

# 西洋参花多糖的提取工艺优化及其含量测定



徐清华<sup>#</sup>, 王国明<sup>#</sup>, 谢丽娟, 宋莹莹, 郭畅冰, 冯惠柳, 李健豪, 于晶, 徐芳菲

吉林人参研究院植物化学研究室(长春 130031)

**【摘要】目的** 探究西洋参花多糖最佳水提工艺, 并建立西洋参花多糖含量的检测方法。**方法** 利用水提法提取西洋参花多糖, 通过单因素试验优化西洋参花多糖提取温度, 正交试验以西洋参花多糖提取率为指标优化工艺参数。采用苯酚-硫酸法测定西洋参花多糖含量, 并进行方法学研究。**结果** 最佳提取工艺为 95 °C 提取 2.5 h, 提取 3 次, 料液比为 1:20 (倍数), 西洋参花多糖提取率为 7.01%, 人参花多糖提取率为 6.54%, 西洋参花多糖含量高于人参花。方法学试验显示, D-无水葡萄糖在 65~325 μg 范围内与吸光度呈现较好的线性关系, 平均加样回收率可达 99.07%。**结论** 该工艺有较高的提取效率, 检测方法稳定可行, 可为进一步分析西洋参花多糖组分及生理学评价提供试验依据。

**【关键词】** 西洋参花; 多糖; 正交试验; 工艺优化; 含量测定

**【中图分类号】** R 284.2 **【文献标识码】** A

## Optimization of extraction technology and content determination of American ginseng flower polysaccharides

XU Qinghua<sup>#</sup>, WANG Guoming<sup>#</sup>, XIE Lijuan, SONG Yingying, GUO Changbing, FENG Huiliu, LI Jianhao, YU Jing, XU Fangfei

Plant Chemistry Laboratory, Jilin Ginseng Research Institute, Changchun 130031, China

<sup>#</sup>Co-first authors: XU Qinghua and WANG Guoming

Corresponding author: XU Fangfei, Email: xufangfei905@sina.com

**【Abstract】Objective** To explore the optimal water extraction technology of polysaccharides from American ginseng flower and establish a method for the content determination of polysaccharides in American ginseng flower. **Methods** Water extraction method was used to extract polysaccharides from American ginseng flower, single factor experiment was used to optimize the extraction temperature. In the orthogonal experiment, the extraction rate of polysaccharides from American ginseng flower was used as the index to optimize the process parameters. The content of polysaccharides in American ginseng flower was determined by phenol-sulfuric acid method, and the methodology research was conducted. **Results** The optimum extraction conditions were as follows: at 95 °C, heating for 2.5 hours, extracted 3 times, the solid-liquid ratio was 1:20 (multiple). The extraction rate of polysaccharide from American ginseng flower was 7.01%, the extraction rate of ginseng flower polysaccharide was 6.54%. The

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202406096

<sup>#</sup> 共同第一作者

基金项目: 吉林省中医药科技项目(2023085); 吉林省部门预算科学研究项目(CZ2403002)

通信作者: 徐芳菲, 正高级工程师, Email: xufangfei905@sina.com

content of polysaccharides from American ginseng flower was higher than that from ginseng flower. The results of methodological trials showed that D-anhydrous glucose showed a good linear relationship with absorbance between 65  $\mu\text{g}$  and 325  $\mu\text{g}$ , and the average recovery was 99.07%. **Conclusion** The extraction efficiency of this process was high, the detection method was stable and feasible, and it could provide experimental basis for further analysis of polysaccharide components and physiological evaluation of American ginseng flower.

**【Keywords】** American ginseng flower; Polysaccharides; Orthogonal experiment; Process optimization; Content determination

西洋参花为五加科人参属多年生草本植物西洋参 (*Panax quinquefolius* L.) 的花蕾, 天然分布在美国东部到加拿大南部一带, 海拔 300~500 米的低矮山区<sup>[1]</sup>。西洋参花在每年 6~7 月吐花, 花序为伞形花序, 单朵花含 30~54 个花蕾, 花期 15~30 天, 参农一般在花蕾即将开放或部分花蕾刚开放时采收整个花序, 西洋参花性凉、微苦, 具有补气强身、延缓衰老等疗效<sup>[2-3]</sup>。

西洋参的传统药用部分在根部, 因此将西洋参参根部位提取的粗多糖称为西洋参多糖, 其含量为 6.25%~9.92%, 具有免疫调节、降血糖、抗肿瘤、抗病毒、抗衰老等药理活性<sup>[4-7]</sup>。经高效液相色谱测得西洋参粗多糖中有 10 种单糖, 含量较高的为半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖<sup>[8-10]</sup>。从地上部位的花蕾提取的粗多糖为西洋参花多糖, 其含量为 5.72%~11.12%, 目前被证实有较好的抗氧化活性和增强免疫调节能力的作用, 并随着多糖浓度的增加, 活性不断增强<sup>[11-12]</sup>。

目前报道的西洋参多糖提取方法有水煎煮、酸碱提取、酶提、超声辅助提取、超临界流体萃取、微波<sup>[13-19]</sup>等。西洋参花是非传统食药用部分, 故其地上部分往往不被重视, 因此对多糖成分的研究较少。刘雪莹等<sup>[11]</sup>采用水煎煮法提取西洋参花多糖, 但未对各提取条件对多糖含量的影响进行系统研究; 许宁<sup>[20]</sup>分别探讨了提取温度、时间、次数对西洋参花总多糖含量的影响, 缺少料液比对多糖含量影响的深入研究。本研究以西洋参干燥花蕾为原料, 通过单因素试验、正交试验法优化西洋参花总多糖的提取工艺<sup>[21-23]</sup>, 并利用苯酚-硫酸法测定其中总多糖的含量, 与人参花总多糖含量进行对比, 以期为西洋参花的综合利用和产品开发提供理论基础, 对西洋参产业多样化发展起到推动作用。

## 1 资料与方法

### 1.1 材料与试剂

人参花和西洋参花药材采集于吉林省通化地区, 经吉林人参研究院正高级工程师徐芳菲鉴定为五加科人参属植物人参 (*Panax ginseng* C. A. Mey) 和西洋参 (*Panax quinquefolius* L.) 的干燥花蕾。

D-无水葡萄糖 (GR, 批号 114k0034) 购于 Sigma-Aldrich, 苯酚 (AR, 批号 20230426) 购于国药集团化学试剂有限公司, 无水乙醇 (AR, 批号 1809261) 购于西陇科学股份有限公司, 浓硫酸 (GR, 批号 20230417) 购于国药集团化学试剂有限公司, 一级水 (实验室自制)。

### 1.2 仪器与设备

离心机 (湖南湘仪 TDZ5-WS)、真空干燥箱 (上海慧泰 DZF-6050)、循环水式多用真空泵 (巩义市予华仪器有限责任公司 SHZ-D III)、紫外可见分光光度计 (岛津企业管理有限公司 UV-2450)、超纯水机 (UK 威立雅水处理技术 ELGA-DI)、数显恒温水浴锅 (欧莱博有限公司 HH-S8)、电子天平 (赛多利斯 FA224)。

### 1.3 单因素试验

#### 1.3.1 对照品溶液的制备

精密称量 D-无水葡萄糖 1.000 0 g 于 100 mL 的容量瓶中, 加水定容至刻度, 摇匀, 即得质量浓度为 10 mg/mL 的对照品溶液, 用前稀释 50 倍为使用液。

#### 1.3.2 试样除杂

将西洋参花 45  $^{\circ}\text{C}$  低温烘干至恒重, 粉碎后经药典 4 号筛过筛, 密封保存备用。用电子天平称取 50 g 样品, 加入纯度 95% 乙醇溶液 500 mL, 水浴锅 85  $^{\circ}\text{C}$  加热浸提 4 h, 抽滤, 弃去滤液, 低温烘干滤渣即得西洋参花试样<sup>[2]</sup>。

### 1.3.3 水提温度对西洋参花多糖含量的影响考察

称取 2 g 西洋参花试样于具塞锥形瓶中，溶剂按照加水量 1 : 20 (倍数) 加水，静置 1 h，分别于不同温度 65 °C、75 °C、85 °C、95 °C 下水浴加热 2.5 h。提取完成后，冷却，过滤，加水定容至 200 mL ( $V_1$ )，待测。

### 1.3.4 样品测定

准确量取供试品溶液 5.0 mL ( $V_2$ ) 于 50 mL 离心管中，加入 20 mL 无水乙醇，4 °C 冷藏过夜，离心 5 min (转速: 4 000 r/min)，弃去上清液，滴入 80% 乙醇溶液 10 mL 洗涤离心管中沉淀，离心、洗涤，反复操作 3 次，沉淀挥干，加水复溶，定容至 25 mL ( $V_3$ )，精密量取该溶液 1.0 mL ( $V_4$ )，补加水至 2.0 mL，加入 5% 苯酚溶液 1.0 mL，混匀，加浓硫酸 10.0 mL，混匀，置沸水浴中加热 2 min，取出，冰浴 2 min，冷却至室温，用紫外分光光度计测定吸光度。

西洋参多糖含量计算公式：

$$X(\%) = \frac{m_1 \times V_1 \times V_3 \times 0.9 \times 100}{m_2 \times V_2 \times V_4 \times 1\,000 \times 1\,000}$$

式中  $m_1$  为待测液葡萄糖质量 (mg)， $m_2$  为供试品称样量 (mg)，0.9 为葡萄糖换算为多糖换算系数<sup>[12]</sup>。

## 1.4 正交试验优化西洋参花多糖提取工艺

### 1.4.1 正交试验设计

参考水提温度对多糖含量影响的试验结果，选择提取时间、提取次数、料液比三个因素，进行 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) 正交试验，正交试验设计的因素和水平见表 1。

### 1.4.2 验证性试验

为了验证正交试验结果的准确性，在正交最优工艺的基础上，根据方差分析表结果对显著性条件进一步优化，与正交工艺进行比较，经过综合对比确定最佳提取条件。

表 1 因素与水平表

Table 1. Table of factors and levels

水平	因素			
	A 提取时间 (h)	B 提取次数 (次)	C 料液比 (倍数)	D 空白
1	1.5	1	1 : 15	1
2	2.0	2	1 : 20	2
3	2.5	3	1 : 25	3

## 1.5 西洋参花多糖与人参花多糖含量的比较

根据正交试验所确定的最佳条件进行提取，计算西洋参花多糖与人参花多糖含量。

## 1.6 西洋参花多糖含量检测的方法学研究

### 1.6.1 线性关系考察

配置浓度为 10 mg/mL 的 D-无水葡萄糖标准溶液，用前稀释 50 倍为使用液。精密吸取葡萄糖标准使用液 0 μL、325 μL、650 μL、975 μL、1 300 μL、1 625 μL 置于 50 mL 试管中 (相当于质量为 0 μg、65 μg、130 μg、195 μg、260 μg、325 μg)，补加水至 2.0 mL，加入 5% 苯酚溶液 1.0 mL，混匀，加入浓硫酸 10.0 mL，混匀，置沸水浴中加热 2 min，冰浴 2 min，冷却至室温，于 485 nm 波长处以试剂空白为参比测定吸光度。以吸光度为纵坐标，葡萄糖质量 (mg) 为横坐标绘制标准曲线。

### 1.6.2 稳定性考察

按“1.4.2”项下的工艺提取西洋参花多糖试样，按照“1.3.4”对同一份样品进行处理，按“1.5.1”方法测定，分别在 0~12 h 测定吸光度值，并计算相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD)。

### 1.6.3 精密度考察

按“1.4.2”项下的工艺提取西洋参花多糖试样，按照“1.3.4”对样品进行处理，按葡萄糖标准曲线所述的含量测定方法，重复测定 6 次，记录吸光值，计算含量。

### 1.6.4 回收率考察

采用加样回收法，分别称取 6 份西洋参花试样 1.0 g 于具塞锥形瓶中，精密加入无水葡萄糖对照品适量，按“1.4.2”项下工艺提取样品溶液，按照上述方法分别测其吸光度，计算其回收率。

### 1.6.5 重复性考察

取同一批样品 6 份，按“1.4.2”项下工艺提取供试品溶液，按照“1.3.4”对样品处理，按葡萄糖标准曲线所述的含量测定方法，测定 6 次，记录吸光值，计算含量。

## 2 结果

### 2.1 单因素试验结果

如图 1 所示，当水提温度在 65~95 °C 范围内，多糖提取率随温度增加而增高，由于温度的增加，

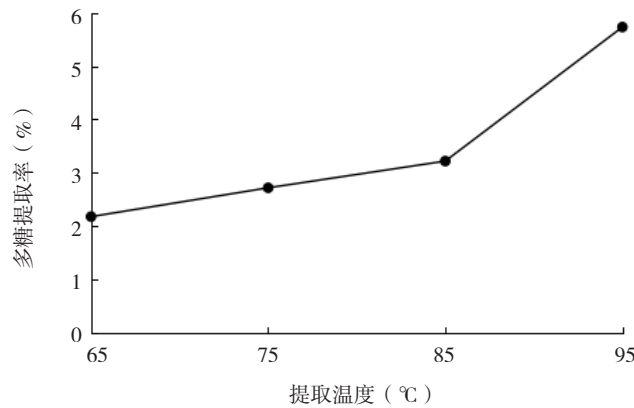


图1 水提温度对西洋参花多糖提取率的影响

Figure 1. Effect of water extraction temperature on the extraction rate of polysaccharide from American ginseng flower

溶剂的渗透性和溶解度将大大提高，其他物质的浸出也将加快，水提温度定为 95 °C。

## 2.2 西洋参花多糖正交试验结果

### 2.2.1 正交试验结果

结合试验方差结果与正交表分析，可得出三

个因素的影响大小分别为提取次数 > 提取时间 > 料液比。根据表 2 和表 3 结果，确定的最优提取工艺参数为 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>，即提取 2.5 h，提取 3 次，料液比为 1 : 20（倍数）。由表 3 可知，提取时间对多糖提取率具有显著影响。

表2 正交试验结果

Table 2. Results of orthogonal experiment

试验号	A	B	C	D	多糖提取率 (%)
	提取时间 (h)	提取次数 (次)	料液比 (g/mL)	空白	
1	1	1	1	1	2.93
2	1	2	2	2	3.51
3	1	3	3	3	4.58
4	2	1	2	3	3.33
5	2	2	3	1	3.65
6	2	3	1	2	4.87
7	3	1	3	2	5.37
8	3	2	1	3	6.95
9	3	3	2	1	7.01
均值1	3.67	3.88	4.91	4.53	
均值2	3.95	4.70	4.62	4.58	
均值3	6.44	5.49	4.53	4.95	
极差R	2.77	1.61	0.38	0.42	

注：均值1、均值2、均值3分别为各因素水平1、2、3所对应的试验指标平均值；极差R表示该因素在其取值范围内试验指标的变化幅度。

表3 方差分析数据

Table 3. Analysis of variance data

差异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
A提取时间	13.966	2	6.983	43.787	0.022
B提取次数	3.889	2	1.945	12.193	0.076
C料液比	0.244	2	0.122	0.765	0.567

续表3

差异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
D空白	0.319	2	0.159	-	-
误差	0.319	2	0.159	-	-

### 2.2.2 验证性试验

为了验证上述试验结论的准确性，根据方差分析表的结果对提取工艺进行了进一步优化，在加热温度为 95 ℃ 的条件下，增加提取次数和提取时间，与原工艺提取率对比。如表 4 所示，优化后工艺为提取时间为 3 h，提取次数为 4 次，料液比为 1:20 (倍数)，西洋参花多糖含量为 7.17%。正交试验工艺得到的西洋参花多糖含量为 7.03%，优化后工艺提取率与正交试验工艺相比提高不大，因此为了节省时间，降低成本，提高效率，西洋参花多糖的提取工艺采取正交试验工艺，提取时间为 2.5 h，提取次数为 3 次，料液比为 1:20 (倍数)，该工艺稳定可行，适于指导生产。

### 2.3 西洋参花与人参花多糖含量的比较

根据验证试验所确定的最佳条件进行提取，提取时间为 2.5 h，提取次数为 3 次，料液比为 1:20 (倍数)，结果见表 5，西洋参花多糖的平均提取率为 7.01%，人参花多糖的平均提取率为 6.54%。

### 2.4 西洋参花多糖含量检测的方法学验证结果

#### 2.4.1 线性关系

由图 2 知标准曲线的回归方程为  $y=3.6958x+0.0127$  ( $R^2=0.9963$ )

结果表明，D-无水葡萄糖在 65~325 μg 范围内与吸光度表现良好的线性关系。

表4 多糖含量对比

Table 4. Comparison of polysaccharide content

试验名称	工艺条件	多糖含量 (%)			
		试验1	试验2	试验3	均值
正交试验	2.5 h, 3次, 1:15 (g/mL)	7.03	7.05	7.01	7.03
优化试验	3 h, 3次, 1:15 (g/mL)	7.22	7.19	7.10	7.17

表5 西洋参花与人参花多糖含量比较

Table 5. Comparison of polysaccharide content of American ginseng flower and ginseng flower

项目	批号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
西洋参花多糖含量 (%)		7.08	6.81	7.12	7.05	7.19	6.95	7.01	7.14	6.75	6.97
人参花多糖含量 (%)		6.66	6.57	6.31	6.44	6.53	6.61	6.88	6.45	6.39	6.60

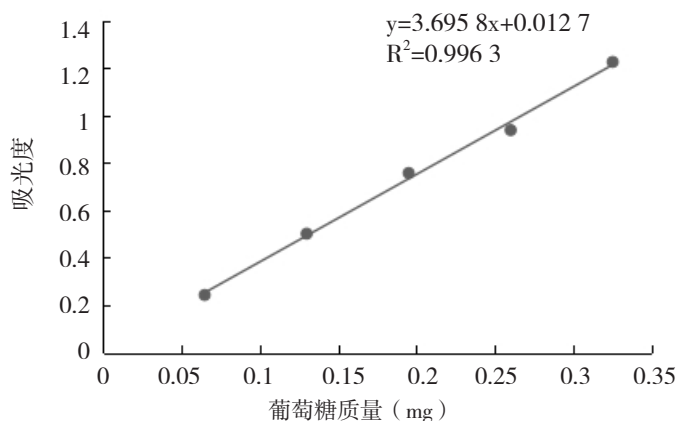


图2 葡萄糖标准曲线

Figure 2. Standard curve of glucose

### 2.4.2 稳定性

由表 6 可知, 不同时间段西洋参花多糖吸光度值在 12 h 之内差别很小, 基本稳定, 其平均值为 0.877 7, RSD 值为 1.80%。

表6 稳定性试验结果

Table 6. Results of stability test

时间 (h)	吸光度
0	0.857 5
2	0.863 2
4	0.867 6
6	0.877 6
8	0.885 3
10	0.893 2
12	0.899 7

### 2.4.3 精密度

仪器精密度试验数据见表 7, 样品平均含量为 7.02%, RSD 值为 0.07%, 表明紫外分光光度仪精密度良好。

表7 仪器精密度试验数据

Table 7. Experimental results of instrument precision

次数	含量 (%)
1	7.01
2	7.01
3	7.02
4	7.02
5	7.02
6	7.02

### 2.4.4 回收率

由表 8 可知, 样品待测物含量与加标量比例为 1:1 时, 平均回收率为 99.07%, RSD 值为 1.88%, 表明此方法加样回收率较好。

### 2.4.5 重复性

由表 9 可知, 同一批样品六次测定的平均含量为 7.05%, RSD 值为 1.23%, 说明该检测方法可操作性强, 重复性良好。

表8 加样回收率试验数据

Table 8. Experimental results of sample recovery

序号	称样量 (g)	测得量 (mg)	样品量 (mg)	加标量 (mg)	回收率 (%)	回收率平均值 (%)	回收率RSD (%)
1	1.001 9	135.981	70.433	70.0	96.83	99.07	1.88
2	1.002 3	138.860	70.461	70.0	98.86		
3	1.004 7	142.401	70.630	70.0	101.26		
4	1.005 8	136.655	70.708	70.0	97.12		
5	1.003 9	139.702	70.574	70.0	99.38		
6	1.006 5	142.122	70.757	70.0	100.97		

表9 重复性试验数据

Table 9. Results of repeated experiments

次数	含量 (%)
1	7.09
2	6.95
3	7.11
4	6.93
5	7.09
6	7.13

## 3 讨论

本研究利用单因素试验和正交试验法优化了提取温度、提取次数、提取时间、料液比四个因素对西洋参花多糖提取率的影响, 采用苯酚-硫酸法测定西洋参花中多糖含量并进行方法学试验验证。结果表明, 最佳提取工艺为 95 °C 提取 3 次, 每次 2.5 h, 料液比为 1:20 (倍数), 西洋参花多糖含量为 7.03%。

试验对比了西洋参花与人参花的总多糖含量, 西洋参花多糖的提取率为 7.01%, 人参花多

糖的提取率为 6.54%，结果表明西洋参花多糖含量高于人参花。目前西洋参花产量大却不被重视，造成了资源浪费，而且西洋参花与人参花有相同的药理活性<sup>[21]</sup>，多糖含量更高，具有研究和利用价值，这使其很可能成为多糖类产品开发的新来源，同时为进一步系统研究西洋参花多糖、人参花多糖的单糖组成及其对比分析提供基础数据。

西洋参传统以根入药，应用历史悠久，但其质地坚硬，食用方式有局限性，多为长时间煎煮、煲汤、蒸制等方式。西洋参花因质地轻薄，主要活性成分总多糖的水溶性好，水冲泡易于溶出，常冲泡做花茶饮，食用方便。研究发现，西洋参花多糖具有多种药理活性和广阔的市场预期，具有免疫调节、降血糖、抗肿瘤、抗病毒、抗衰老等药理活性，可广泛应用于功能食品和药品原料<sup>[12]</sup>。水提法提取多糖类成分的局限性在于操作周期长、提取效率不高，但因其条件温和、不破坏多糖结构、不污染环境、仪器操作简单、应用广泛且成本低等优点，更适用于大规模生产<sup>[24-25]</sup>。

综上所述，本研究在探索西洋参花总多糖提取工艺的基础上，对总多糖含量的分析方法进行系统研究，可有效促进西洋参地上部分资源的综合利用，为西洋参花在功能食品、药品领域的产品多样化发展奠定理论基础。

## 参考文献

- 张竣杰, 申云蛟, 马丽颖, 等. 液质联用技术分析西洋参花化学成分及H9c2心肌细胞损伤保护作用[J]. 应用化学, 2023, 40(1): 126-133. [Zhang JJ, Shen YJ, Ma LY, et al. Study on extract composition of American ginseng flower in oxidative-induced H9c2 cardiomyocytes by LC-MS[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2023, 40(1): 126-133.] DOI: 10.19894/j.issn.1000-0518.220131.
- 许宁, 刘顺开, 王任晶, 等. HPLC法测定 20 批不同产地西洋参花中 8 种人参皂苷的含量[J]. 长春中医药大学学报, 2020, 36(2): 257-260. [Xu N, Liu SK, Wang RJ, et al. Determination of 8 kinds of ginsenosides in the flower of American ginseng by HPLC[J]. Journal of Changchun University of Chinese Medicine, 2020, 36(2): 257-260.] DOI: 10.13463/j.cnki.czzy.2020.02.017.
- 张竣杰. 西洋参花化学组分及心肌细胞损伤保护作用研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2023. [Zhang JJ. Study on active composition of American ginseng flower and protective effect of cardiomyocytes injury[D]. Changchun: Changchun University of Chinese Medicine, 2023.] DOI: 10.26980/d.cnki.gcczc.2023.000312.
- 于晓红. 西洋参多糖结构表征及免疫活性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2016. [Yu XH. Structural characterization and immunostimulatory activities of American Ginseng Polysaccharide[D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2016.] <https://www.cqvip.com/doc/degree/2417320397>
- 段晓颖, 潘培培, 翟海容, 等. 西洋参多糖提取与纯化工艺优化[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2018, 39(1): 87-92. [Duan XY, Pan PP, Zhai HR, et al. Optimization of extraction and purification of polysaccharide from Panax quinquefolium L.[J]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medicine Edition), 2018, 39(1): 87-92.] DOI: 10.11778/j.jdx.2018.01.014.
- 吴宪玲. 西洋参多糖提取纯化及其胶囊制备[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2016. [Wu XL. Extraction and purification of Polysaccharides from Panax ginseng and preparation of capsules[D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2016.] <https://www.cqvip.com/doc/degree/2417705621>
- 于晓娜. 西洋参多糖的提取分离及活性研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2014. [Yu XN. Extraction, isolation and biological activity of polysaccharides from American ginseng[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2014.] DOI: 10.7666/d.D777247.
- 王国明, 徐清华, 徐芳菲, 等. 快速溶剂萃取仪提取人参多糖的工艺研究[J]. 人参研究, 2019, 31(6): 2-6. [Wang GM, Xu QH, Xu FF, et al. Study on extraction technology of ginseng polysaccharide by fully automatic rapid solvent extraction[J]. Ginseng Research, 2019, 31(6): 2-6.] DOI: 10.19403/j.cnki.1671-1521.2019.06.001.
- 曾俊. 西洋参多糖的提取分离、结构表征及抗氧化活性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021. [Zeng J. Extraction, isolation, structure characterization and antioxidant activity of polysaccharides derived from Panax quinquefolium[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2021.] DOI: 10.27061/d.cnki.ghgdu.2021.004241.
- 冯振华. 西洋参多糖乳液的制备、表征及其应

- 用研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2024. [Feng ZH. Preparation, characterization and application of panax quinquefolius polysaccharide emulsion[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2024.] DOI: [10.27278/d.cnki.gsdqc.2024.000723](https://doi.org/10.27278/d.cnki.gsdqc.2024.000723).
- 11 刘雪莹, 赵雨, 刘莉, 等. 西洋参花多糖的提取和体外免疫调节作用的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(1): 23–25. [Liu XY, Zhao Y, Liu L, et al. The extraction of polysaccharides from American ginseng flower and immunomodulation activities in vitro[J]. The Food Industry, 2018, 39(1): 23–25.] <https://www.cqvip.com/doc/journal/939203725>
- 12 康忠禹, 赵大庆, 姚佳婧, 等. 西洋参花多糖闪式提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2024, 45(7): 184–190. [Kang ZY, Zhao DQ, Yao JJ, et al. Optimization of flash extraction process and antioxidant activity of American ginseng flower polysaccharides[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(7): 184–190.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2023050278](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023050278).
- 13 任焯, 李厚聪, 刘永恒, 等. 加拿大原产地西洋参多糖提取工艺优化研究[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2011, 37(6): 940–945. [Ren Y, Li HC, Liu YH, et al. The optimization of water extraction technology of polysaccharide from Panax quinquefolium L. collected from original place in Ontario of Canada by single factor and orthogonal designed method[J]. Journal of Southwest University for Nationalities (Natural Science Edition), 2011, 37(6): 940–945.] DOI: [10.3969/j.issn.1003-2483.2011.11.18](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-2483.2011.11.18).
- 14 于晓娜, 崔波, 任贵兴. 西洋参多糖的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 301–305. [Yu XN, Cui B, Ren GX, et al. Progress in research on polysaccharides from American ginseng[J]. Food Science, 2014, 35(9): 301–305.] DOI: [10.7506/spkx1002-6630-201409059](https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201409059).
- 15 吴宪玲, 于晓红, 刘涛, 等. 响应面法优化西洋参多糖的酶解辅助提取工艺[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 118–122. [Wu XL, Yu XH, Liu T, et al. Optimization of enzymatic extraction of polysaccharides from Panax quinquefolium by response surface methodology[J]. The Food Industry, 2016, 37(1): 118–122.] <https://www.cqvip.com/doc/journal/921450055>
- 16 刘汶鹏, 王玉娟, 裴蕾, 等. 超声波辅助提取西洋参多糖及功能饮料的制备[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 55–59. [Liu WP, Wang YJ, Pei L, et al. Extracting American ginseng polysaccharides by ultrasonic and preparation of polysaccharide functional drinks[J]. Food Research and Development, 2017, 38(13): 55–59.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-6521.2017.13.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6521.2017.13.012).
- 17 刘婷, 金瑞. 超声波法提取西洋参多糖的工艺研究[J]. 西北林学院报, 2014, 29(3): 174–177. [Liu T, Jin R. Technology of ultrasonic wave assisted extraction of polysaccharides from Panax quinque folium[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(3): 174–177.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-7461.2014.03.35](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7461.2014.03.35).
- 18 黄潇. 西洋参功能成分提取与保健饮料的研制[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015. [Huang X. The extract of Jujube dietary fiber and the development of edible pallet[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2015.] <https://www.cqvip.com/doc/degree/1868561795>
- 19 贾琦琦. 西洋参多糖提取、性质及口服液制备[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021. [Jia Q Q. Extraction, properties and oral liquid preparation of American ginseng polysaccharide[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2021.] DOI: [10.27277/d.cnki.gsdnu.2021.000697](https://doi.org/10.27277/d.cnki.gsdnu.2021.000697).
- 20 许宁. 西洋参花主要化学成分的研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2020. [Xu N. Study on the primary chemical constituents of the flower buds of Panax quinquefolium L.[D]. Changchun: Changchun University of Traditional Chinese Medicine, 2020.] DOI: [10.26980/d.cnki.gcczc.2020.000163](https://doi.org/10.26980/d.cnki.gcczc.2020.000163).
- 21 孙梦晓. 西洋参花中皂苷精准鉴定策略与多指标含量测定研究[D]. 天津: 天津中医药大学, 2022. [Sun MX. Accurate identification strategy and multi-index content determination of saponins in Panax quinquefolius flower[D]. Tianjin: Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, 2022.] DOI: [10.27368/d.cnki.gtzyy.2022.000552](https://doi.org/10.27368/d.cnki.gtzyy.2022.000552).
- 22 周思思, 王榆元, 刘丹, 等. 超声波辅助提取人参花多糖工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品科学, 2015, 36(6): 76–81. [Zhou SS, Wang YY, Liu D, et al. Ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from ginseng flower and their antioxidant activity in vitro[J]. Food Science, 2015, 36(6): 76–81.] DOI: [10.7506/spkx1002-6630-201506014](https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201506014).
- 23 崔红新, 杨帅朋, 张泞杰, 等. 基于粗糙集理论的正



- 交设计提取工艺因素方法的研究[J]. 数理医药学杂志, 2023, 36(12): 881–887. [Cui HX, Yang SP, Zhang NJ, et al. Study on extracting process factor method by orthogonal design based on rough set theory[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2023, 36(12): 881–887.] DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202310040](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202310040).
- 24 贾琦琦, 石韶琦, 李宁阳, 等. 西洋参多糖的研究进展[J]. 中国果菜, 2020, 40(10): 26–31. [Jia QQ, Shi SQ, Li NY, et al. Research progress on polysaccharide from American ginseng[J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(10): 26–31.] DOI: [10.19590/j.cnki.1008-1038.2020.10.005](https://doi.org/10.19590/j.cnki.1008-1038.2020.10.005).
- 25 郑艳. 西洋参多糖的分离纯化及结构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2015. [Zheng Y. Purification and structure analysis of the polysaccharides purification and structure analysis of the polysaccharides from Panax quinquefolius[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2015.] <https://www.cqvip.com/doc/degree/1868232799>

收稿日期: 2024 年 06 月 17 日 修回日期: 2024 年 10 月 28 日  
本文编辑: 张 苗 黄 笛

引用本文: 徐清华, 王国明, 谢丽娟, 等. 西洋参花多糖的提取工艺优化及其含量测定[J]. 数理医药学杂志, 2024, 37(11): 806–814. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202406096](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202406096).  
Xu QH, Wang GM, Xie LJ, et al. Optimization of extraction technology and content determination of American ginseng flower polysaccharides[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2024, 37(11): 806–814. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202406096](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202406096).