

- 法及指纹图谱的黄芪纳滤浓缩浸膏真空干燥工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(06): 1375-1379.
- [17] 王唱唱, 左蓓磊, 彭新, 等. 基于熵权法结合层次分析法和反向传播神经网络优选大皂角油制工艺[J]. 中草药, 2022, 53(15): 4687-4697.
- [18] 雷欣荷, 陈昕, 孟江, 等. 熵权法结合星点设计-响应面法优化橘核的盐炙工艺[J]. 中国药房, 2022, 33(2): 165-171.
- [19] 李潮, 于欢, 温柔, 等. 基于AHP-CRITIC混合加权法和响应面法的盐车前子炮制工艺优选及其利尿作用考察[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(20): 124-131.
- [20] 林龙, 先蕊, 赵璐璐, 等. 基于响应面法结合总评归一法优化泽泻趁鲜切制加工工艺[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(10): 1755-1765.
- [21] 廖予菲, 王萍, 张瑞瑞, 等. 基于主成分分析和响应面法优化夏枯草活性成分超声提取工艺[J]. 化学与生物工程, 2023, 40(6): 44-50.
- [22] 黄莉, 邹纯才, 鄢海燕, 等. 基于指纹图谱的Box-Behnken响应面法结合BP神经网络多指标优化决明子总蒽醌提取工艺[J]. 中国药理学杂志, 2023, 58(7): 619-631.
- [23] 徐闪, 陈思邈, 陈冰, 等. 基于R语言的水蛭中抗凝活性物质的提取优化工艺研究[J]. 中药材, 2021, 44(10): 2396-2399.
- [24] 黄昱曦, 陈艳琰, 乐世俊, 等. 基于层次分析-熵权法的气血和胶囊质量标志物研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(11): 2710-2717.
- [25] 王晶晶, 程媛, 忻晓东, 等. Box-Behnken响应面法优化大黄泻浊颗粒提取工艺[J]. 时珍国医国药, 2022, 33(8): 1886-1889.

黄芪桂枝五物汤复方颗粒成型工艺优化

刘杨^{1,2}, 顾晋亿¹, 沈小宽¹, 葛胜宇¹, 金莉莉², 关皎^{1*}, 朱鹤云^{1*}
(1. 吉林医药学院药学院, 吉林 吉林 132013; 2. 延边大学药学院, 吉林 延边 133002)

摘要: 目的 优化黄芪桂枝五物汤复方颗粒成型工艺。方法 以制软材难易程度、制粒难易程度、颗粒性状、颗粒成型率、颗粒溶化性为评价指标, 优化颗粒稀释剂及其配比; 以颗粒吸湿性、成型性、堆密度、休止角、溶化性为评价指标, 正交试验优化成型工艺。结果 最优制粒浸膏密度为 1.27 g/mL, 稀释剂为可溶性淀粉, 浸膏与可溶性淀粉的比例为 1:2.5; 润湿剂为 70% 乙醇, 用量为 20%。结论 该方法合理可行, 可为制备黄芪桂枝五物汤复方颗粒提供科学依据。

关键词: 黄芪桂枝五物汤复方颗粒; 成型工艺; 正交试验

中图分类号: R944

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2024)02-0569-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.02.035

黄芪桂枝五物汤是汉代名医张仲景所著《金匮要略》中治疗血痹症的经典方剂, 记载“血痹阴阳俱微, 寸口关上微, 尺中小紧, 外证身体不仁, 如风痹状, 黄芪桂枝五物汤主之”^[1], 由黄芪、桂枝、白芍、生姜和大枣共 5 味药材组成, 由桂枝汤的基础上去甘草加黄芪而成, 主用黄芪益气补卫, 得其桂枝, 固表而不留邪, 桂枝得黄芪, 散邪不伤正, 且通脉温阳之力大增, 该方具有温经益气、通痹和营的效果^[2-3], 现代研究表明其对糖尿病周围神经病

变、糖尿病血管功能障碍、脑梗死、冠心病、腰椎管狭窄症、硬皮病等均具有治疗作用^[4-13]。但该汤剂存在携带不便、不易储存、煎煮耗时等缺点, 因此本实验将其制备成颗粒剂, 使之便于携带、利于保存, 同时提高了患者服药的依从性^[14-15], 同时遵循古法提取的传统工艺, 将汤剂进一步浓缩为浸膏, 再以颗粒的溶化性、成型性为指标考察稀释剂种类与用量、润湿剂体积分数及用量, 并筛选最佳的黄芪桂枝五物汤复方颗粒剂制备工艺。

收稿日期: 2023-10-13

基金项目: 吉林省科技厅项目 (YDZJ202101ZYTS074, YDZJ202301ZYTS188); 吉林省人社厅项目 (2023QN35); 吉林省教育厅项目 (JKH20230546KJ); 吉林省大学生创新创业训练计划项目 (X202213706009)

作者简介: 刘杨 (1997—), 女, 硕士生, 从事中药复方颗粒制备工艺研究。Tel: (0432) 64561064, E-mail: 15124661299@163.com

* **通信作者:** 关皎 (1983—), 女, 博士, 副教授, 从事中药质量控制及其药动学研究。Tel: (0432) 64561064, E-mail: rainbowguan_jiao@163.com

朱鹤云 (1982—), 男, 博士, 教授, 从事中药药效物质基础研究。Tel: (0432) 64561064, E-mail: zhy19820903@126.com

1 材料

1.1 试剂与药物 黄芪桂枝五物汤为自制，处方中各饮片均购于吉林大药房，经吉林医药学院李景华副教授鉴定为正品，符合2020年版《中国药典》规定。乳糖、无水乙醇（天津市大茂化学试剂厂）；可溶性淀粉（天津市格瑞恒业科技有限公司）；糊精（西陇科学股份有限公司）；蔗糖（天津市致远化学试剂有限公司）；微晶纤维素（国药集团化学试剂有限公司）；氯化钠（天津市恒兴化学试剂制造有限公司），均为药用规格。

1.2 仪器 DHG-9240A 电热鼓风干燥箱（上海一恒科学仪器有限公司）；FA224 电子天平（上海舜宇恒平科学仪器有限公司）；MA100 水分测定仪（德国赛多利斯公司）；高速多功能粉碎机（永康市久品工贸有限公司）；筛网（浙江上虞市道墟五四仪器厂）；CCA-1112A 冷却水循环装置、OSB-2200 油浴锅、N-1300 旋转蒸发仪、NVP-1000 隔膜真空泵（上海爱朗仪器有限公司）；98-1-C 型数字控温电热套（天津市泰斯特仪器有限公司）。

2 方法与结果

2.1 黄芪桂枝五物汤制备 取黄芪桂枝五物汤（25首方剂）处方药材，依汉代度量衡折算剂量为黄芪41.40 g、白芍41.40 g、桂枝41.40 g、生姜82.80 g、大枣36.00 g，加入1200 mL 蒸馏水浸泡0.5 h后回流提取1 h，4层纱布过滤，滤渣加1200 mL 蒸馏水继续回流提取1 h，旋转蒸发仪浓缩至400 mL，即得^[16-17]。

2.2 浸膏制备 取“2.1”项下所制汤剂4份，分别用旋转蒸发仪浓缩至密度为1.20、1.25、1.30、1.35 g/mL的稠浸膏，即得^[18]。

2.3 颗粒制备 浸膏与稀释剂混匀，加入适宜体积分数和剂量的乙醇作为润湿剂，制软材，16目筛制粒，60℃干燥20 min，整粒，即得。

2.4 指标测定 测定颗粒的成型性(A)、吸湿性(B)、休止角(C)、堆密度(D)和溶化性(E)，计算综合评分(V)，公式如下^[19-21]。

$$V = 15A/A_{max} + 35B_{min}/B + 15C_{min}/C + 15D/D_{max} + 20E_{min}/E$$

2.4.1 成型性 成型率按2020年版《中国药典》四部“粒度和粒度分布测定法”（通则0982第二法双筛分法）进行测定，要求颗粒可通过10目筛、不可通过80目筛的不得少于总量的15%。

2.4.2 吸湿性 取适量颗粒，30℃烘干至恒重，转移至恒重后的称量瓶中，精密称定质量，置于干燥器中（预先使用过饱和NaCl溶液平衡24 h，相对湿度为75%），48 h后精密称定质量，重复2次，取平均值，以吸湿前后颗粒质量计算吸湿率。

2.4.3 休止角 采用固定漏斗法，将待测颗粒从固定好的首尾相连的3只漏斗中从上至下沿壁漏下，于桌面上水平放置坐标纸，漏斗底端距桌面高度2 cm，待颗粒顶端不再升高时停止，测量圆锥体底部直径、锥体高度，计算圆锥斜面与水平面所成夹角角度数，重复5次，取平均值。

2.4.4 堆密度 将颗粒置于干燥量筒中，慢慢振摇，量取体积，称定质量，根据颗粒质量、体积计算堆密度。

2.4.5 溶化性 溶化性按2020年版《中国药典》四部通则可溶性颗粒溶化性检查法进行测定，称取颗粒10 g，加到100℃ 200 mL水中，搅拌5 min，立即观察，若颗粒全部溶化或有轻微浑浊，没有焦屑，则认为溶化性合格，反之不合格^[22]。

2.5 单因素试验 取“2.2”项下浸膏适量，以制软材难易程度、制粒情况、颗粒成型率、颗粒溶化性为评价指标，浸膏密度、稀释剂种类、稀释剂与浸膏的比例、润湿剂体积分数、润湿剂用量为影响因素，进行单因素试验。

2.5.1 浸膏密度 取“2.2”项下4种密度的浸膏适量，加单一稀释剂、润湿剂，按“2.3”项下方法进行颗粒的制备，结果见表1。由此表明，使用不同密度浸膏所制备的颗粒溶化性均符合标准，但为1.25、1.30 g/mL时易制粒，成型率高，综合考虑颗粒的硬度和均匀度，最终选择1.30 g/mL。

表1 浸膏密度考察结果

密度/(g·mL ⁻¹)	制软材	制粒	颗粒性状	颗粒成型率/%	溶化性
1.20	稍粘筛	不易制粒	棕黄色,硬度小,不均匀	81.19	合格
1.25	易制软材	易制粒	棕色,硬度中,均匀	84.63	合格
1.30	易制软材	易制粒	棕褐色,硬度高,均匀	87.78	合格
1.35	粘筛	不易制粒	深褐色,硬度高,均匀	80.98	合格

2.5.2 稀释剂种类 黄芪桂枝五物汤适用于糖尿病周围神经病变，因此本实验选取无糖稀释剂可溶性淀粉、微晶纤维素和糊精。取密度为1.30 g/mL的稠浸膏3份，按表2处方及“2.3”项下方法进行颗粒的制备，结果见表3。由此表明，可溶性淀粉与微晶纤维素均具有较好的颗粒成型率，但微晶纤维素的溶化性不合格，糊精在制软材过程中出现硬化而难以制软材，综合考虑后，最终选择可溶性淀粉。

2.5.3 浸膏与稀释剂的比例 依据规定，药用辅料最大量不应超过所制浸膏的4~5倍，结合实际制粒过程中的经验，

选取浸膏与辅料1:1、1:1.5、1:2、1:2.5比例，按“2.3”项下方法进行颗粒的制备，结果见表4。由此表明，

表2 不同辅料与浸膏的配伍比例处方

组成	处方号		
	1	2	3
浸膏	10	10	10
可溶性淀粉	10	—	—
糊精	—	10	—
微晶纤维素	—	—	10

表3 稀释剂种类考察结果

辅料	制软材	制粒	颗粒性状	颗粒成型率/%	溶化性
可溶性淀粉	易制软材	易制粒	棕褐色, 硬度高, 均匀	85.63	合格
糊精	难制软材	不能制粒	—	—	—
微晶纤维素	易制软材	易制粒	棕黄色, 硬度小, 均匀	89.51	不合格

表4 浸膏与稀释剂比例考察结果

比例	制软材	制粒	颗粒性状	颗粒成型率/%	溶化性
1:1	稠, 不易制软材	—	—	—	合格
1:1.5	易制软材	过筛困难, 粘筛, 不易制粒	深褐色, 硬度高, 不均匀, 有长条	65.84	合格
1:2	易制软材	易制粒, 稍粘筛	棕褐色, 硬度高, 均匀	88.84	合格
1:2.5	易制软材	易制粒	棕黄色, 硬度中, 均匀, 细粉多	80.65	合格

当浸膏与稀释剂比例在1:2、1:2.5时颗粒成型率较高, 溶化性合格, 但后者细粉较多、硬度稍低, 故选择1:2。

2.5.4 润湿剂体积分数 取密度为1.30 g/mL的浸膏, 浸膏与可溶性淀粉比例为1:2, 选择不同体积分数的乙醇作

为润湿剂, 按“2.3”项下方法进行颗粒的制备。因30%乙醇及以下润湿剂水分占比太高, 不易制软材和制粒, 故本实验选择40%、50%、60%、70%乙醇, 结果见表5。由此表明, 40%、50%乙醇不易制粒, 粘筛; 60%、70%乙醇制粒情况相近, 最终选择70%乙醇作为润湿剂。

表5 润湿剂体积分数考察结果

乙醇/%	制软材	制粒	颗粒性状	颗粒成型率/%	溶化性
40	易制软材	不易制粒, 易粘筛	棕褐色, 硬度高, 不均匀, 有长条	87.77	合格
50	易制软材	不易制粒, 稍粘筛	棕褐色, 硬度高, 不均匀, 有长条	87.50	合格
60	易制软材	易制粒	棕色, 硬度高, 均匀, 细粉少	87.96	合格
70	易制软材	易制粒	棕色, 硬度高, 均匀, 细粉少	87.96	合格

2.5.5 润湿剂的用量 取密度为1.30 g/mL的浸膏, 浸膏与可溶性淀粉比例为1:2, 70%乙醇作为润湿剂, 加入量分别为浸膏量的5%、10%、15%、20%、25%, 按“2.3”项下方法进行颗粒的制备, 结果见表6。由此表明, 润湿剂

用量为20%、25%时软材不易过筛, 颗粒不均匀; 为5%、10%时颗粒成型性虽高, 但细粉过多, 综合实验结果, 最终选择润湿剂用量为15%。

表6 润湿剂用量考察结果

用量/%	制软材	制粒	颗粒性状	颗粒成型率/%	溶化性
5	易制软材	易制粒	棕褐色, 硬度小, 均匀, 细粉多	82.15	合格
10	易制软材	易制粒	棕色, 硬度中, 均匀, 细粉多	84.44	合格
15	易制软材	易制粒	棕色, 硬度高, 均匀, 细粉少	85.14	合格
20	易制软材	易制粒, 粘筛	棕黄色, 硬度高, 均匀, 有长条	84.96	合格
25	易制软材	易制粒, 粘筛	棕褐色, 硬度高, 不均匀, 有长条	83.91	合格

2.6 正交试验 在单因素试验基础上, 以稠浸膏密度(W)、浸膏与稀释剂比例(X)、润湿剂体积分数(Y)、润湿剂用量(Z)为影响因素进行 $L_9(4^3)$ 设计, 以颗粒成型性、溶化性、堆密度、休止角、吸湿性为评价指标, 按“2.4”项下方法计算综合评分V, 因素水平见表7, 结果见表8~9。由此可知, 各因素影响程度依次为 $W>X>Z>Y$ 。最终确定, 最优处方为 $W_1X_3Y_3Z_2$, 即浸膏密度1.27 g/mL, 药辅比1:2.5, 润湿剂70%乙醇, 用量20%。

2.7 验证试验 按“2.6”项下优化处方进行3批试验。

结果, 该方法重复性良好, 工艺合理可靠, 稳定可行, 见表10。

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 浸膏密度的选择 在浸膏密度的选择中随着浸膏密度的增大, 黏度随之增大, 流动性变差, 吸湿性增强, 这可能与浸膏水分逐渐降低、苷类及糖类物质被充分提取出来从而增大了浸膏的黏度有关, 同时由于水分在粉末之间形成液体桥等作用, 导致高密度的浸膏在制软材过程中易

表7 正交试验因素水平

水平	因素			
	W 浸膏密度/(g·mL ⁻¹)	X 浸膏与稀释剂比例	Y 润湿剂体积分数/%	Z 润湿剂用量/%
1	1.27	1:1	50	10
2	1.30	1:2	60	15
3	1.33	1:2.5	70	20

表8 正交试验设计与结果

试验号	W	X	Y	Z	V 综合评分/分
1	1	1	1	1	80.83
2	1	2	2	2	89.64
3	1	3	3	3	91.12
4	2	1	2	3	78.23
5	2	2	3	1	81.18
6	2	3	1	2	84.13
7	3	1	3	2	85.06
8	3	2	1	3	87.43
9	3	3	2	1	84.44
K_1	87.197	81.373	84.130	82.150	—
K_2	81.180	86.083	84.103	86.277	—
K_3	85.643	86.563	85.787	85.593	—
R	6.017	5.190	1.684	4.127	—

表9 方差分析结果

来源	离均差平方和	自由度	F 比	F 临界值
W	58.534	2	1.639	4.460
X	49.351	2	1.382	4.460
Y	5.579	2	0.156	4.460
Z	29.353	2	0.822	—
误差	142.82	8	—	—

注: * $P < 0.05$ 。

表10 验证试验结果 (n=3)

试验号	成型率/%	堆密度/(g·mL ⁻¹)	休止角/(°)	吸湿率/%	溶化率/%	综合评分/分
1	87.96	0.258	27.89	10.18	95.87	99.21
2	86.82	0.250	28.42	10.14	93.64	98.87
3	88.75	0.259	28.13	10.16	94.67	99.59
平均值	87.84	0.256	28.15	10.16	94.73	99.22
RSD/%	1.10	1.93	0.94	0.19	1.18	0.36

粘筛。当密度为 1.35 g/mL 时, 浸膏黏度大, 软材粘筛, 颗粒成型率低, 因此选择密度为 1.30 g/mL 的浸膏进行制粒, 其黏度低, 易制软材, 易制粒。

3.1.2 稀释剂种类及加入比例的选择 本实验对糊精、微晶纤维素和可溶性淀粉 3 种无糖型稀释剂进行了考察, 结果发现加糊精的软材变粘变硬, 这与水分诱发了糊精本身的黏性有关。微晶纤维素易制软材, 但成型颗粒的溶化性不好, 这与其本身的多孔结构及不溶于水的理化性质有关。在比例考察过程中, 浸膏-可溶性淀粉 (1:2) 及浸膏-可溶性淀粉 (1:2.5) 比例下易制软材、易制粒, 考虑到患者用药的依从性、生产成本等因素, 选择前者为最佳比例进行制粒。

3.1.3 润湿剂体积分数和用量的选择 本实验对 4 种体积分数的乙醇进行了制软材制粒的考察, 发现 40%、50% 乙醇易制软材、不易制粒, 这与润湿剂含水量高、润湿性强、软材易粘筛有关; 60%、70% 乙醇均易制软材易制粒, 考虑到后期颗粒的稳定性, 故选择 70% 为最适宜的润湿剂体积分数。在润湿剂用量的考察中, 本实验进行了加入比例的考察, 其中加入量为浸膏量 15% 的润湿剂颗粒成型率最高, 故选择润湿剂用量为 15%。

3.2 结论 本实验从剂型创新的角度出发, 将传统经典汤

剂制备为便于携带、利于储存的颗粒剂, 从浸膏密度开始, 多角度考察颗粒性状, 利用正交试验及直观的数据对比展现颗粒优劣, 逐步筛选出颗粒制备的最佳工艺, 并验证工艺稳定性。本实验所制得的颗粒剂既可作为创新剂型单独使用, 也可作为剂型中间体服务于后续片剂及胶囊剂的制备, 为后续黄芪桂枝五物汤的开发提供科学依据。

参考文献:

[1] 陈纪藩. 金匱要略[M]. 北京: 人民出版社, 2008: 183.

[2] 辛文, 吴松柏, 刘非, 等. “七情配伍”论桂枝[J]. 中医临床研究, 2023, 15(15): 117-120.

[3] 张颖, 关皎, 刘爽爽, 等. 黄芪桂枝五物汤的化学成分和药理作用研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2018, 39(4): 295-298.

[4] 张帅, 张海生. 黄芪桂枝五物汤在糖尿病周围神经病变中的临床应用[J]. 中国民间疗法, 2023, 31(9): 65-69.

[5] 刘慧敏, 宋春侠, 刘泽华, 等. 黄芪桂枝五物汤联合针灸治疗糖尿病周围神经病变疗效性 Meta 分析[J]. 中医临床研究, 2022, 14(29): 144-148.

[6] 崔静, 刘曼曼, 冯珍凤, 等. 《金匱要略》黄芪桂枝五物汤治疗糖尿病周围神经病变气虚血瘀证临床观察[J]. 中国中医药现代远程教育, 2022, 20(14): 85-88.

[7] Cheng H, Lu T, Wang J Y, et al. HuangqiGuizhiWuwu

- decoction prevents vascular dysfunction in diabetes *via* inhibition of endothelial arginase 1[J]. *Front Physiol*, 2020, 11: 201.
- [8] 侯金萍, 李晨晨, 陈建强. 黄芪桂枝五物汤用于脑梗死治疗的效果评估分析[J]. 内蒙古中医药, 2023, 42(4): 71-72; 143.
- [9] 于宁, 张宪忠, 徐东成. 黄芪桂枝五物汤加味治疗气虚血瘀证冠心病的临床疗效观察[J]. 世界中医药, 2019, 14(9): 2334-2338.
- [10] 杨园园, 赵国良, 李达, 等. 黄芪桂枝五物汤加味治疗冠心病心绞痛的系统评价[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2018, 16(10): 1323-1326.
- [11] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2020 概要[J]. 中国循环杂志, 2021, 36(6): 521-545.
- [12] 艾克热木·吾斯曼, 胡炜. 类固醇注射与黄芪桂枝五物汤在腰椎管狭窄症的治疗进展[J]. 新疆中医药, 2020, 38(3): 85-88.
- [13] 胡红, 朱骏飞. 黄芪桂枝五物汤治疗硬皮病临床体会[J]. 内蒙古中医药, 2023, 42(3): 44-45.
- [14] 黄洁. 中药颗粒剂的优势与应用前景[J]. 中国社区医师, 2023, 39(9): 4-6.
- [15] 梁启超. 中药颗粒剂研究进展与应用前景分析[J]. 中外女性健康研究, 2019(7): 27-28; 49.
- [16] 徐婧. 25首古代经典名方关键信息表公开征求意见[J]. 中医药管理杂志, 2022, 30(15): 44.
- [17] 许如玲, 范君婷, 董惠敏, 等. 经典名方黄芪桂枝五物汤标准煎液化学成分的上PLC-Q-TOF-MS分析[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(23): 5614-5630.
- [18] 韩兆莹. 黄芪桂枝五物汤颗粒剂制备工艺与质量标准研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2014.
- [19] 陈革豫, 王孟, 付佳乐, 等. 经方黄芪桂枝五物汤复方颗粒剂的成型工艺研究[J]. 现代中药研究与实践, 2020, 34(4): 35-38.
- [20] 蔡需, 肖作奇, 王哲明, 等. 盆炎灵颗粒剂成型工艺及辅料筛选的研究[J]. 解放军药学报, 2018, 34(2): 131-133.
- [21] 何婷, 李柯翔, 季志红, 等. 正交试验优选红花配方颗粒的成型工艺[J]. 新疆中医药, 2017, 35(2): 41-44.
- [22] 范越, 张文妮, 田明, 等. 黄芪桂枝五物汤颗粒质量标准研究[J]. 中医药信息, 2019, 36(4): 23-26.

低共熔溶剂提取鱼腥草中绿原酸工艺优化

顾东雅, 金绍娣*, 谢佳伶, 史怡颖
(盐城工业职业技术学院药品与健康学院, 江苏盐城 224000)

摘要: 目的 优化低共熔溶剂提取鱼腥草中绿原酸工艺。方法 在单因素试验基础上, 以料液比、提取温度、提取时间为影响因素, 绿原酸提取率为评价指标, 正交试验优化提取工艺。结果 最佳条件为提取溶剂氯化胆碱-乙酸(1:3), 含水量20%, 料液比1:30, 提取温度70℃, 提取时间60 min, 绿原酸提取率为5.43%。结论 低共熔溶剂既能提高提取率, 又能减轻环境压力, 有利于绿色环保提取鱼腥草中绿原酸。

关键词: 鱼腥草; 绿原酸; 低共熔溶剂提取工艺; 正交试验

中图分类号: R284.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2024)02-0573-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.02.036

鱼腥草俗称折耳根, 具有清热解毒、利尿消肿的功效^[1], 具有抗菌、抗病毒、提高机体免疫力、化痰、利尿、抗癌等作用^[2-4]。绿原酸是鱼腥草中活性成分之一, 具有增高白血球、保肝利胆、抗肿瘤、降压降脂、抗艾滋病作用^[5-6]。目前, 对于绿原酸提取方法主要是酶法、微波、超声波等^[7], 主要采用传统的有机溶剂, 对环境不友好^[8], 探索一种绿色高效提取方法很有必要。低共熔溶剂是由氢键接受体和氢键提供体组成的共熔混合物^[9], 溶解度高、可生物降解、无毒^[10-11], 具有原料成本低、合成简单、不

产生三废等优点^[12]。目前, 以鱼腥草为原料提取绿原酸的文献报道较少, 而且低共熔溶剂提取鱼腥草中绿原酸也尚未有研究报道。

本实验制备7种低共熔溶剂并进行筛选, 以筛选后的低共熔溶剂提取鱼腥草中的绿原酸, 以绿原酸提取率为评价指标, 单因素试验考察低共熔溶剂含水量、料液比、提取温度和时间对提取率的影响; 正交试验优化提取工艺, 与水、60%乙醇等传统溶剂进行比较, 以期对低共熔溶剂在鱼腥草绿原酸的高效提取提供科学依据。

收稿日期: 2023-01-12

基金项目: 2021年江苏省大学生创新创业训练计划项目(202113752001Y); 2023年江苏省科技厅产学研合作项目(BY20231107)

作者简介: 顾东雅(1979—), 女, 硕士, 副教授, 从事植物中药有效成分提取、加工技术研究。Tel: 15851060889, E-mail: gudongyasong@126.com

* **通信作者:** 金绍娣(1983—), 女, 硕士, 副教授, 从事药物分析与检测技术研究。Tel: 15151074451, E-mail: jinshaodi@163.com