

铁皮石斛花多糖的提取工艺研究

何宇城¹, 马国荣², 袁建锋^{1*}

¹浙江师范大学行知学院理学院, 浙江 金华

²浙江兰溪锦荣生物科技股份有限公司, 浙江 金华

收稿日期: 2025年3月17日; 录用日期: 2025年3月31日; 发布日期: 2025年5月12日

摘要

为探究铁皮石斛花多糖提取最佳工艺, 本研究以铁皮石斛花为研究对象, 料液比、超声功率和超声时间为影响因素。在经过单因素实验以确定各个变量的合理范围后, 采用了响应面法对提取工艺进行进一步优化。通过实验获得的最佳提取条件为: 物料与溶液的比例为1:36.70, 超声设备的功率为244.23 W, 提取的时间为60.29分钟, 铁皮石斛花多糖的提取率可达到6.15%。

关键词

铁皮石斛花, 多糖, 响应面法

Research on the Extraction Process of Polysaccharides from *Dendrobium officinale* Flowers

Yucheng He¹, Guorong Ma², Jianfeng Yuan^{1*}

¹College of Science, Zhejiang Normal University Xingzhi College, Jinhua Zhejiang

²Zhejiang Lanxi Jinrong Biotechnology Co. Ltd., Jinhua Zhejiang

Received: Mar. 17th, 2025; accepted: Mar. 31st, 2025; published: May 12th, 2025

Abstract

In order to explore the best extraction process of polysaccharide from *Dendrobium officinale* flowers, the solid-liquid ratio, ultrasonic power and ultrasonic time were the influencing factors. After single factor experiment to determine the reasonable range of each variable, Box-Behnken response surface

*通讯作者。

文章引用: 何宇城, 马国荣, 袁建锋. 铁皮石斛花多糖的提取工艺研究[J]. 药物化学, 2025, 13(2): 127-135.
DOI: 10.12677/hjmce.2025.132013

method was used to further optimize the extraction process. The optimal extraction conditions were as follows: the ratio of material to solution was 1:36.70, the power of ultrasonic equipment was 244.23W, and the extraction time was 60.29 minutes. Under these conditions, the extraction rate of polysaccharide from *Dendrobium officinale* flowers could reach 6.15%.

Keywords

Dendrobium officinale Flower, Polysaccharide, Response Surface Methodology

Copyright © 2025 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

铁皮石斛为兰科附生植物，该植物富含多种生物活性成分，包括生物碱、水溶性多糖及多种微量元素。铁皮石斛有较好的药用功效，尤其在延缓衰老[1]和提升免疫力[2]方面表现突出，在传统中医药中占据重要地位[3]。

铁皮石斛花每年 3~4 月开花，在规模化栽培条件下，铁皮石斛植株会产出大量花朵。已有研究表明，其花部器官含有丰富的活性物质，如 17 种必需氨基酸[4]，钾、钙、钠、镁等元素以及硒、钴、铜、锰、铁等微量矿物质元素[5]。此外，铁皮石斛花中还检测到多糖类、黄酮类、酚类[6]及多种挥发性有机物[7]等成分。相关动物实验证实，该植物花部提取物具有显著的抗氧化[8]和降压作用[9]，可有效延缓衰老大鼠的脑部功能退化，提升其空间认知能力[10]。同时，对甲亢型阴虚小鼠模型的研究显示，其能改善“颧红、心悸”等阴虚表征，并缓解甲状腺功能亢进引发的肝损伤[11]。这些发现表明铁皮石斛花具有广阔的开发前景。铁皮石斛花多糖在体外实验中显示较强的清除 DPPH、ABTS 自由基的能力，以及还原力(FRAP 法)，可能与其酚类物质共存有关[12]。动物实验显示铁皮石斛花多糖可能可以通过调节能量代谢(如降低血乳酸、增加肝糖原)延缓疲劳[13]。基于此，本研究着重探讨其多糖成分的提取工艺优化，旨在为相关产业化生产提供科学依据。

2. 材料与方法

2.1. 仪器与试剂

浓硫酸，葡萄糖，无水乙醇，苯酚为分析纯；铁皮石斛鲜花，采自浙江金华。

电子天平，中草药粉碎机，紫外分光光度计，冻干机，旋转蒸发仪，超声波清洗器。

2.2. 铁皮石斛花多糖提取及测定方法

2.2.1. 铁皮石斛花多糖的提取

将采摘的铁皮石斛花剪碎，通过真空冷冻干燥技术冻干处理 8 h 后粉碎，制得干燥粉末，并储存于-20℃环境中待用。精确称取 1.00 g 干燥粉末置于烧杯内，依据实验设计的料液比例添加适量超纯水。将混合液置于超声设备中，在设定功率下进行提取，持续特定时间。提取完成后，以 5000 rpm/min 的转速离心 20 分钟，收集上清液获得多糖溶液。旋转蒸发浓缩，加入无水乙醇，醇沉处理过夜。最后以 7000 r/min 的转速离心 20 分钟，去除上清液，将沉淀物冷冻干燥，制得铁皮石斛花多糖样品。

2.2.2. 铁皮石斛花多糖测定

葡萄糖标准曲线的制备方法如下：取葡萄糖标准液 1 mL (浓度为 0.1~1 mg/ mL)，在标准液中加入 5% 苯酚 0.5 mL 液及 2.5 mL 的浓硫酸，充分混合后静置 5 分钟。反应结束后，待样品自然降温至室温。于 490 nm 测定光密度值[14]，绘制标准曲线。

准确称取 20 mg 铁皮石斛花多糖样品，参照标曲的测定方法进行吸光值的测定。根据标准葡萄糖曲线方程计算样品浓度。

2.3. 单因素实验

以 1.00 g 铁皮石斛花干粉为原料，在固定参数(料液比 1:30、超声功率 200 W、处理时间 60 min)的条件下，分别探究料液比(1:10~1:50)、超声功率(100~300 W)和处理时间(30~90 min)三个因素对多糖提取效果的影响。

2.4. 响应面试验法

采用响应面的中心组合设计[15]，见表 1。并对铁皮石斛花多糖的提取工艺进行优化。

Table 1. Box-Behnken center combination test factors and horizontal design

表 1. 响应面中心组合试验因素与水平设计

水平 Level	因素 Factor		
	料液比 Solid-liquid ratio	超声功率 Ultrasonic power W	时间 Ultrasonic time min
-1	1:20	200	45
0	1:30	250	60
1	1:40	300	75

2.5. 结果分析

使用 Design-expert 软件和 SPSS 软件进行分析。

3. 结果与分析

3.1. 单因素试验

3.1.1. 料液比对铁皮石斛花多糖得率的影响

从图 1 中可以观察到，当超声功率和时间保持不变时，多糖提取率在料液比 1:10 到 1:30 之间时逐步上升，并在 1:30 时达到其峰值。当流体比继续增加时，获得速率通常是稳定的。这种情况可能与混合液中底物浓度的减少有关，过多的溶剂稀释效果降低，导致酶和底物之间有效碰撞的机会减少，从而影响铁皮石斛花多糖提取得率[16]。

3.1.2. 超声功率对铁皮石斛花多糖得率的影响

由图 2 可知：在固定料液比和处理时间的条件下，在超声功率 100 W 到 250 W 之间时，铁皮石斛花多糖提取率上升。功率的增强促进了溶剂与样品的充分接触，同时加速了分子扩散。超声功率大于 250 W 后，铁皮石斛花的提取率下降，这可能是由于过强的超声作用导致多糖分子链断裂或空间构象改变[17]，从而影响了提取效果。

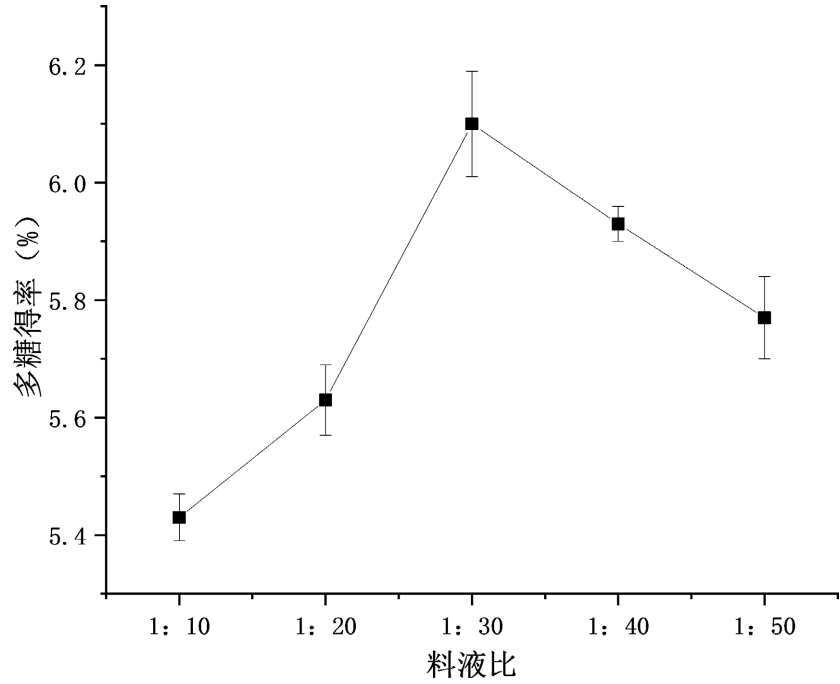


Figure 1. Effect of solid-liquid ratio on polysaccharide yield
图 1. 料液比对多糖得率的影响

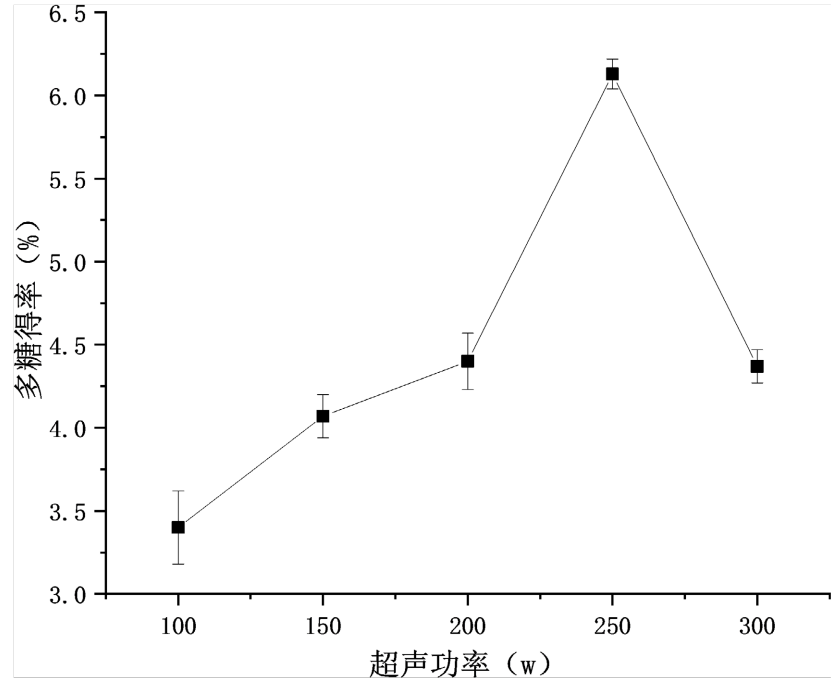


Figure 2. Effect of ultrasonic power on polysaccharide yield
图 2. 超声功率对多糖得率的影响

3.1.3. 超声时间对铁皮石斛花多糖得率的影响

由图 3 可知：在料液比和超声功率恒定的条件下，多糖提取率随处理时间的延长呈现先增后减的趋势，在 60 分钟时达到峰值。随后提取率下降，这可能是由于长时间超声处理导致游离多糖发生氧化降解

所致[18]。

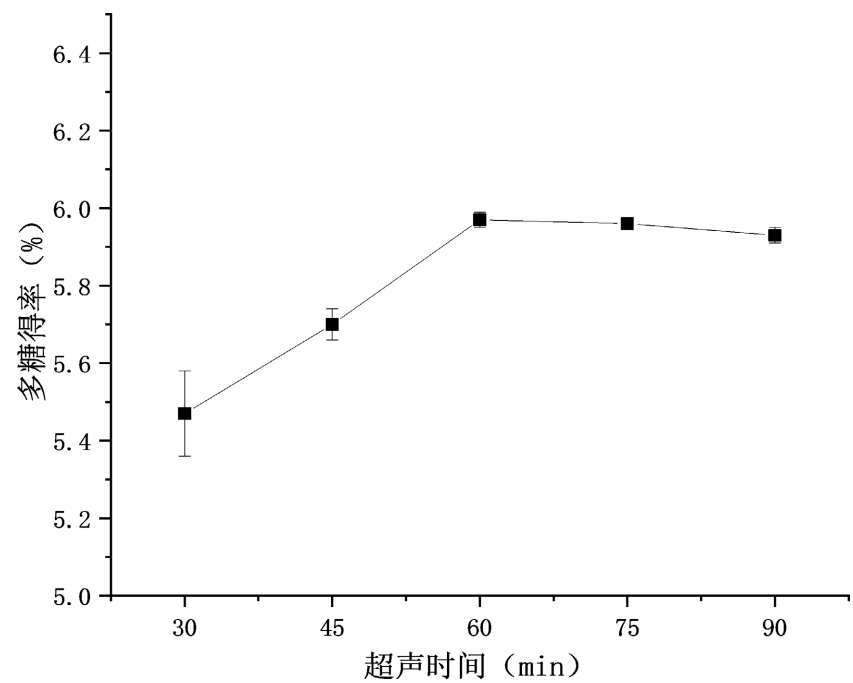


Figure 3. Effect of ultrasonic time on polysaccharide yield
图 3. 超声时间对多糖得率的影响

3.2. 响应面法优化铁皮石斛花多糖的提取工艺

响应面设计与结果如表 2 所示。

Table 2. Response surface design and results
表 2. 响应面设计及结果

试验号	料液比	超声功率	超声时间	多糖得率%
1	30	300	75	4.33
2	30	250	60	6.1
3	40	250	75	5.62
4	20	250	45	5.21
5	30	250	60	6.13
6	30	200	75	4.3
7	30	250	60	6.08
8	40	300	60	4.27
9	20	250	75	5.33
10	30	200	45	4.3
11	30	250	60	5.97
12	20	300	60	4.26
13	30	300	45	4.07

续表

14	40	250	45	5.63
15	40	200	60	5.27
16	20	200	60	4.2
17	30	250	60	6.1

软件拟合数学模型推算，得率公式为：

$$6.08 + 0.22A - 0.14B + 0.046C - 0.26AB - 0.032AC + 0.065BC - 0.19A^2 - 1.39B^2 - 0.44C^2。$$

模型方差分析见表 3，该模型的 P 值小于 0.01，显示出显著的差异，表明所构建的多项式模型效果良好。依据 F 值的分析，影响铁皮石斛花多糖提取的主要因素是料液比，其后是超声功率，最后则是超声时间。

Table 3. Analysis of model variance
表 3. 模型方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	10.45	9	1.16	78.34	0.0001	极显著
A-料液比	0.40	1	0.40	27.04	0.0013	极显著
B-功率	0.16	1	0.16	10.97	0.0129	显著
C-时间	0.017	1	0.017	1.16	0.3181	不显著
AB	0.28	1	0.28	18.96	0.0033	极显著
AC	4.225E-003	1	4.225E-003	0.29	0.6098	不显著
BC	0.017	1	0.017	1.14	0.3209	不显著
A ²	0.15	1	0.15	10.18	0.0153	显著
B ²	8.10	1	8.10	546.60	0.0001	极显著
C ²	0.81	1	0.81	54.84	0.0001	极显著
残差	0.10	7	0.015			
失拟项	0.088	3	0.029	7.69	0.0389	显著
纯误差	0.015	4	3.830E-003			
总离差	10.55	16				

由图 4~6 可知在固定提取功率的条件下，随着料液比的增加，铁皮石斛花多糖的提取率先升后降。这可能是由于过低的料液比限制了多糖的充分溶出，而过高的料液比则降低了反应体系中底物与酶的浓度，减少了有效碰撞频率。同时，提取效率也随处理时间的延长表现出类似的趋势，这归因于长时间处理可能导致多糖的氧化降解。此外，当处理时间恒定时，提取效率随功率的增加先提高后降低，这可能是由于适度功率增强了溶剂与样品的相互作用并加速了分子扩散，但过高功率则会造成多糖分子的结构损伤。

对响应面数据进行优化，得到最佳工艺为：料液比 1:36.70，功率 244.23 W，时间 60.29 min 理论得率可达到 6.16%。

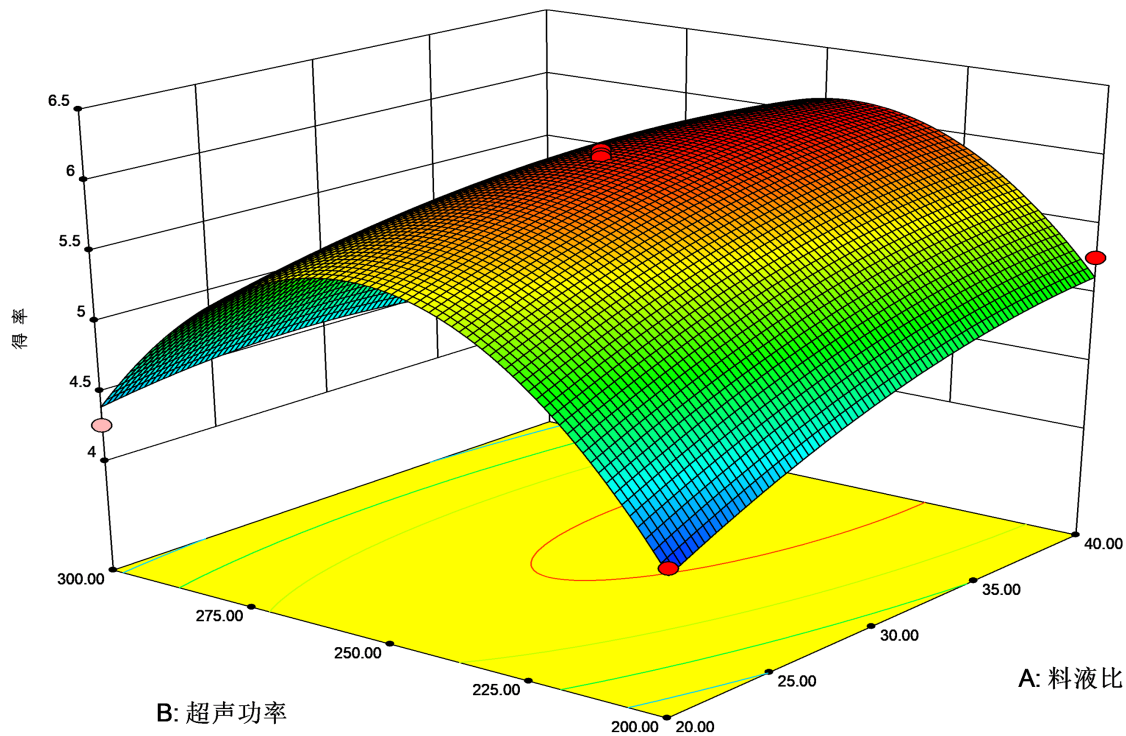


Figure 4. Effects of ultrasonic power and solid-liquid ratio on the yield of polysaccharides from *Dendrobium officinale* flowers
图 4. 超声功率和料液比对铁皮石斛花多糖得率的影响

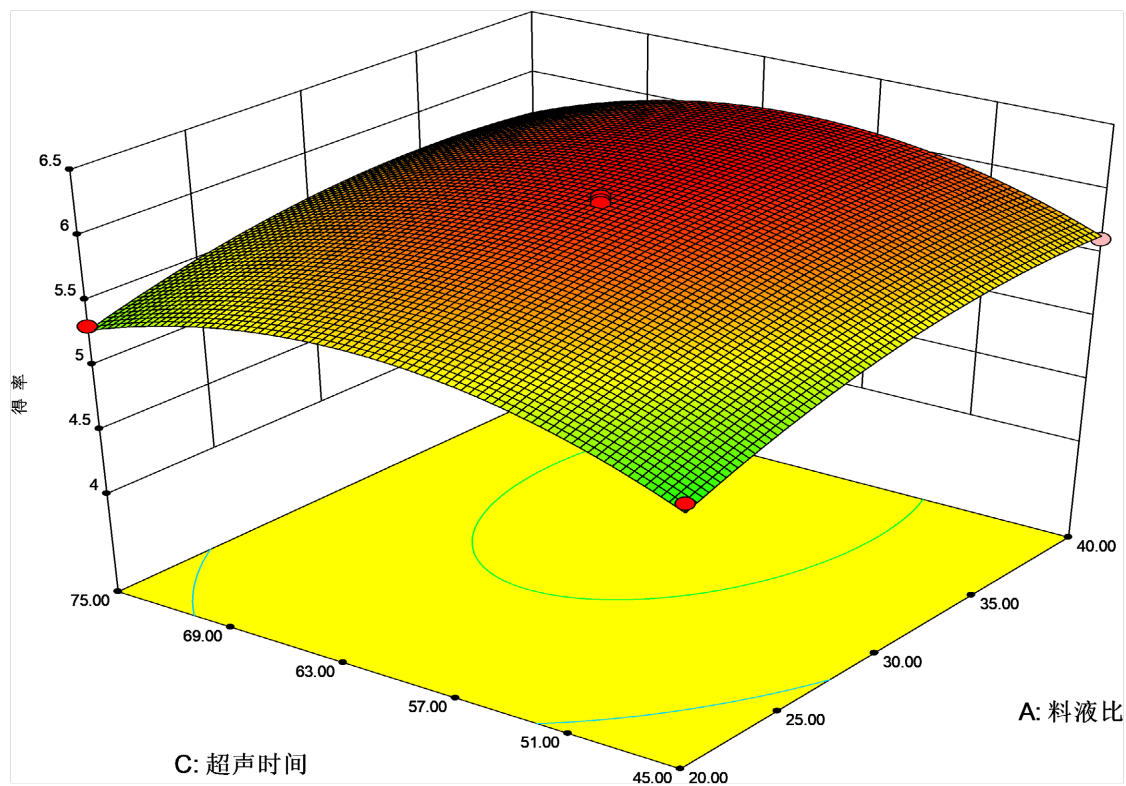


Figure 5. Effects of ultrasonic time and solid-liquid ratio on polysaccharide yield of *Dendrobium officinale* flowers
图 5. 超声时间和料液比对铁皮石斛花多糖得率的影响

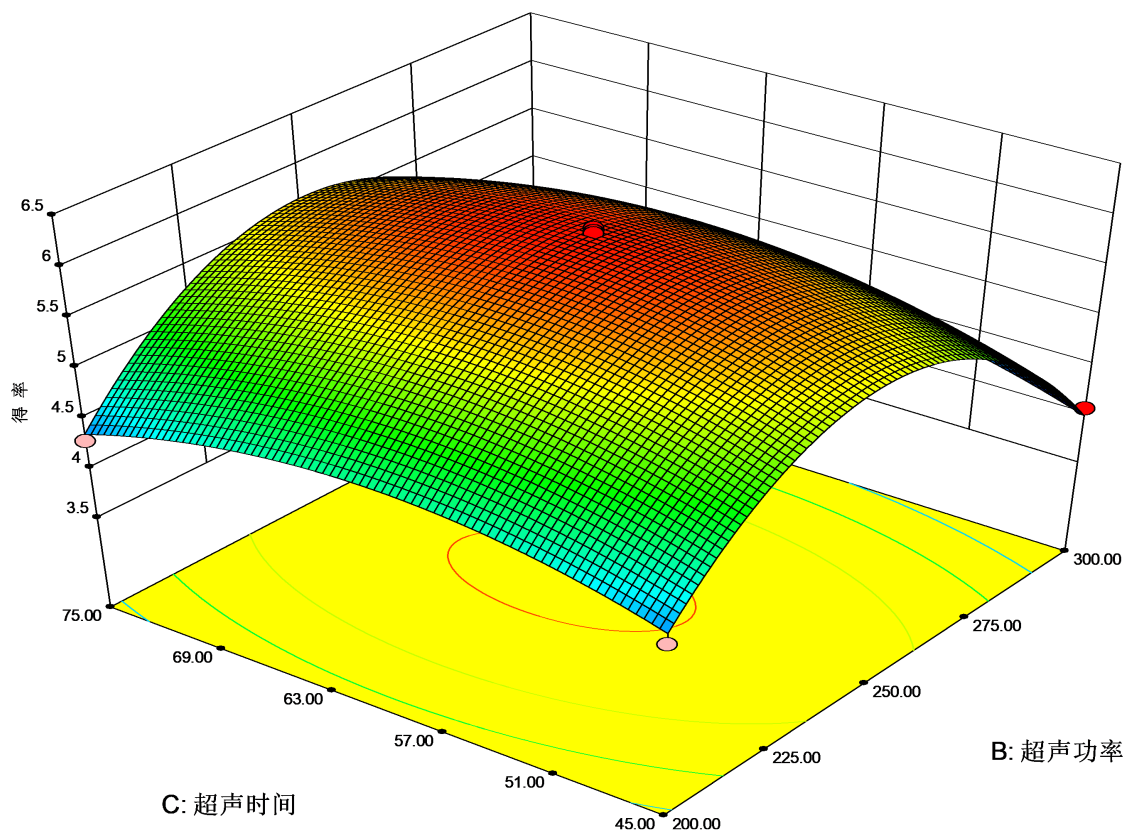


Figure 6. Effects of ultrasonic time and ultrasonic power on the yield of polysaccharides from *Dendrobium officinale* flowers
图 6. 超声时间和超声功率对铁皮石斛花多糖得率的影响

3.3. 验证实验

为验证响应面法优化结果的可靠性, 在最优提取条件下进行三次重复实验, 测得多糖平均提取率为 6.15%。

4. 结论

本研究在铁皮石斛花的多糖得率方面, 考察了料液比、提取时间和功率三个因素。通过实验确定了最佳提取条件: 料液比 1:36.70, 功率 244.23 W, 时间 60.29 min。在此条件下, 多糖提取率可达 6.15%。实验结果拓宽了铁皮石斛花的利用, 并且为铁皮石斛花多糖的工业化提取提供了理论依据。

基金项目

金华市科技计划重点项目 2022-1-027。

参考文献

- [1] He, X., Wang, N., Teng, X., Wang, N., Xie, Z., Dong, Y., *et al.* (2024) *Dendrobium officinale* Flowers' Topical Extracts Improve Skin Oxidative Stress and Aging. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **23**, 1891-1904.
<https://doi.org/10.1111/jocd.16210>
- [2] Sun, S., Deng, P., Peng, C., Ji, H., Mao, L. and Peng, L. (2022) Extraction, Structure and Immunoregulatory Activity of Low Molecular Weight Polysaccharide from *Dendrobium officinale*. *Polymers*, **14**, Article 2899.
<https://doi.org/10.3390/polym14142899>
- [3] 胡秦佳宝, 朱亚雄. 铁皮石斛加工制品研究现状[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 159-164.

- [4] Zhou, J.Y., Sun, M.Y., Deng, J.L., *et al.* (2019) Effects of Species, Drying and Storage Methods on the Amino Acid Content of *Dendrobium officinale* Flowers. *Food Science and Technology*, **44**, 88-93.
- [5] 张珍林, 韩邦兴, 刘莉彬, 等. ICP-OES 测定铁皮石斛干花中多种元素[J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(1): 4-8.
- [6] Lv, S.H., Xu, M., Zhang, X.F., *et al.* (2016) Analysis of Polysaccharide, Leachate and Amino Acid Mass Fractions of *Dendrobium officinale* Flowers from Different Hybrid Family Lines. *Journal of Zhejiang A&F University*, **33**, 749-755.
- [7] 霍昕, 周建华, 杨迺嘉, 等. 铁皮石斛花挥发性成分研究[J]. 中华中医药杂志, 2008, 23(8): 735-737.
- [8] 曹雪原, 唐雅楠, 姜秀梅, 等. 铁皮石斛不同部位多糖含量及其抗氧化活性研究[J]. 食品与药品, 2018, 20(3): 227-230.
- [9] Liang, K.L., Fang, P., Shi, Q.Q., *et al.* (2018) Antihypertensive Effect and Mechanism of *Dendrobium officinale* Flowers on High Blood Pressure Rats Induced by High Glucose and High Fat Compound Alcohol. *China Journal of Chinese Materia Medica*, **43**, 147-153.
- [10] Li, L., Lei, S., Li, B., Zhou, F., Chen, Y., Su, J., *et al.* (2020) *Dendrobium Officinale* Flower Improves Learning and Reduces Memory Impairment by Mediating Antioxidant Effect and Balancing the Release of Neurotransmitters in Senescent Rats. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, **23**, 402-410.
<https://doi.org/10.2174/13862073233666200407080352>
- [11] 雷珊珊, 吕圭源, 金泽武, 等. 铁皮石斛花提取物对甲亢型阴虚小鼠的影响[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(9): 1793-1797.
- [12] Zhang, W., Liu, X., Sun, X., Han, R., Yu, N., Liang, J., *et al.* (2022) Comparison of the Antioxidant Activities and Polysaccharide Characterization of Fresh and Dry *Dendrobium officinale* Kimura Et Migo. *Molecules*, **27**, Article 6654.
<https://doi.org/10.3390/molecules27196654>
- [13] Wei, W., Li, Z., Zhu, T., Fung, H., Wong, T., Wen, X., *et al.* (2017) Anti-Fatigue Effects of the Unique Polysaccharide Marker of *Dendrobium officinale* on BALB/c Mice. *Molecules*, **22**, Article 155.
<https://doi.org/10.3390/molecules22010155>
- [14] 林彦, 段涵怡, 叶敬榕, 等. 微波辅助热水浸提黄芩茎叶多糖的工艺优化[J]. 饲料工业, 2024, 45(10): 106-112.
- [15] So, S.H., Lee, J.H., Kim, H.W., Rhee, H.I. and Lee, D.C. (2023) Anti-Inflammatory Effect of Pepper Extract with High Polyamine Levels; Inhibition of ERK/MAPK Pathway in Mice. *Food Science and Biotechnology*, **33**, 677-687.
<https://doi.org/10.1007/s10068-023-01333-x>
- [16] 于纯淼, 廖贤, 陈小倩, 等. 复合酶法提取诺丽多糖的工艺优化及其体外抗氧化活性[J]. 食品研究与开发, 2025, 46(3): 142-151.
- [17] 陈蕾, 郑甜甜, 朱贺宇, 等. 响应面法优化超声辅助提取姬菇多糖及其体外抗氧化性[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(1): 143-149.
- [18] 向丽. 复合酶提取桔梗多糖及其抗氧化活性研究[D]: [硕士学位论文]. 绵阳: 西南科技大学, 2021.