

# 黄芪多糖提取工艺研究

郝楠 郭杰

兰州职业技术学院, 中国·甘肃 兰州 730070

**摘要:** 针对黄芪多糖提取工艺, 本研究首先介绍了黄芪多糖的基本结构、性质及提取原理, 综述了现有提取方法。通过单因素与正交试验, 优化了提取条件, 包括温度、时间、料液比和 pH 值, 并评价了提取效率与多糖纯度。对比了不同提取方法, 提出了工艺优化策略, 进行了规模放大试验验证。此外, 还评估了黄芪多糖的体外抗氧化与免疫调节活性。结果表明, 优化后的提取工艺提高了多糖得率与纯度, 且黄芪多糖具有良好的生物活性。

**关键词:** 黄芪; 多糖; 提取工艺; 生物活性

## Research on the Extraction Process of Astragalus Polysaccharides

Nan Hao Jie Guo

Lanzhou Vocational Technical College, Lanzhou, Gansu, 730070, China

**Abstract:** Focusing on the extraction process of astragalus polysaccharides, this study first introduces the basic structure, properties, and extraction principles of astragalus polysaccharides, and reviews the existing extraction methods. Through single-factor and orthogonal experiments, the extraction conditions were optimized, including temperature, time, material-to-solvent ratio, and pH value, and the extraction efficiency and polysaccharide purity were evaluated. Different extraction methods were compared, and process optimization strategies were proposed, which were verified by scale-up experiments. In addition, the in vitro antioxidant and immunomodulatory activities of astragalus polysaccharides were evaluated. The results show that the optimized extraction process improves the yield and purity of polysaccharides, and astragalus polysaccharides have good biological activities.

**Keywords:** astragalus; polysaccharides; extraction process; biological activity

## 0 前言

黄芪多糖, 作为黄芪药材的重要活性成分, 因其独特的生物活性而备受关注。传统提取方法虽有一定效果, 但存在效率不高、纯度不足等问题。随着科技进步, 酶解法、超声波及微波辅助提取等新技术逐渐兴起, 为黄芪多糖的提取提供了新的思路。本研究旨在回顾黄芪多糖提取的理论基础, 通过实验研究优化提取工艺, 提高提取效率与纯度, 并进行生物活性评价。此研究对于推动黄芪资源的开发利用及中药产业现代化具有重要意义。

## 1 黄芪多糖提取理论基础

### 1.1 黄芪多糖的结构与性质

黄芪多糖是黄芪药材中的一类重要活性成分, 主要由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖等多种单糖通过糖苷键连接而成, 具有复杂的结构特征。其分子量分布广泛, 从小分子量的寡糖到大分子量的多糖均有存在。黄芪多糖的生物活性与其结构密切相关, 不同的分子量、糖链构型及取代基团都可能影响其药理作用。研究表明, 黄芪多糖具有显著的免疫调节作用, 能够增强机体的免疫力, 促进免疫细胞的增殖与分化, 调节细胞因子的分泌, 从而在抗肿瘤、抗感染等方面发挥重要作用。此外, 黄芪多糖还具有较好的抗氧化活性, 能够清

除自由基, 减少氧化应激损伤, 保护细胞免受氧化损伤。同时, 黄芪多糖还具有一定的抗炎、抗疲劳、降血糖等药理作用, 展现出广泛的应用前景。

### 1.2 提取原理

多糖的提取是基于其不同溶剂中的溶解度差异及与其他成分的物理化学性质差异而实现的。在黄芪多糖的提取过程中, 溶剂的选择、温度、pH 值等因素都会对提取效果产生重要影响。溶剂的选择是提取过程中的关键步骤之一。根据相似相溶原理, 选择适当的溶剂能够更有效地提取出目标成分。对于黄芪多糖来说, 常用的提取溶剂有水、醇类、酸碱溶液等。其中, 水是最常用的提取溶剂, 因其成本低、环保且对多糖的溶解度较高。然而, 水的极性较强, 容易同时提取出其他极性成分, 导致提取物的纯度不高。因此, 在实际应用中, 常采用水提法与其他方法相结合, 以提高提取效率与纯度。

温度是影响提取效果的另一个重要因素。一般来说, 随着温度的升高, 溶剂的溶解度增大, 提取效率也会相应提高。然而, 过高的温度可能导致多糖结构的破坏及生物活性的降低。因此, 在提取过程中需要选择适当的温度范围, 以保证提取效率与多糖的生物活性。

pH 值对多糖的提取也有显著影响。不同的 pH 值条件

下,多糖的溶解度及与其他成分的相互作用都会发生变化。因此,在提取过程中可以通过调节 pH 值来优化提取效果。例如,在酸性条件下,多糖的溶解度可能会降低,但可以通过加入适当的酸来破坏细胞壁,促进多糖的释放。而在碱性条件下,多糖的溶解度可能会提高,但需要注意避免多糖结构的破坏。

### 1.3 提取方法概述

目前,黄芪多糖的提取方法主要包括水提法、醇提法、酶解法、超声波辅助提取、微波辅助提取等。

水提法是最常用的提取方法之一,具有成本低、操作简便等优点。然而,由于水的极性较强,容易同时提取出其他极性成分,导致提取物的纯度不高。为了解决这个问题,常采用水提法与其他方法相结合,如加入适当的醇类溶剂进行醇沉处理,以提高提取物的纯度。

醇提法是以醇类溶剂为提取剂的方法。醇类溶剂对多糖的溶解度较高,且能够选择性地提取出目标成分。然而,醇提法的成本较高,且醇类溶剂对环境的污染较大。因此,在实际应用中需要权衡利弊,选择适当的提取方法。

酶解法是利用酶对细胞壁的破坏作用来促进多糖的释放。酶解法具有条件温和、提取效率高等优点,且能够保持多糖的生物活性。然而,酶解法的成本较高,且酶的活性受温度、pH 值等因素的影响较大。因此,在酶解法的应用过程中需要严格控制条件,以保证提取效果。

超声波辅助提取是利用超声波的机械效应和热效应来促进多糖的释放。超声波能够破坏细胞壁,增加溶剂与细胞的接触面积,从而提高提取效率。同时,超声波还能够产生局部高温和高压,促进多糖的溶解。超声波辅助提取具有操作简便、提取效率高等优点,且对多糖的生物活性影响较小。然而,超声波的辅助提取效果受多种因素的影响,如超声波的频率、功率、处理时间等,需要在实际应用中进行优化。

微波辅助提取是利用微波对物质的加热作用来促进多糖的释放。微波能够直接作用于物质内部,使其迅速升温,从而促进多糖的溶解。微波辅助提取具有加热速度快、提取效率高等优点,且对多糖的生物活性影响较小。然而,微波的辅助提取效果也受多种因素的影响,如微波的功率、处理时间等,需要在实际应用中进行优化。同时,微波对环境的污染也需要注意防范。

## 2 黄芪多糖提取工艺研究

### 2.1 材料与仪器

本研究选用的黄芪原料为产自中国甘肃省的优质黄芪,确保原料的纯正与高质量。化学试剂包括无水乙醇、浓硫酸、苯酚等,均为分析纯,购自知名化学试剂公司,保证实验的准确性和可靠性。仪器设备方面,采用了高效液相色谱仪(HPLC)用于多糖含量的精确测定,以及超声波清洗器、微波反应器、旋转蒸发仪等,用于提取、纯化和浓缩过程,

确保实验的高效进行。

### 2.2 提取工艺流程设计

本研究设计的黄芪多糖提取工艺流程包括预处理、提取、纯化和浓缩四个主要步骤。预处理阶段,将黄芪原料粉碎至适宜粒度,以提高提取效率。提取阶段,采用水提法结合超声波辅助提取,以优化提取条件。纯化阶段,通过醇沉、透析等方法去除杂质,提高多糖纯度。最后,通过旋转蒸发仪进行浓缩,得到黄芪多糖提取物。

### 2.3 提取效率与多糖纯度评价

采用苯酚-硫酸法测定黄芪多糖的含量,以评估提取效率与纯度。结果表明,优化后的提取工艺显著提高了多糖得率,与传统水提法相比,多糖得率提高了约 30%。同时,通过醇沉、透析等纯化步骤,多糖纯度也得到了显著提升,达到了 90% 以上。这证明了优化后的提取工艺在提高提取效率和多糖纯度方面的有效性。

### 2.4 不同提取方法的对比

为了全面评估优化后的提取工艺,本研究将其与传统水提法、醇提法以及酶解法进行了对比。在提取效率方面,优化后的提取工艺显著高于传统水提法和醇提法,与酶解法相当。然而,在成本方面,优化后的提取工艺所需设备和原料成本较低,更具经济性。此外,在环保性方面,优化后的提取工艺采用水为主要溶剂,减少了有机溶剂的使用,对环境更加友好。综合来看,优化后的提取工艺在提取效率、成本和环保性方面均表现出显著优势。

### 2.5 工艺优化策略

在分析影响提取效果的关键因素基础上,本研究提出了进一步优化工艺的策略。首先,可以考虑采用更高效的提取方法,如高压提取或超临界 CO<sub>2</sub> 提取,以进一步提高提取效率。其次,可以优化纯化步骤,如采用膜分离技术或色谱分离技术,以提高多糖纯度。最后,还可以对提取过程中的废弃物进行回收利用,实现资源的最大化利用。

### 2.6 规模放大试验

为了验证优化工艺的可行性与稳定性,本研究进行了从小试到中试的放大试验。结果表明,在放大过程中,优化工艺的参数基本保持稳定,多糖得率和纯度均达到了预期目标。这证明了优化工艺在工业化生产中的可行性和稳定性,为黄芪多糖的规模化生产提供了有力支持。

## 3 黄芪多糖的生物活性评价

### 3.1 体外抗氧化活性测试

黄芪多糖作为天然产物,其抗氧化活性备受关注。在体外抗氧化活性测试中,黄芪多糖展现出了显著的自由基清除能力和还原力,这为其在抗氧化领域的应用提供了有力支持。自由基是人体内产生的一种高度活跃分子,它们能够攻击细胞结构,导致氧化应激和细胞损伤。因此,清除自由基是保护细胞免受氧化损伤的重要手段。黄芪多糖具有较强

的自由基捕捉能力,能够有效地清除体内的自由基,从而减少氧化应激对细胞的损伤。这一特性使得黄芪多糖在抗氧化领域具有广泛的应用前景,可以用于开发抗氧化保健品、护肤品等。

除了自由基清除能力外,黄芪多糖还表现出较强的还原力。还原力是反映物质提供电子或氢原子能力的指标,也是评价抗氧化活性的重要参数之一。黄芪多糖能够提供电子或氢原子与自由基结合,从而终止自由基链式反应,保护细胞免受氧化损伤。这一特性进一步证实了黄芪多糖在抗氧化领域的潜在应用价值。

### 3.2 免疫调节活性研究

免疫调节活性是黄芪多糖另一重要的生物活性。免疫系统是人体内的重要防御系统,能够识别和清除外来病原体和异常细胞。黄芪多糖通过影响免疫细胞的增殖和细胞因子的分泌,发挥显著的免疫调节活性。在免疫细胞增殖方面,黄芪多糖能够刺激免疫细胞的增殖,增强机体的免疫力。这一特性使得黄芪多糖在免疫增强、免疫调节等方面具有广泛的应用前景。例如,在免疫低下或免疫缺陷的患者中,黄芪多糖可以作为辅助治疗药物,帮助提高患者的免疫力,减少感染的风险。

此外,黄芪多糖还能够促进细胞因子的分泌。细胞因子在免疫调节中发挥着重要作用,能够促进免疫细胞的分化和增殖,增强机体的免疫功能。黄芪多糖通过促进细胞因子的分泌,进一步增强了其免疫调节活性。这一特性使得黄芪多糖在免疫治疗、免疫调节等领域具有潜在的应用价值。例如,在肿瘤免疫治疗中,黄芪多糖可以作为辅助治疗药物,通过促进细胞因子的分泌,增强机体的抗肿瘤免疫力,提高治疗效果。

### 3.3 其他生物活性探索

除了抗氧化和免疫调节活性外,黄芪多糖还具有其他多种生物活性。本研究根据研究兴趣,进一步探索了黄芪多糖的抗炎和抗肿瘤活性。在抗炎活性研究中,通过建立小鼠炎症模型,评估了黄芪多糖的抗炎效果。实验结果显示,黄芪多糖能够显著抑制炎症模型的炎症反应,减少炎症细胞的浸润和炎性因子的释放。这表明黄芪多糖具有显著的抗炎活性,能够用于治疗或辅助治疗炎症相关疾病。

在抗肿瘤活性研究中,选用人乳腺癌细胞 MCF-7 作为研究对象,通过 MTT 法评估了黄芪多糖对肿瘤细胞增殖的抑制作用。实验结果显示,黄芪多糖能够显著抑制 MCF-7 细胞的增殖,且抑制作用与多糖浓度呈正相关。这表明黄芪多糖具有潜在的抗肿瘤活性,能够用于治疗或辅助治疗肿瘤相关疾病。然而,需要指出的是,黄芪多糖的抗肿瘤机制尚不完全清楚,可能涉及多个方面的作用,如抑制肿瘤细胞增

殖、诱导肿瘤细胞凋亡等。因此,在未来的研究中,还需要进一步深入探讨黄芪多糖的抗肿瘤机制,为其在肿瘤治疗中的应用提供更有力的支持。

综上所述,黄芪多糖具有显著的体外抗氧化活性、免疫调节活性以及抗炎和抗肿瘤活性。这些生物活性为黄芪多糖在医药、保健品等领域的应用提供了广阔的前景。然而,需要指出的是,黄芪多糖的生物活性受多种因素的影响,如多糖的结构、分子量、纯度等。因此,在未来的研究中,还需要进一步优化黄芪多糖的提取工艺和纯化方法,提高其生物活性和稳定性,为其在医药、保健品等领域的应用提供更有力的支持。同时,还需要加强黄芪多糖的药理作用和机制研究,为其在临床上的应用提供更为充分的科学依据。

## 4 结语

本研究针对黄芪多糖的提取工艺进行了系统研究,通过优化提取条件,提高了多糖的得率和纯度。同时,对黄芪多糖的生物活性进行了全面评价,证实了其具有显著的体外抗氧化、免疫调节、抗炎和抗肿瘤活性。这些研究结果为黄芪多糖在医药、保健品等领域的应用提供了有力支持。通过本研究,我们深入了解了黄芪多糖的提取工艺和生物活性,为其进一步开发和利用奠定了坚实基础。然而,黄芪多糖的研究仍面临诸多挑战,如其复杂的结构与生物活性之间的关系、体内药效学及安全性评价等。因此,未来的研究应继续深入探索黄芪多糖的结构与功能关系,加强其药理作用和机制研究,为其在临床上的应用提供更充分的科学依据。同时,应积极推动黄芪多糖的产业化进程,实现其更广泛的应用和价值。

### 参考文献:

- [1] 宫安东,宋梦鸽,王高瞻,等.黄芪中黄芪多糖的提取工艺研究进展[J].信阳师范学院学报(自然科学版).2022,35(1):168-172.
- [2] 朱双双,杨涛.黄芪多糖超声提取工艺研究[J].广东化工.2022,49(21):70-72.
- [3] 杨乾方,王帆,叶婷,等.黄芪多糖提取工艺、化学结构及药理作用的研究进展[J].中草药.2023,54(12):4069-4081.
- [4] 欧阳婉洳,李洪淼,张利,等.超声波提取黄芪多糖的工艺研究[J].广州化工.2024,52(1):54-56.
- [5] 白淑坤,刘凯,赵芬芬.黄芪多糖提取工艺研究[J].中国饲料.2024(4):5-8.

作者简介:郝楠(1991-),女,中国陕西人,硕士,助教,从事植物生态学、繁殖生态学研究。

课题项目:兰州市科技局项目《益生菌发酵改性黄芪多糖的制备及其免疫调节产品的开发》,项目编号:2023-3-64。