

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241220002

引用格式: 黄洁, 彭修娟, 张静, 等. 黄精枸杞固体饮料的制备工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(11): 283–291.

HUANG J, PENG XJ, ZHANG J, *et al.* Research on the preparation process of *Polygonatum sibiricum-Lycium barbarum* solid beverage [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(11): 283–291. (in Chinese with English abstract).

## 黄精枸杞固体饮料的制备工艺研究

黄洁<sup>1,2</sup>, 彭修娟<sup>2\*</sup>, 张静<sup>2</sup>, 艾芸<sup>1,2</sup>, 陈德妙<sup>1,2</sup>

(1. 西安市食品药品检验所, 西安 710100; 2. 中药质量评价与控制陕西省高校工程研究中心, 咸阳 712046)

**摘要:** **目的** 以黄精、枸杞子为主要原料, 研制黄精枸杞固体饮料。**方法** 以多糖为指标, 采用超声法提取总多糖, 通过单因素及正交实验确定黄精、枸杞子原料的提取工艺, 将提取液浓缩后利用湿法制粒并干燥获得提取物, 以颗粒性状评分为指标, 通过单因素和正交实验研究主要原、辅料的不同添加量对提取物颗粒性状的影响。添加蔗糖粉、DL-苹果酸和 $\beta$ -环状糊精等辅料, 再以感官评分为指标, 利用单因素和正交实验确定黄精枸杞固体饮料调配的最佳配方, 最终得到最佳制备工艺。**结果** 最佳制备工艺条件为: 黄精和枸杞子(药材比例 4:1, *m:m*) 70 g, 加入 80 °C纯净水超声提取 30 min, 液料比 30:1 (*V:m*), 超声功率 250 W, 将提取液浓缩至每 1 mL 相当于原药材 1 g 的稠膏。取提取液稠膏 70 mL, 加入 95%乙醇 15 mL、麦芽糊精 250 g, 采用湿法制粒, 颗粒 60 °C干燥 4 h, 取提取物颗粒 20 g, 加入 DL-苹果酸 0.2%, 蔗糖粉 5 g (25%),  $\beta$ -环状糊精 0.06%, 混匀后分装成 25 g/袋(12 袋)。该制备工艺下进行验证实验, 多糖平均提取率为 10.633%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 0.235%; 颗粒评价平均得分为 87.200 分, RSD 为 0.344%; 感官评价平均得分为 86.133 分, RSD 为 0.408%。**结论** 整个制备工艺重复性高、稳定性好, 该工艺制备的固体饮料冲泡后颜色均匀、酸甜可口并且伴有黄精、枸杞子的清香, 是一款具有较高营养价值的功能性产品。

**关键词:** 黄精; 枸杞子; 多糖; 固体饮料; 制备工艺

### Research on the preparation process of *Polygonatum sibiricum-Lycium barbarum* solid beverage

HUANG Jie<sup>1,2</sup>, PENG Xiu-Juan<sup>2\*</sup>, ZHANG Jing<sup>2</sup>, AI Yun<sup>1,2</sup>, CHEN De-Miao<sup>1,2</sup>

(1. Xi'an Food and Drug Inspection Institute, Xi'an 710100, China; 2. Engineering Research Center of Quality Control and Evaluation of Traditional Chinese Medicine, Universities of Shaanxi Province, Xianyang 712046, China)

**ABSTRACT: Objective** To develop a solid beverage with *Polygonatum sibiricum-Lycium barbarum* as the main raw materials. **Methods** Using polysaccharides as the indicator, the total polysaccharides were extracted using the ultrasonic method. The extraction process of *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum* was determined through single-factor and orthogonal tests. The extract was concentrated, and the extract powder was obtained using wet granulation and drying. The appearance and quality of the granules were assessed as the evaluation indicator, and the

收稿日期: 2024-12-20

基金项目: 陕西省教育厅一般专项科学研究计划项目(24JK0331); 陕西国际商贸院校级科研项目(SMXY202465)

第一作者: 黄洁(1981—), 女, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为药物制剂与药品不良反应监测。E-mail: hj810726@126.com

\*通信作者: 彭修娟(1981—), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为中药质量控制与评价。E-mail: 610348434@qq.com

effects of different amounts of main raw materials and excipients on the granule characteristics were studied through single-factor and orthogonal tests. Excipients such as sucrose powder, *DL*-malic acid and  $\beta$ -cyclodextrin were added. Using sensory evaluation as the indicator, the optimal formulation for *Polygonatum sibiricum*-*Lycium barbarum* solid beverage was determined through single-factor and orthogonal tests, ultimately obtaining the optimal preparation process. **Results** The optimal extraction conditions were as follows: Took *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum* medicinal materials 70 g with the ratio of 4:1 (*m:m*), then added 80 °C purified water. With an extraction time of 30 minutes, a liquid-to-material ratio of 30:1 (*V:m*), and an ultrasonic power of 250 W. The extract was concentrated to a thick paste, each 1 mL of which was equivalent to 1 g of the crude drug. The 70 mL extract paste was taken, and 15 mL of 95% ethanol and 250 g of maltodextrin were added. The mixture was granulated using the wet granulation method, and the granules were dried at 60 °C for 4 hours, 20 g extract particles were taken. The final extract granules were mixed with 0.2% *DL*-malic acid, 5 g (25%) sucrose powder, and 0.06%  $\beta$ -cyclodextrin, then divided and packed into 12 bags, each containing 25 g. Under this preparation process, the validation test was conducted. The average extraction rate of polysaccharides was 10.633%, with a relative standard deviation (RSD) of 0.235%. The average score for granule evaluation was 87.200, with an RSD of 0.344%. The average score for sensory evaluation was 86.133, with an RSD of 0.408%. **Conclusion** The entire preparation process demonstrates high repeatability and excellent stability. The solid beverage prepared by this process, when brewed, exhibits a uniform color, a sweet and sour taste, and a refreshing aroma of *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*. It is a highly nutritious functional product.

**KEY WORDS:** *Polygonatum sibiricum*; *Lycium barbarum*; polysaccharides; solid beverage; preparation process

## 0 引言

黄精枸杞固体饮料是一种以黄精和枸杞子为主要原料开发的功能性食品。黄精和枸杞子作为传统中药材,于2012年被国家卫生健康委员会列入“既是食品又是药品”的中药名单<sup>[1-2]</sup>,兼具药用与食用价值,为开发功能性食品提供了重要理论基础。

黄精为百合科植物,其化学成分丰富,主要包括多糖、黄酮类、皂苷类、生物碱、萜醌类和木质素等<sup>[3-5]</sup>。其中,黄精多糖是其主要活性成分,具有抗氧化、抗衰老、免疫调节、抗肿瘤、抗骨质疏松及预防老年痴呆等多种生物活性<sup>[6-11]</sup>。目前,黄精已被广泛应用于保健饮料、压片糖果、酸奶等多种功能性产品中<sup>[12-13]</sup>,显示出广阔的市场前景。

枸杞子为茄科植物,富含多种药理活性成分,具有保护肝肾、抗衰老、抗疲劳、免疫调节及保护视力<sup>[14-19]</sup>等多种功效。其主要化学成分包括生物碱、多糖、黄酮、氨基酸和维生素<sup>[20-24]</sup>等,其中枸杞多糖是其核心活性成分,具有显著的抗氧化和增强免疫活性的作用<sup>[25-28]</sup>,同时对枸杞子的品质、口感及加工性能具有重要影响<sup>[29]</sup>。枸杞子在功能食品领域应用广泛,例如李金洋等<sup>[30]</sup>开发的枸杞决明子功能性酸奶便是一种典型的应用案例。

本研究基于“药食同源”理论,结合黄精和枸杞子在抗氧化、滋补肝肾等方面的协同功效,通过超声提取多糖、含量测定、干燥制粒及感官评价等综合技术,开发出一款

兼具中药清香与酸甜口感的功能性固体饮料。该产品不仅拓展了黄精和枸杞子的市场应用形式,提升了其经济价值,同时也为其规模化生产提供了技术参考,对推动中药功能性食品的产业化发展具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

黄精饮片(陕西步长制药有限公司略阳黄精基地);枸杞子饮片(西安贝斯特药材市场);*D*-葡萄糖标准品(批号100082-201803,纯度 $\geq 99\%$ ,中国食品药品检定研究院);95%乙醇、苯酚、浓硫酸(分析纯,北京北化精细化学品有限责任公司);麦芽糊精(食品级,东营市晨发商贸有限公司);蔗糖粉、*DL*-苹果酸、 $\beta$ -环状糊精(食品级,河南万邦实业有限公司);水为娃哈哈纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

TU-1900 双光束紫外分光光度计(北京普析通用仪器有限公司);LC-JY92-IIN 超声波细胞破碎仪(力辰仪器科技有限公司);KQ5200DE 高功率数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);SQP 电子分析天平(精度 0.01 g, 瑞安市乐祺贸易有限公司);DHG-9625A 电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 供试品溶液的制备

称取黄精碎块 7.5 g、枸杞子碎块 2.5 g 于锥形瓶中,加

入 10 倍 80 °C 的热水, 在 300 W 的频率下超声 30 min, 过滤, 取 1 mL 滤液稀释 250 倍, 备用。

### 1.3.2 对照品溶液的制备

精密称取无水葡萄糖标准品 10 mg, 加入适量的纯化水溶解, 移入 100 mL 的容量瓶中, 稀释至刻度后, 摇匀, 即得到质量浓度为 0.1 mg/mL 的葡萄糖对照品溶液。

### 1.3.3 最大吸收波长的选择

精密吸取对照品溶液和供试品溶液各 1.0 mL 于具塞试管中, 加入蒸馏水至 2.0 mL, 摇匀。加入 5% 苯酚试剂(现用现配)1 mL, 摇匀, 再加入浓硫酸 5 mL, 摇匀, 放置 10 min, 置 40 °C 水浴中保温 15 min, 取出, 迅速冷却至室温。取经苯酚-硫酸显色后的葡萄糖供试品溶液和经苯酚硫酸显色后无水葡萄糖对照品液<sup>[31]</sup>, 用紫外分光光度计在 400~700 nm 的区间进行扫描, 选择最佳吸收波长。结果显示在 492 nm 处呈最大吸收值, 最终选取 490 nm 最为合适。

### 1.3.4 标准曲线的绘制

精密吸取葡萄糖对照品溶液 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL, 分别置于 25 mL 具塞试管中, 加入纯化水至 2.0 mL, 摇匀。加入 5% 苯酚试剂(现用现配)1 mL, 摇匀, 再加入浓硫酸 5 mL, 摇匀, 放置 10 min, 置 40 °C 水浴中保温 15 min, 取出, 迅速冷却至室温<sup>[32]</sup>。以相应的空白溶液为参比, 在 1.3.3 项中测得的最佳波长 490 nm 处测定吸光度值。以吸光度值(Y)为纵坐标, 质量浓度(X, mg/mL)为横坐标, 借助 Excel 2010 软件绘制标准曲线, 得到标准曲线回归方程为:  $Y=39.76X-0.009$ , 相关系数  $r^2=0.9943$ 。

### 1.3.5 提取率的计算

将各组提取液稀释 250 倍后测定吸光度, 依据回归方程计算出各组供试品溶液中多糖的质量浓度 C (mg/mL), 根据公式(1)计算多糖的提取率。

$$\text{多糖提取率}/\% = \frac{C \times V \times D}{1000 m} \times 100\% \quad (1)$$

式中: C 为供试品溶液中多糖的质量浓度, mg/mL; V 为滤液体积, mL; D 为稀释倍数; m 为称取混合药材碎块的质量, g。

### 1.3.6 提取工艺的确定

每组实验取药材碎块共 10 g, 利用热水超声提取, 以黄精和枸杞子的比例、提取时间、液料比及超声功率为考察因素, 以多糖含量为指标, 采用单因素实验法结合  $L_9(3^4)$  正交实验进行工艺优化。实验因素水平见表 1。

### 1.3.7 提取液稠膏的制备

按药材比例 4:1 (m:m), 取黄精、枸杞子适量混合, 加入 30 倍水, 250 W 超声提取 30 min, 将提取液浓缩至每 1 mL 相当于原药材 1 g 的稠膏, 备用。

### 1.3.8 最佳制粒条件的确定

因多糖具有一定黏性, 且实验量较小, 采用喷雾干燥, 多糖容易糊化且挂壁, 损耗较大。因此, 本研究采用湿法制粒制备固体颗粒。以 95% 乙醇添加量、麦芽糊精添加量、提取液稠膏添加量为因素, 设计单因素实验, 每个因素选取 3 个水平, 按照  $L_9(3^3)$  进行正交实验, 因素水平表见表 2。

综合考虑颗粒性状以及溶解时间, 利用评分表进行判定, 确定最佳制粒条件。评分标准见表 3。

表 1 黄精枸杞多糖提取工艺优化实验因素水平表

Table 1 Table of factor levels for the optimization test on the extraction process of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

水平	因素			
	A(药材比例)(m:m)	B(提取时间)/min	C(液料比)(V:m)	D(超声功率)/W
1	3:1	20	20:1	250
2	4:1	30	25:1	300
3	5:1	40	30:1	350

表 2 黄精枸杞多糖颗粒制备条件因素水平表

Table 2 Table of factor levels for the preparation conditions of polysaccharides granules from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

水平	因素		
	E(95%乙醇添加量)/mL	F(麦芽糊精添加量)/g	G(提取液稠膏添加量)/mL
1	10	200	60
2	15	250	70
3	20	300	80

表 3 黄精枸杞多糖干燥颗粒性状评分标准

Table 3 Characteristic scoring criteria for dried granules of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

项目	评判标准
色泽 (30分)	淡黄色, 色泽一致纯正(21~30分)
	棕黄色或深棕色, 色泽一般(11~20分)
	暗褐色或黑色, 色泽较差(≤10分)
香气 (20分)	有本产品特有的清香味, 香气浓郁, 协调一致(16~20分)
	有本产品特有的清香味, 香气较淡, 协调一致(11~15分)
	产品特有的清香味不突出, 有其他刺激性气味(≤10分)
硬度 (20分)	硬度适中(16~20分)
	硬度较大或较小(11~15分)
	硬度非常大或非常小(≤10分)
溶解时间 (30分)	溶解较快, 没有沉淀(21~30分)
	溶解较慢, 少许沉淀(11~20分)
	溶解困难, 浑浊(≤10分)

### 1.3.9 最佳调配工艺的确定

随机挑选 10 名专业人员组成评定小组, 对黄精枸杞固体饮料进行感官评价<sup>[33]</sup>, 如表 4。以提取物颗粒、DL-苹果酸、蔗糖粉和  $\beta$ -环状糊精等辅料的添加量作为因素, 设计单因素实验, 以感官评分为指标, 对比不同添加量对产品口感的影响, 并在单因素实验结果的基础上进行  $L_9(3^4)$  正交实验, 确定黄精枸杞固体饮料的最佳调配工艺。因素水平表见表 5。

### 1.3.10 稳定性实验

称取 25 g 制作的黄精枸杞固体饮料样品, 倒入盛有 500 mL 纯净水的烧杯中, 搅拌均匀后, 倒入 100 mL 量筒

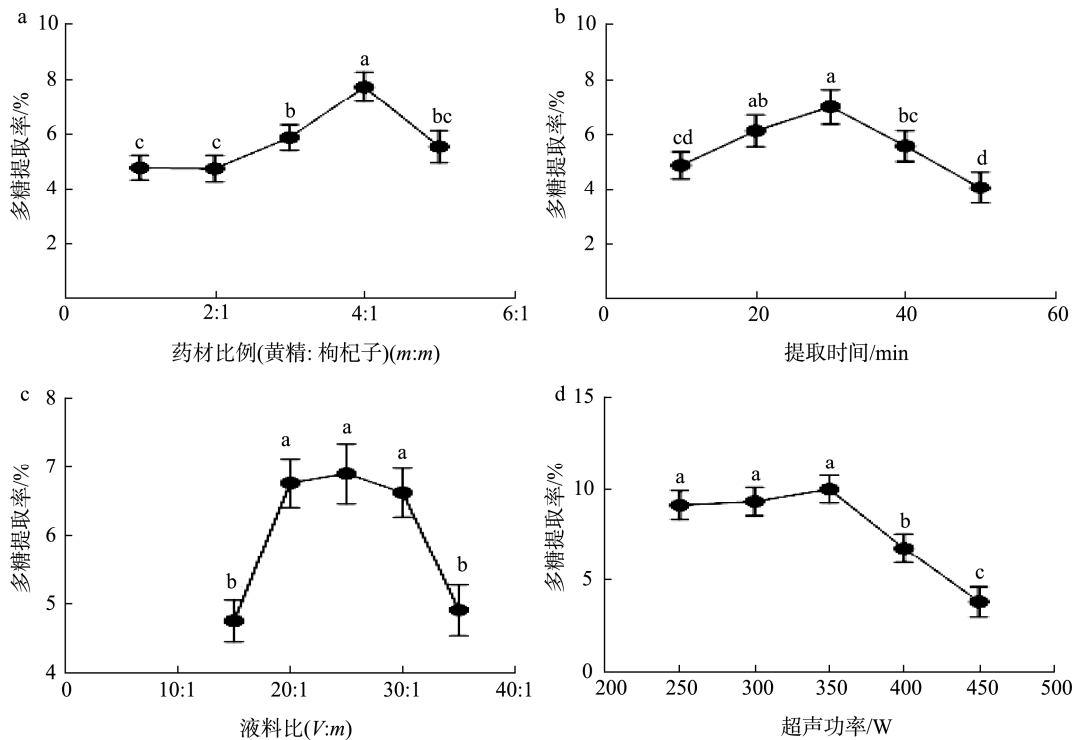
表 4 黄精枸杞多糖干燥颗粒感官评价标准

Table 4 Sensory evaluation criteria for dried granules of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

项目	评判标准
色泽 (20分)	淡黄色, 色泽一致纯正(16~20分)
	棕黄或深棕, 澄清晰度一般(11~15分)
	暗褐色或黑色, 色泽较差, 非常浑浊(≤10分)
香气 (20分)	有本产品特有的清香味, 香气浓郁, 协调一致(16~20分)
	有本产品特有的清香味, 香气较淡, 协调一致(11~15分)
	产品特有的清香味不突出, 有其他刺激性气味(≤10分)
滋味 (30分)	酸甜可口, 苦味基本没有, 易被接受(21~30分)
	酸甜较适中, 苦味感较小, 较易被接受(11~20分)
	酸甜味很淡或者很重, 苦味感明显, 不易被接受(≤10分)
组织状态 (30分)	澄清透亮, 没有沉淀(21~30分)
	较澄清, 少许沉淀(11~20分)
	浑、浊, 不澄清(≤10分)

中,加水至刻度线,静置沉降 20 min,读取量筒上清液的下刻度,记为  $A$ ,定义稳定系数  $F$ , $F$  值越大则表明黄精枸杞固体饮料的冲调稳定性越高,即黄精枸杞固体饮料的冲调稳定性与其沉淀速度呈反比, $F$  按公式(2)计算。

$$F/\% = \frac{(100 - A)}{100} \times 100\% \quad (2)$$



注:不同小写字母表示具有显著性差异( $P < 0.05$ ),图2、3同。

图 1 不同因素对多糖提取率的影响

Fig.1 Effects of different factors on the extraction rate of polysaccharides

表 5 调配工艺优化实验因素水平表

Table 5 Table of factor levels for the optimization test of the blending process

水平	因素			
	$H$ (提取物颗粒)/g	$I$ (DL-苹果酸)/%	$J$ (蔗糖粉)/g	$K$ ( $\beta$ -环状糊精)/%
1	15	0.15	0	0.04
2	20	0.20	5	0.06
3	25	0.25	10	0.08

## 1.4 数据处理

全部数据分析利用 Microsoft Office Excel 2010 进行,包括数据的录入、整理、统计学分析和图表的绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 提取工艺优化结果

#### 2.1.1 提取工艺的单因素实验结果

结合不同文献[34-35]对于提取率和提取温度的选择,可以看出提取温度大约在 70~80 °C 可有效提取多糖,当提取温度超过 80 °C,多糖发生损失,提取率反而下降,因此本研究的温度固定为 80 °C。本研究对药材比例(黄精:枸杞子)、提取时间、液料比及超声功率 4 个因素进行单因素实验考察,结果见图 1。

由图 1 可知最佳提取条件为: 药材比为 4:1 ( $m:m$ )、提取时间为 30 min、液料比为 25:1 ( $V:m$ )、超声功率为 350 W。

### 2.1.2 提取工艺的正交实验结果

根据表 1 中各因素水平数据, 结合  $L_9(3^4)$  的正交实验设计表进行实验, 正交结果见表 6, 方差分析见表 7。

表 6 黄精枸杞多糖提取  $L_9(3^4)$  正交实验结果

Table 6 Results of the  $L_9(3^4)$  orthogonal test on the extraction of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

实验号	因素				多糖提取率/%
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	7.50
2	1	2	2	2	7.06
3	1	3	3	3	5.68
4	2	1	2	3	5.52
5	2	2	3	1	10.64
6	2	3	1	2	4.88
7	3	1	3	2	7.47
8	3	2	1	3	5.30
9	3	3	2	1	6.73
$K_1$	20.240	20.490	17.680	24.870	
$K_2$	21.040	23.000	19.310	19.410	
$K_3$	19.500	17.290	23.790	16.500	
$k_1$	6.747	6.830	5.893	8.290	
$k_2$	7.013	7.667	6.437	6.470	
$k_3$	6.500	5.763	7.930	5.500	
R	0.513	1.904	2.037	2.790	
最优水平	$A_2$	$B_2$	$C_3$	$D_1$	
最优组合	$A_2B_2C_3D_1$				
主次因素	$D>C>B>A$				

表 7 黄精枸杞多糖提取正交实验方差分析表

Table 7 Analysis of variance table for the orthogonal test on the extraction of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
A(药材比例)( $m:m$ )	0.395	2	0.064	4.460	不显著
B(提取时间)/min	5.460	2	0.889	4.460	不显著
C(液料比)( $V:m$ )	6.673	2	1.087	4.460	不显著
D(超声功率)/W	12.037	2	1.960	4.460	不显著
误差	24.570	8			不显著

由表 6 分析可知, 以上 4 个因素对多糖提取率影响的主次顺序为: 超声功率(D)>液料比(C)>提取时间(B)>药材

比例(A), 其最佳提取方案为  $A_2B_2C_3D_1$ , 即黄精和枸杞子的药材比例为 4:1 ( $m:m$ ), 提取时间为 30 min, 液料比为 30:1 ( $V:m$ ), 超声功率为 250 W。对表 6 中的正交实验结果进行方差分析(表 7), 利用 F 值检验各因素对黄精枸杞多糖提取率的影响程度, 可得出在黄精枸杞多糖提取率方面, 4 个因素均无显著影响。

## 2.2 颗粒制备工艺优化结果

### 2.2.1 制粒条件的单因素实验结果

本研究对 95%乙醇添加量、麦芽糊精添加量及提取液稠膏添加量 3 个因素进行了单因素实验考察, 结果见图 2。

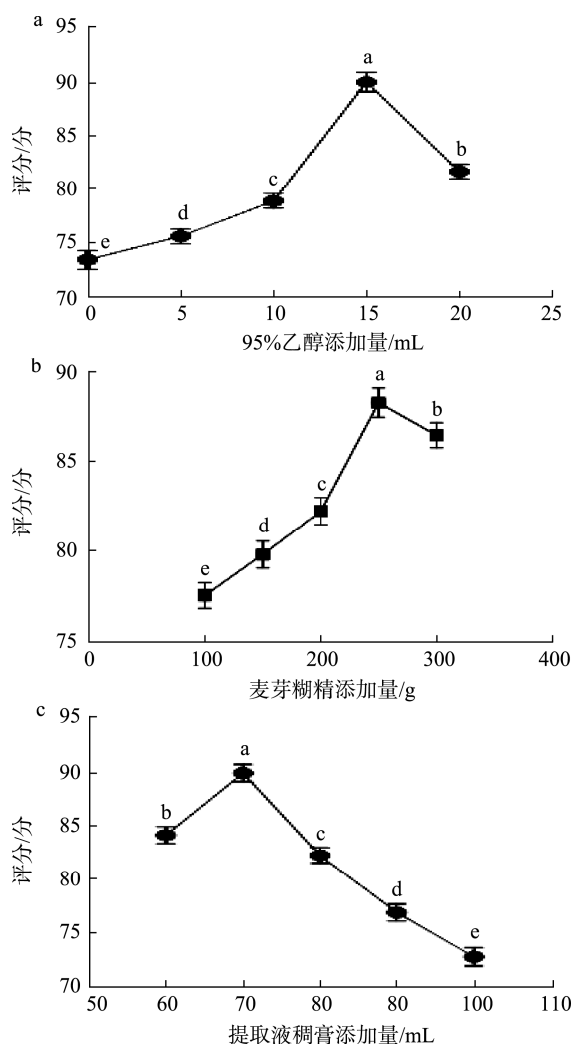


图 2 不同因素对制粒的影响

Fig.2 Effects of different factors on granulation

由图 2 可知, 最佳制粒条件为: 95%乙醇 15 mL、麦芽糊精添加量 250 g、提取液稠膏添加量 70 mL。

### 2.2.2 制粒条件的正交实验结果

根据表 2 中各因素水平数据, 结合  $L_9(3^3)$  的正交实验设计表进行实验, 结果见表 8, 方差分析见表 9。

表8 黄精枸杞多糖制粒  $L_9(3^3)$  正交实验结果Table 8 Results of the  $L_9(3^3)$  orthogonal test on the granulation of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

实验号	因素			评分/分
	E	F	G	
1	1	1	1	81.3
2	1	2	2	82.3
3	1	3	3	84.7
4	2	1	2	85.9
5	2	2	3	83.1
6	2	3	1	79.9
7	3	1	3	79.5
8	3	2	1	83.4
9	3	3	2	81.8
$K_1$	248.3	246.7	244.6	
$K_2$	248.9	248.8	250.0	
$K_3$	244.7	246.4	247.3	
$k_1$	82.767	82.233	81.533	
$k_2$	82.967	82.933	83.333	
$k_3$	81.567	82.133	82.433	
R	1.400	0.800	1.800	
最优因素	$E_2$	$F_2$	$G_2$	
最优组合	$E_2F_2G_2$			
主次因素	$G>E>F$			

表9 黄精枸杞多糖制粒正交实验方差分析表

Table 9 Analysis of variance table for the orthogonal test on the granulation of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* and *Lycium barbarum*

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
E(95%乙醇添加量)/mL	3.440	2	1.093	5.140	不显著
F(麦芽糊精添加量)/g	1.140	2	0.362	5.140	不显著
G(提取液稠膏添加量)/mL	4.860	2	1.544	5.140	不显著
误差	9.440	6			不显著

由表6分析可知,对于黄精枸杞多糖颗粒制备条件的影 响主次顺序为:提取液稠膏添加量( $G$ )>95%乙醇添加量( $E$ )>麦芽糊精添加量( $F$ ),其颗粒的最佳制备条件为  $E_2F_2G_2$ ,即加入95%乙醇15 mL,麦芽糊精250 g,提取液稠膏70 mL的条件下进行制粒。对表8中的正交实验结果进行方差分析(表9),利用  $F$  值检验各因素对颗粒制备的影响程度,可知对于黄精枸杞多糖颗粒的制备各因素均无显著影响。

### 2.3 固体饮料调配工艺优化结果

#### 2.3.1 调配工艺的单因素实验结果

本研究对提取物颗粒添加量、DL-苹果酸添加量、蔗糖粉添加量及 $\beta$ -环状糊精添加量4个因素进行了单因素实验考察,结果见图3。

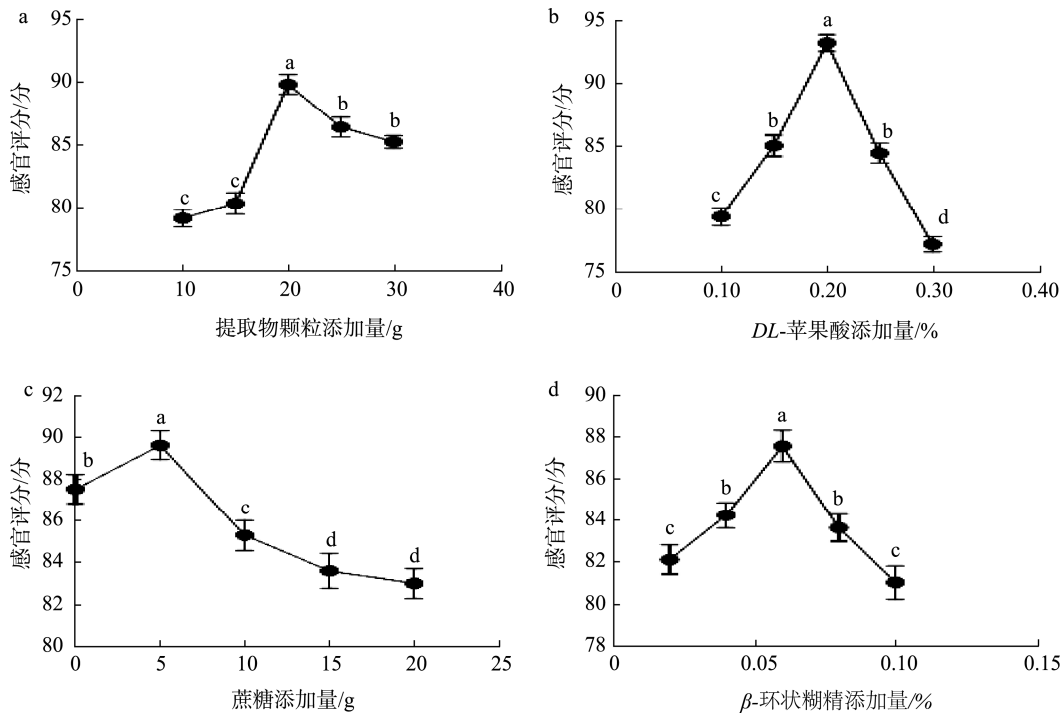


图3 不同因素对调配工艺的影响

Fig.3 Effects of different factors on the blending process

由图 3 可以看出, 最佳调配工艺为: 提取物颗粒添加量 20 g、DL-苹果酸添加量 0.20%、蔗糖粉添加量 5 g (25%)、β-环状糊精添加量 0.06%。

### 2.3.2 调配工艺的正交实验结果

根据表 5 中各因素水平数据, 结合  $L_9(3^4)$  的正交实验设计表进行实验, 正交结果见表 10, 方差分析见表 11。

表 10 调配工艺优化正交设计表  
Table 10 Orthogonal design table for the optimization of the blending process

实验号	因素				感官评分/分
	H	I	J	K	
1	1	1	1	1	78.1
2	1	2	2	2	81.6
3	1	3	3	3	76.4
4	2	1	2	3	84.8
5	2	2	3	1	84.4
6	2	3	1	2	79.9
7	3	1	3	2	81.3
8	3	2	1	3	79.9
9	3	3	2	1	79.7
$K_1$	236.1	244.2	237.9	242.2	
$K_2$	249.1	245.9	246.1	242.8	
$K_3$	240.9	236.0	242.1	241.1	
$k_1$	78.700	81.400	79.300	80.733	
$k_2$	83.033	81.967	82.033	80.933	
$k_3$	80.300	78.667	80.700	80.367	
R	4.333	3.300	2.733	0.566	
最优水平	$H_2$	$I_2$	$J_2$	$K_2$	
最优组合	$H_2I_2J_2K_2$				
主次因素	$H>I>J>K$				

表 11 调配工艺优化正交实验方差分析表  
Table 11 Analysis of variance table for the orthogonal test on the optimization of the blending process

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
H(提取物颗粒添加量)/g	28.809	2	1.947	4.460	不显著
I(DL-苹果酸添加量)/%	18.682	2	1.262	4.460	不显著
J(蔗糖粉添加量)/g	11.209	2	0.757	4.460	不显著
K(β-环状糊精添加量)/%	0.496	2	0.034	4.460	不显著
误差	59.200	8			不显著

对表 10 中的极差进行分析可知, 提取物颗粒、DL-苹果酸、蔗糖粉和 β-环状糊精的添加量 4 个因素对感官评分的影响大小为: 提取物颗粒添加量(H)>DL-苹果酸添加量(I)>蔗糖粉添加量(J)>β-环状糊精添加量(K), 最佳调配工艺为  $H_2I_2J_2K_2$ , 即提取物颗粒添加量 20 g、DL-苹果酸添加量 0.20%、蔗糖粉添加量 5 g (25%)、β-环状糊精添加量 0.06%, 并结合正交结果的方差分析表(表 11)得出, 在感官评分方面 4 个因素之间没有显著性影响。

### 2.4 黄精枸杞固体饮料制备工艺

综合上述提取工艺、制粒工艺、调配工艺的最佳工艺参数, 得出黄精枸杞固体饮料的最佳制备工艺如图 4。

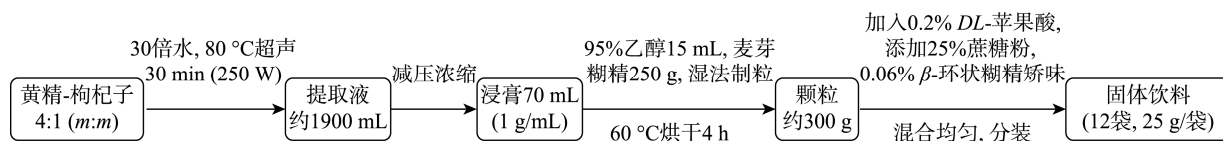


图 4 黄精枸杞固体饮料的制备工艺  
Fig.4 Preparation process of *Polygonatum sibiricum-Lycium barbarum* solid beverage

### 2.5 验证性实验

按照优化后的制备工艺(2.4项下方法), 进行 3 次平行实验, 结果见表 12。

表 12 验证实验数据及结果  
Table 12 Data and results of validation experiment

实验编号	多糖提取率/%	颗粒评分/分	感官评分/分
1	10.66	87.50	86.10
2	10.63	87.20	85.80
3	10.61	86.90	86.50
平均值	10.633	87.200	86.133
RSDs/%	0.235	0.344	0.408

注: 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。

RSD 是一种衡量实验结果稳定性和可靠性的指标, 其值越小, 说明实验结果的重复性和准确性越高。表 12 结果表明, 多糖提取率的 RSD 为 0.235%, 颗粒评分的 RSD 为 0.344%, 感官评分的 RSD 为 0.408%, 说明此制备方法重复性高、稳定性好。

## 3 结 论

黄精与枸杞子作为兼具药用与食用价值的天然药材, 在功能性食品领域具有广阔的开发前景。本研究采用两者为原料, 通过系统的提取、制粒与调配工艺研究, 结合单因素与正交实验优化, 成功开发出一款新型固体饮料。该产品不仅色泽亮丽、酸甜适口, 更兼具黄精与枸杞的独特

香气,具有较高的营养价值和市场潜力。基于中医推荐的黄精(9~15 g/d)和枸杞子(3~5 g/d)摄入量标准,结合产品规格(25 g/袋),建议成人每日食用量为 2 袋,每袋以 500 mL 水冲泡为佳。

固体饮料作为现代食品工业的重要品类,其易冲泡性、独特风味、便捷携带和长保质期等特点,在国际市场上已获得广泛认可。特别是美国、欧洲等发达经济体,固体饮料已成为大众消费的常规品类。相较而言,我国固体饮料产业起步较晚,但发展势头强劲。据《中国固体饮料行业产销需求与投资预测分析报告前瞻》统计显示,近年来国内固体饮料行业规模快速扩张,市场接受度持续攀升。在国家政策层面,2023 年国民经济和社会发展执行计划明确提出将实施中医药振兴发展重大工程,这为药食同源产品的研发提供了有力支持。基于中医药“药食同源”的核心理念,将传统中药材如黄精、枸杞子与现代化固体饮料生产技术有机结合,开发具有保健功能的创新型食品,已成为我国食品行业转型升级的重要战略方向。本研究正是这一思路的积极探索与有益实践,为传统中药材的现代化应用提供了新的技术路径和市场可能。

## 参考文献

- 罗婷, 罗丹, 甘露. 黄精多糖的现代药理作用研究进展[J]. 临床合理用药, 2023, 16(2): 177-180.  
LUO T, LUO D, GAN L. Research progress on the modern pharmacological effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide [J]. Chinese Journal of Clinical Rational Drug Use, 2023, 16(2): 177-180.
- 马诚, 辛宝, 钱文文, 等. 基于药食两用物质的食品研发创新与思考[J]. 西部中医药, 2021, 34(11): 105-107.  
MA C, XIN B, QIAN WW, et al. Innovation and thinking of food research and development based on dual-use substance for medicine and food [J]. Western Journal of Traditional Chinese Medicine, 2021, 34(11): 105-107.
- WANG J, LU CS, LIU DY, et al. Constituents from *Polygonatum sibiricum* and their inhibitions on the formation of advanced glycosylation end products [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2016, 18(7): 697-704.
- ZHAO P, ZHAO CC, LI X, et al. The genus *Polygonatum*: A review of ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2018, 214: 274-291.
- 文晓萍, 杨常碧. 黄精化学成分与药理研究概况[J]. 山东化工, 2023, 52: 126-128.  
WEN XP, YANG CB. General situation of chemical constituents and pharmacological research of *Polygonatum sibiricum* red [J]. Shandong Chemical Industry, 2023, 52: 126-128.
- 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020 版一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese pharmacopoeia (2020 edition one) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2020.
- ZHAO X, PATIL S, QIAN AR, et al. Bioactive compounds of *Polygonatum sibiricum*-therapeutic effect and biological activity [J]. Endocrine, Metabolic & Immune Disorders Drug Targets, 2022, 22(1): 26-37.
- ZHENG SY. Protective effect of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide on D-galactose-induced aging rats model [J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 2246.
- LI L, THAKUR K, CAO YY, et al. Anticancerous potential of polysaccharides sequentially extracted from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua in Human cervical cancer Hela cells [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 148: 843-850.
- GONG H, GAN XN, LI YZ, et al. Review on the genus *Polygonatum* polysaccharides: Extraction, purification, structural characteristics and bioactivities [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 229: 909-930.
- 王婷, 李乐讯, 邵长胜, 等. 黄精多糖对  $\beta$  淀粉样蛋白诱导细胞损伤的保护作用及机制研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(19): 155-164.  
WANG T, LI LX, SHAO CS, et al. Study of protective effect and mechanism of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides on  $\beta$  amyloid protein-induced injury in cells [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(19): 155-164.
- 王娣. 天然黄精葛笋保健饮料的研制[J]. 酿酒, 2006, 33(4): 90-92.  
WANG D. Study on processing natural beverage from rhizome polygoni and lettuce [J]. Liquor Making, 2006, 33(4): 90-92.
- 吕嘉彬, 马亚宁. 黄精酸奶的研制[J]. 中国酿造, 2006, 11: 78-79.  
LV JL, MA YN. Preparation of the *Polygonatum sibiricum* yoghurt [J]. China Brewing, 2006, 11: 78-79.
- WEI J, ZHANG L, LIU J, et al. Protective effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on ethanol-induced injury in human hepatocyte and its mechanism [J]. Journal of Food Biochemistry, 2020, 44(10): 134.
- 李菁菁, 罗琼, 闫俊, 等. 枸杞多糖对糖尿病肾病兔肾功能及 MCP-1/ICAM-1 mRNA 表达的影响[J]. 营养学报, 2015, 37(1): 32-36.  
LI JJ, LUO Q, YAN J, et al. Effect of *Lycium barbarum* polysaccharides on renal function and expression of MCP-1 mRNA and ICAM-1 mRNA in diabetic rabbits with nephropathy [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2015, 37(1): 32-36.
- 邹俊华, 梁红业, 闵凌峰, 等. 枸杞子的抗衰老功效及增强 DNA 修复能力的作用[J]. 中国临床康复, 2005(11): 132-133.  
ZOU JH, LIANG HY, MIN LF, et al. Effect of medlar against aging and its role in reinforcing the DNA reparative ability [J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2005(11): 132-133.
- 胡馨予, 赵冰, 孙晓琪, 等. 枸杞子多糖抗疲劳活性研究[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 197-200.  
HU XY, ZHAO B, SUN XQ, et al. Anti-fatigue action of *Lycium barbarum* polysaccharides in mice [J]. Food Science and Technology, 2015, 40(7): 197-200.
- 田阳, 龚桂萍, 路宇, 等. 枸杞子多糖不同组分的双向免疫调节机制研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(23): 356-366.  
TIAN Y, GONG GP, LU Y, et al. Research progress on the dual-directional immunoregulatory effect of different polysaccharide fractions from *Lycium barbarum* fruit [J]. Food Science, 2022, 43(23): 356-366.
- ZHU Y, ZHAO Q, GAO H, et al. *Lycium barbarum* polysaccharides attenuates N-methyl-N-nitrosourea-induced photoreceptor cell apoptosis

- in rats through regulation of poly(ADP-ribose)polymerase and caspase expression [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2016, 191: 125–134.
- [20] 谢忱, 徐丽珍, 李宪铭, 等. 枸杞子化学成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 2001(5): 35–36.
- XIE C, XU LZ, LI XM, *et al.* Studieds on chemical constituents in fruit of *Lycium barbarum* L. [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2001(5): 35–36.
- [21] 罗琼, 阎俊, 张声华. 枸杞多糖的分离纯化及其抗疲劳作用[J]. *卫生研究*, 2000(2): 53–55.
- LUO Q, YAN J, ZHANG SH. Isolation and purification of *Lycium barbarum* polysaccharides and its antifatigue effect [J]. *Journal of Hygiene Research*, 2000(2): 53–55.
- [22] YANG T, HU Y, YAN Y, *et al.* Characterization and evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activities of flavonoids from the fruits of *Lycium barbarum* [J]. *Foods*, 2022, 11(3): 306.
- [23] 李梦杰, 崔波, 张政, 等. 不同产地枸杞子主要成分及体外抗氧化活性比较分析[J]. *食品研究与开发*, 2024, 45(12): 7–12.
- LI MJ, CUI B, ZHANG Z, *et al.* Comparative analysis of main components and *in vitro* antioxidant activities of *Lycium barbarum* fruits from different producing areas [J]. *Food Research and Development*, 2024, 45(12): 7–12.
- [24] 魏雪松, 王海洋, 孙智轩, 等. 宁夏枸杞化学成分及其药理活性研究进展[J]. *中成药*, 2018, 40(11): 2513–2520.
- WEI XS, WANG HY, SUN ZX, *et al.* Research progress on the chemical constituents and pharmacological activities of *Lycium barbarum* L. in Ningxia [J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2018, 40(11): 2513–2520.
- [25] 邱树磊, 胡国柱, 陈玉库, 等. 枸杞多糖的提取纯化及体内外抗氧化活性研究[J]. *动物医学进展*, 2021, 42(10): 56–61.
- QIU SL, HU GZ, CHEN YK, *et al.* Study on extraction, purification of *Lycium barbarum* polysaccharides and their antioxidative activity *in vitro* and *in vivo* [J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2021, 42(10): 56–61.
- [26] 缪凤. 枸杞多糖酶提取分离纯化及抗氧化和免疫活性研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- MIAO F. Study on enzyme extraction, isolation and purification and antioxidant and immune activities of *Lycium barbarum* polysaccharide [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2021.
- [27] 王莹, 金红宇, 李耀磊, 等. 不同分子量枸杞多糖对 RAW264.7 巨噬细胞的免疫调节作用[J]. *中国新药杂志*, 2021, 30(12): 1079–1086.
- WANG Y, JIN HY, LI YL, *et al.* Immunomodulatory effect of *Lycium barbarum* polysaccharide of different molecular weights on macrophage RAW264.7 [J]. *Chinese Journal of New Drugs*, 2021, 30(12): 1079–1086.
- [28] 王莹, 高丽, 金红宇, 等. 枸杞多糖调节肠道菌群及免疫功能研究进展[J]. *现代医药卫生*, 2021, 37(4): 584–587.
- WANG Y, GAO L, JIN HY, *et al.* Research progress of *Lycium barbarum* polysaccharide in regulating intestinal flora and immune function [J]. *Journal of Modern Medical and Health*, 2021, 37(4): 584–587.
- [29] 杨晓萍, 张声华. 枸杞子糖类的研究[J]. *林产化学与工业*, 1998(2): 65–68.
- YANG XP, ZHANG SH. Studies on saccharides in fruits of *Lycium chinense* [J]. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 1998(2): 65–68.
- [30] 李金洋, 胡婷婷, 王雨心, 等. 枸杞决明子功能性酸奶的发酵工艺研究[J]. *兰州文理学院学报(自然科学版)*, 2024, 38(5): 93–99.
- LI JY, HU TT, WANG YX, *et al.* Optimization of fermentation process of barbary wolfberry cassia functional yogurt by response surface methodology [J]. *Journal of Lanzhou University of Arts and Science (Natural Sciences)*, 2024, 38(5): 93–99.
- [31] 郝玉欣, 孙立权, 田虹. 实验教学中苯酚硫酸法检测灵芝多糖的探索[J]. *广州化工*, 2022, 50(6): 160–162.
- HAO YX, SUN LQ, TIAN H. Practice on experiments of detecting *Ganoderma lucidum* polysaccharide in experimental teaching [J]. *Guangzhou Chemical Industry*, 2022, 50(6): 160–162.
- [32] 黄秋凌, 雷婷, 何子昕, 等. 苯酚-硫酸法测定消渴丸中多糖含量[J]. *中西医结合研究*, 2023, 15(5): 308–310.
- HUANG QL, LEI T, HE ZX, *et al.* Determination of polysaccharides in Xiaoke pill by phenol-sulfuric acid method [J]. *Research of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine*, 2023, 15(5): 308–310.
- [33] 王振东, 柏伟荣, 刘世娟, 等. 茯苓山药枸杞固体饮料的制备[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(1): 211–217.
- WANG ZD, BAI WR, LIU SJ, *et al.* Study on processing technology of *Poria cocos yam* wolfberry solid beverage [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(1): 211–217.
- [34] 肖坤敏, 马佳钰, 王军民, 等. 滇黄精多糖提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. *西南林业大学学报*, 2020, 42(4): 147–154.
- XIAO KM, MA JY, WANG JM, *et al.* Extraction process and antioxidant activity of polysaccharides from *Polygonatum kingianum* [J]. *Journal of Southwest Forestry University (Natural Sciences)*, 2022, 42(4): 147–154.
- [35] 杜蓓, 李艺, 杨长花, 等. 多指标响应面优化枸杞提取工艺研究[J]. *精细化工中间体*, 2024, 54(4): 27–33.
- DU B, LI Y, YANG CH, *et al.* Research on the extraction process of *Lycium barbarum* with multi-index response surface optimization [J]. *Fine Chemical Intermediates*, 2024, 54(4): 27–33.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)