党参中的淀粉、蛋白质、膳食纤维等大分子物质作为能量和营养源进行生长繁殖。在此过程中,菌群会分泌一系列酶,如淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶等,将这些结构复杂、不易被人体直接吸收的大分子物质,降解为寡糖、小分子肽、氨基酸等更易吸收的小分子物质。同时,发酵还能转化党参原有的一些物质,并可能生成新的有机酸、维生素等活性成分。最终,这一过程不仅提高了党参有效成分的溶出率和生物利用度,还赋予了其新的风味与功能,实现了对传统药材的现代化增效与改造。

### 1.1 微生物作用提高有效成分溶出率

益生菌发酵党参的核心机制在于微生物分泌的胞外酶对药材基质的生物转化作用。这一过程涉及多种酶系的协同作用,包括纤维素酶、果胶酶、蛋白酶等水解酶类。这些酶能够有效分解党参致密的细胞壁结构,释放包埋于细胞内的活性成分,使得细胞内的有效成分如多糖、黄酮、皂苷等更充分地释放出来。同时,微生物能够将一些大分子物质转化为更易被人体吸收的小分子物质<sup>[10]</sup>。福建农林大学的闫露等报道植物乳杆菌N-25发酵党参渣,促进了黄酮类化合物、木脂素、生物碱及其衍生物、有机酸及其衍生物等活性物质的生成与释放<sup>[11]</sup>。河南牧业经济学院吴金梅、兰州大学贾旭森等的研究表明,大分子的党参多糖可能被微生物产生的酶降解为低聚糖或小分子多糖,党参中的蛋白质在微生物蛋白酶

的作用下可转化为小分子肽<sup>[12-13]</sup>。

### 1.2 生成新的活性物质增强药理活性

益生菌在发酵过程中不仅分解原料,其自身也会生长繁殖并进行旺盛的代谢活动。此过程会产生多种微生物代谢产物,这些产物可能具有新的生物活性,或者与党参原有的成分发生协同增效作用,增强党参原有的药理活性或赋予其新的功能。酵母菌发酵新鲜党参后,其抗氧化活性显著增强,推测与发酵产生的新的活性成分,如某些酚类、有机酸等有关<sup>[13-14]</sup>。植物乳杆菌发酵纹党参产生的发酵液,其抵抗胃溃疡的作用与调节炎症和氧化应激相关,这可能与菌株的特异性代谢产物有关<sup>[12,15]</sup>。此外,微生物代谢过程中产生的有机酸,如乳酸、乙酸,不仅改善了产品的风味,还能调节肠道pH值,促进矿物质吸收,增强党参的保健功能。

## 2 发酵工艺与优化

传统的中草药固态发酵技术存在菌株纯度不足、发酵条件不可控、缺乏标准化的发酵过程和适当的监测指标等缺点。与传统发酵技术相比,现代发酵技术融合了微生物生态学、发酵工程和生物工程,发展出了新的中草药发酵技术。

### 2.1 发酵菌株筛选

益生菌菌株的选择是决定发酵党参效果的关键因素。近年来的研究在菌种筛选方面取得了显著进展。优良菌株主要来源于植物内生菌、药用植物表面、传统发酵食品以及健康人体肠道,菌种主要有乳酸菌、酵母菌和芽孢杆菌等。这些菌种具备良好的耐酸耐胆盐特性,能够适应党参基质环境并有效生长代谢。郑州大学叶晓婉从明党参中分离出一株假蕈状芽孢杆菌,具有抑菌、降解特定物质或转化呋喃香豆素成分的能力<sup>[16]</sup>。酸奶、泡菜、豆豉等传统发酵食品是益生菌的宝贵资源库,这些菌株通常具有公认的安全性和良好的发酵特性。从健康人群粪便样本中分离益生菌,具有良好的肠道适应性和益生功能。

发酵方式有单菌株发酵和混合菌种发酵两种。单菌株发酵比较常见,韩国研究人员从人参芽中分离的副干草芽孢杆菌在单菌发酵党参时,能释放具有生理活性的物质牛磺酸,进一步增强了产品的保健价值。混合菌种发酵往往能产生协同效应,获得更全面的功效提升,兰州大学开发了采用植物乳杆菌LZU-J-TSL6和LZU-J-QA25组成的复合菌剂发酵纹党参的专利技术,该技术通过双重发酵显著

提高了党参活性成分的提取率和药效<sup>[15]</sup>。河北一然生物科技则采用那曲4580益生菌发酵党参,有效降低了党参的燥性,解决了传统党参制品易引发上火的问题<sup>[7]</sup>。成都市佳味添成饮料科技研究所在党参功能饮料开发中,发现双歧杆菌与酿酒酵母的协同发酵能够产生更丰富的风味物质和活性成分。

## 2.2 发酵工艺优化及其应用

益生菌发酵党参的工艺参数主要包括温度、pH值、发酵时间、接种量和底物浓度等。优化这些参数对提高发酵效果至关重要。根据发酵形式的不同,主要分为固态发酵、液态发酵和双向发酵三类。近年来,应用精准技术、实现数字化控制的现代化发酵日益兴起。

### 2.2.1 固态发酵

固体发酵是在低水分或几乎没有游离水的条件下,使用一种或几种益生菌菌株发酵中草药生物物质。固体发酵的成本较低,且过程相对简单,除了传统的制曲工艺外,已开发出多种用于中草药的新型固体益生菌发酵系统。兰州大学胡芳弟团队研究了酵母菌固体发酵党参的工艺,以黄酮含量为评价指标,通过正交试验优化含水量、温度、加菌量等影响因素,并测定了总糖、多糖、低聚糖、黄酮、三萜、党参炔苷、总氨基酸含量,以及对DPPH自由基(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼)、超氧阴离子自由基、羟自由基的清除率,发现酵母菌固体发酵工艺可提高新鲜党参有效成分含量和抗氧化活性<sup>[17]</sup>。

### 2.2.2 液态发酵

液体发酵源自抗生素的生产过程,将活化的微生物接种到由中草药提取物和适当微生物营养成分组成的培养基中。与固体发酵相比,具有产品稳定性高、生产条件量化、自动化程度高等优点。山西中医药大学的秦楠和张月荣分别采用液态发酵研究了党参切片和党参茎叶的发酵条件及成分变化。秦楠的研究表明,乳酸菌发酵党参最佳发酵工艺为料液比1:6(g:mL),接种量1 mL/100 mL,发酵温度33℃,发酵时间6 d,最佳发酵工艺下黄酮浓度增加78.881 mg/mL,党参炔苷含量增加0.34 mg/mL<sup>[18]</sup>。张月荣的研究表明,党参茎叶液体发酵的最佳条件为发酵时间6.5 d,料液比7.5:100(g:mL),培养基初始pH值8,在此条件下测得发酵党参茎叶粗多糖含量为37.59 mg/g,与发酵前相比,发酵党参茎叶中粗多糖含量增加115.32%<sup>[19]</sup>。

### 2.2.3 双向发酵

双向发酵包括液体发酵和固体发酵,前者是封

闭环境中由基本培养基、中草药提取物和真菌组合的发酵,后者是开放环境中中草药和真菌的结合。药用真菌发酵中草药是一种新的中草药发酵技术,在双向发酵过程中,中草药底物为药用真菌的生长提供营养,真菌发酵则增加了中草药中生物活性天然产物的组成。双向发酵可以产生大量新的具有生物活性的发酵代谢产物。长春中医药大学的黎氏大芳利用13种药用真菌对党参进行发酵,根据发酵情况,确定灵芝菌为党参发酵优势菌种,并从发酵产物中首次分离得到5种化合物,其中2种化合物在党参原药材中未见文献报道,证明发酵改变了党参原有的化学成分<sup>[20]</sup>。遵义医科大学的侯亚男采用无柄灵芝菌对党参水提物发酵7 d,党参中的化合物5-羟甲基糠醛(5-HMF)通过药用真菌无柄灵芝菌的生物转化还原为2,5-二甲氧呋喃(BHMF),可以将神经母细胞瘤SH-SY5Y细胞周期阻滞于G2/M期以抑制细胞增殖<sup>[21]</sup>。甘肃农业大学的李赟研究了在白灵菇液态深层发酵过程中添加党参水提取液对白灵菇发酵多糖及生物量均有促进作用<sup>[22]</sup>。

### 2.2.4 现代发酵技术

近年来,发酵工艺优化方面取得了显著进展,超越了传统参数优化。通过建立发酵过程多参数关联模型,实现菌体的高密度发酵,吴清平院士团队使用梯度提升决策树(LightGBM)等机器学习算法,构建了培养基成分与菌体密度( $OD_{600}$ )的预测模型<sup>[23]</sup>。此外,酶-菌耦联发酵技术也成为研究热点,先通过酶解处理党参原料,破坏细胞壁结构,再进行益生菌发酵,可大幅提高活性成分的溶出率和转化效率<sup>[15]</sup>。菌钥大健康开发的“FTCM®精准发酵技术”代表了行业最新进展,对党参炔苷的转化需求,选择特定酵母菌株进行发酵,使目标成分含量提升3倍。利用在线生物传感技术和数字孪生系统对发酵过程进行实时监控与反馈控制,正推动发酵过程从传统经验模式向精准化、标准化转变<sup>[24]</sup>。

## 3 发酵的成分变化与活性提升

### 3.1 主要活性成分变化

益生菌发酵对党参化学成分的影响是多方面的,主要体现在活性成分含量的提升和结构转变上。党参多糖是党参最主要的活性成分之一,发酵后多糖分子量显著降低,这些低分子量多糖片段具有更强的免疫调节活性,可促进肠道有益菌增殖,抑制大肠杆菌等致病菌生长<sup>[25]</sup>。党参也含有多种皂苷类物质,康美药业的研究表明,采用“雾化益生菌发酵

液蒸制技术”处理红参后,稀有人参皂苷含量显著提高,其中Rg3含量达到未发酵样品的60倍以上<sup>[26]</sup>。党参中黄酮及酚类物质也会在微生物代谢产生的酶系作用下,由结合态转化为游离态,提高其生物活性。

### 3.2 生物利用度的提升

益生菌发酵不仅改变了党参的化学成分谱,更重要的是显著提高了其活性成分的生物利用度,主要体现在三个方面:发酵后党参活性成分的分子量普遍减小,更有利于肠壁吸收<sup>[17]</sup>;发酵党参中的某些活性成分如稀有皂苷、去糖基化皂苷,不易被肝脏快速代谢,从而维持更持久的血药浓度<sup>[27]</sup>;发酵党参中的活性成分如小分子多糖,可作为益生元,促进肠道益生菌的增殖,这些益生菌又能进一步将党参成分转化为具有健康益处的代谢物<sup>[28]</sup>。

### 3.3 功效的提升

益生菌发酵党参最显著的功效提升体现在肠道健康领域。在肠道屏障修复方面,发酵党参能显著改善酒精引起的胃黏膜损伤,在保护肠胃黏膜损伤及抗胃溃疡方面的效果优于未发酵党参。在肠道菌群调节方面,党参多糖经益生菌发酵后,其益生元效应显著增强,发酵党参能选择性地促进双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌增殖。在肠道免疫调节方面,发酵党参提取物能显著增加sIgA分泌,提高肠道局部免疫力,同时减轻过度炎症反应<sup>[25,29]</sup>。

发酵党参在免疫调节方面也展现出传统制剂难以比拟的优势。发酵党参能促进免疫器官胸腺、脾脏的发育,增强巨噬细胞吞噬能力和NK细胞活性,发酵过程中产生的小分子肽段如 $\gamma$ -氨基丁酸与皂苷、多糖协同作用,形成多维免疫调节网络,发酵后增强的抗氧化能力可有效清除运动产生的过量自由基,减少氧化损伤<sup>[30]</sup>。

发酵党参在代谢综合征干预方面展现出独特潜力。人参源*L. rhamnosus*菌株发酵党参后产生的活性物质能显著降低血清胆固醇水平<sup>[30]</sup>。发酵党参产生的稀有人参皂苷如Rh4被证明能增强胰岛素敏感性,改善胰岛素抵抗。发酵党参中的活性成分如Rk3皂苷能抑制前脂肪细胞分化,减少脂质积累<sup>[26]</sup>。

## 4 发酵产品应用现状

益生菌发酵党参技术已从实验室走向市场,形成了一系列创新型产品,主要集中在功能性食品、饲料添加剂、医药保健等领域。

### 4.1 功能性食品与饮料

市场上已有多种发酵党参功能性产品,如基于

《医方集解》经典名方“健脾丸”开发的“党参铁皮石斛牛脾肽发酵饮”,在调理气机、健脾益气的基础上,还具有保护肠胃黏膜、辅助消食化积的作用,通过精准发酵技术提升了活性成分生物利用度,同时改善了传统中药的口感。双歧杆菌发酵的轮叶党参饮料则通过工艺优化,接种量4 mL/100 mL,37℃发酵12 h,实现了活菌数最大化,使产品除具有轮叶党参本身潜在的补气、润肺等传统功效外,还具有调节肠道菌群、辅助抗疲劳等更多益处,同时添加适量蜂蜜和稳定剂改善口感和质地<sup>[31]</sup>。

### 4.2 动物饲料添加剂

在畜牧领域,益生菌发酵中药饲料添加剂已实现产业化应用。这类产品通常由党参、黄芪、陈皮等多种中药组成,经复合益生菌动物双歧杆菌、粪肠球菌、植物乳杆菌等发酵而成。应用数据显示,在猪饲料中添加质量百分比为0.5%的发酵中药添加剂,可使饲料转化率提高15%,腹泻率降低40%,显著减少抗生素使用<sup>[32-33]</sup>。

### 4.3 保健与医药原料

康美药业股份有限公司开发的“雾化益生菌发酵液蒸制技术”获得国家发明专利<sup>[34]</sup>,该技术能显著提高党参中稀有人参皂苷含量,同时降解有机磷类农药残留,为高品质人参类产品提供核心原料。这类原料可作为功能性成分添加到多种保健食品中,如胶囊、片剂、粉剂等。

## 5 发酵产品产业化存在的问题

尽管发酵党参技术取得显著进展,产业化仍面临多项挑战。药材来源差异是影响发酵产品一致性的首要因素,不同产地、采收期和加工方法的党参,其初始成分差异显著,导致发酵过程和终产物波动较大。虽然菌钥大健康等企业已建立药材严格筛选标准,但建立涵盖原料-工艺-产品的全链条质量控制体系仍是行业共性难题。特别是发酵过程中微生物代谢产物的动态监测和终产品的活性成分质量控制标准尚需完善。实验室小规模发酵向工业化大生产的转化存在诸多技术瓶颈,传统分批发酵工艺效率较低,而连续发酵技术又面临菌种稳定性挑战。此外,发酵后处理工艺如活性成分的分离纯化的规模化也是制约因素。目前大多数功效研究停留在细胞和动物模型阶段,缺乏系统的人体临床试验。特别是长期服用的安全性和有效性数据不足,作用机制研究不够深入。发酵党参的多成分、多靶点特性使得传统药效评价方法面临挑战,需要建立更加科

学的评价体系。

## 6 结论与未来展望

益生菌发酵党参研究在过去十年取得了显著进展,从基础理论到应用技术形成了较为完整的体系。该技术通过微生物的生物转化作用,显著提升了党参活性成分的含量和生物利用度,同时赋予其新的健康功效。目前,发酵党参在肠道健康、免疫调节、代谢综合征干预等方面已显示出明确优势,相关产品在功能食品、饲料添加剂等领域逐步实现产业化。展望未来,益生菌发酵党参研究将向以下方向发展:①合成生物学与人工智能驱动的精准发酵。利用CRISPR-Cas等基因编辑工具,设计构建针对党参特定成分的“超级工程菌株”,实现对目标成分的定向高效转化。同时,结合人工智能和大数据技术,建立从菌种筛选到工艺优化的预测模型,缩短研发周期。华东理工大学开发的“乐高策略”生物合成技术为这一方向提供了思路。②多组学整合与机制研究。应用微生物组学、代谢组学、转录组学等多组学技术,系统解析发酵党参与宿主相互作用的分子网络。特别是深入研究“肠-脑轴”“肠-肝轴”等多器官对话机制,为产品精准定位提供科学依据。2025年IMic工业微生物大会将“基于微生物组的精准营养”列为重点议题,反映了这一趋势。③临床转化与个性化应用。加速开展高质量的人体临床试验,建立不同人群特别是老年、代谢综合征患者等的剂量-效应关系。同时,结合肠道菌群分型和代谢表型分析,开发针对不同人群的个性化发酵党参制剂,实现精准营养干预。

随着研究的深入和技术的突破,益生菌发酵党参有望成为连接传统中药与现代精准营养的典范,在“未病先防、已病防变”的大健康体系中发挥重要作用。然而,产业化的全面实现仍需科研机构与企业深度合作,共同攻克技术瓶颈,建立科学规范,推动这一古老药材在现代生物技术赋能下焕发新的生机。

### 参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015: 293-294.

[2] 王丽蕃, 郑娟, 徐斯凡. 藏党参和潞党参中活性成分含量的对比研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(12): 2928-2930. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0805.2008.12.048.

[3] 吴泽鹏. 明党参的活性成分分析[J]. 亚太传统医药, 2010, 6(03): 32-33.

[4] 王超楠, 高军, 王隶书, 等. 中药党参药效活性成分的质量控制研究进展[J]. 中国药师, 2021, 24(01): 127-132.

[5] 张欢, 李超, 汲晨锋. 药食同源党参化学成分、药理作用及应用研究进展[J]. 食品科学, 2024, 45(23): 338-348. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20240524-201.

[6] 吴玮, 李琛良, 孔令阳, 等. 党参炮制历史沿革、化学成分及药理作用研究进展[J]. 世界中医药, 2025, 20(07): 1246-1253. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7202.2025.07.025.

[7] 万宁威, 梁天, 赵星, 等. 益生菌发酵改善补益组方燥性的药食同源发酵液制备及应用[P]. 中国专利: CN202411268835.5, 2024-12-06.

[8] ZHANG X L, MIAO Q, PAN C X, et al. Research advances in probiotics fermentation of Chinese herbal medicine[J]. *iMeta*, 2023, 2(2): e93. DOI: 10.1002/imt2.93.

[9] 王静涵, 张斯童, 滕利荣, 等. 益生菌发酵中药的研究现状及产品开发[J]. 食品工业科技, 2020, 41(14): 337-348. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.14.054.

[10] 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(06): 2232-2244. DOI: 10.13344/j.microbiol.china.201133.

[11] 闫露, 马亚雄, 李美琴, 等. 植物乳杆菌 N-25 发酵党参渣产物的非靶向代谢组学分析[J]. 福建农业学报, 2025, 40(01): 18-28. DOI: 10.19303/j.issn.1008-0384.2025.01.003.

[12] 吴金梅, 胡迎利. 复方党参药对固态发酵的实验研究[J]. 现代牧业, 2019, 3(02): 6-8. DOI: 10.3969/j.issn.1008-3111.2019.02.002.

[13] 贾旭森. 新鲜白条党参酵母菌固体发酵工艺及其成分和抗氧化活性研究[D]. 甘肃: 兰州大学, 2021: 39-54.

[14] 胡芳弟, 贾旭森, 苟于强, 等. 一种以新鲜党参为原料进行酵母菌发酵的方法[P]. 中国专利: CN202010057187.4, 2020-05-08.

[15] 张春江, 金小平, 王海娟. 一种纹党参发酵液发酵方法及其应用[P]. 中国专利: CN202410195313.0, 2024-05-17.

[16] 叶晓婉. 明党参内生菌的分离鉴定及生物学特性研究[D]. 河南: 郑州大学, 2019: 35-65.

[17] 王燕萍, 贾旭森, 牛伟霞, 等. 新鲜党参酵母菌固体发酵工艺优化及其有效成分、抗氧化活性研究[J]. 中成药, 2022, 44(11): 3428-3433. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.11.004.

[18] 秦楠, 张娜郡, 陈超, 等. 党参发酵工艺及成分变化研究[J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(06): 232-236. DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2023.06.051.

[19] 张月荣, 姜霞, 赵俊禧, 等. 党参茎叶液体发酵条件

- 优化及成分变化分析[J]. 中国酿造, 2024, 43(02): 232-237. DOI: 10.11882/j.issn.0254-5071.2024.02.036.
- [20] 黎氏大芳, 张涵雪, 高英鑫, 等. 党参发酵优势菌种筛选及发酵产物的化学成分研究[J]. 人参研究, 2021, 33(01): 17-20. DOI: 10.19403/j.cnki.1671-1521.2021.01.005.
- [21] 侯亚男. 灵芝菌发酵党参成分变化及其对神经母细胞瘤 SH-SY5Y 增殖和凋亡的影响[D]. 贵州: 遵义医科大学, 2020: 41-53.
- [22] 李赞, 负建民, 吴洪斌. 党参提取液对白灵菇深层发酵多糖的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(06): 59-63. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2009.06.040.
- [23] 吴家琳, 李滢, 吴清平, 等. 基于机器学习的植物乳杆菌 LP1Z 高密度发酵培养基优化[J]. 现代食品科技, 2025, 41(04): 131-140. DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.4.0312.
- [24] 新营养. 解码“中药发酵智慧”: 菌钥大健康精准发酵技术如何用“陈皮党参铁皮石斛发酵饮”征服国际评委[DB/OL]. (2025-07-24) [2025-09-08]. <https://www.xinyingyang.com/content-12-28785-1.html>.
- [25] 肖瑞瑶, 滕攀攀, 綦世金, 等. 党参多糖对肠道微生物及肠道疾病作用研究进展[J]. 微生物学通报, 2023, 50(02): 687-696. DOI: 10.13344/j.microbiol.china.220461.
- [26] 杨国力, 韩丽娟, 陈晓杰, 等. 一种提高稀有人参皂苷含量及降低农残的红参加工方法[P]. 中国专利: ZL202510038763.3, 2025-02-14.
- [27] CHEN Y C, WANG Y S, ZHU A Q, et al. UPLC-TOF/MS-based metabolomics reveals the chemical changes and in vitro biological effects in fermentation of white ginseng by four probiotics[J]. *Front Microbiol*, 2022, 24(13): 1022200. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1022200.
- [28] LI J K, ZHANG X, CAO L Y, et al. Three Inulin-Type Fructans from *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. Roots and Their Prebiotic Activity on *Bifidobacterium longum* [J]. *Molecules*, 2018, 23(12): 3123-3123. DOI: 10.3390/molecules23123123.
- [29] WU Y X, LIU S H, REN T, et al. Ginseng fermentation solution affects the gut microbiota in zebrafish with alcoholic liver disease via PI3K/Akt pathway [J]. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 2024, 128: 155495. DOI: 10.1016/J.PHYMED.2024.155495.
- [30] AHMED E, LEE J E, HAMAYUN M, et al. Probiotic potential of ginseng derived *Lactobacillus rhamnosus* strains with hypocholesterolemic, antioxidant and antibacterial activities[J]. *Scientific Reports*, 2025, 15(01): 29222. DOI: 10.1038/S41598-025-13364-X.
- [31] 陈欣桐, 苏文琦, 杨翔华. 双歧杆菌发酵轮叶党参生产功能保健饮料[J]. 食品科技, 2011, 36(01): 67-70. DOI: 10.13684/j.cnki.spkj.2011.01.038.
- [32] 徐明恺, 张惠文, 谷舞, 等. 一种畜用益生菌发酵中药饲料添加剂及其制备方法与应用[P]. 中国专利: CN202011452305.8, 2022-06-10.
- [33] 秦俊杰. 发酵型黄芪党参饲料添加剂的评价研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011: 21-29.
- [34] 杨国力, 韩丽娟, 陈晓杰, 等. 一种提高稀有人参皂苷含量及降低农残的红参加工方法[P]. 中国专利: CN119424498B, 2025-04-11.



王慕华,女,硕士,研究员。山西省微生物学会常务理事、山西大学研究生校外导师、中国抗癌协会肿瘤与微生态专业委员会委员,主要从事微生物及其应用方面的研究工作,工作领域涉及乳品工业、肠道菌群与益生菌以及药食同源功能食品。主持或主要参与完成山西省科研项目30余项,通过科学技术成果鉴定3项,发表学术论文40余篇,其中核心期刊第一作者及通信作者发表专业学术水平较高的论文20余篇,授权发明专利3项,完成计算机软件著作权2项,多项科研成果完成技术、产业转化。Email:wang\_muhua@126.com

(责任编辑:陈立)