

当归藤总黄酮超声提取工艺优化

姜鹏程¹, 陆晔晗¹, 常芮宁¹, 宋 艺¹, 王艾雯¹, 王春丽^{1*}, 郭美珠², 张春芳^{3*}

(1. 华东理工大学药学院, 上海市新药设计重点实验室, 制药工程与过程化学教育部工程研究中心, 上海 200030; 2. 上海市宝山区中西医结合医院, 上海 201999; 3. 厦门大学附属翔安医院, 福建 厦门 361005)

摘要: **目的** 优化当归藤总黄酮超声提取工艺。**方法** 在单因素试验基础上, 以乙醇体积分数、料液比、超声功率、超声温度、超声时间为影响因素, 总黄酮得率为评价指标, Plackett-Burman 法结合 Box-Behnken 响应面法优化超声提取工艺。**结果** 最佳条件为乙醇体积分数 60%, 料液比 1: 25, 超声功率 240 W, 超声温度 50 ℃, 超声时间 40 min, 总黄酮得率为 12.59%。**结论** 该方法重复性好, 稳定可靠, 可用于超声提取当归藤总黄酮。

关键词: 当归藤总黄酮; 超声提取工艺; Plackett-Burman 法; Box-Behnken 响应面法

中图分类号: R284.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2023)12-4081-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2023.12.038

当归藤 *Embelia parviflora* Wall. ex A. DC. 又名小花酸藤子, 为攀援灌木或藤本, 具有活血化瘀、补肾强腰、调经助阳等功效, 民间常用于血瘀证、跌打骨折、腰腿酸痛、月经不调、产后虚弱等病症, 也可用于风湿免疫病、心痛或胃痛等^[1-2]。现代药理研究发现, 当归藤在促进血液循环、抗凝血、抗炎镇痛方面具有一定疗效^[3-4]。目前, 从当归藤中提取出的化学成分包含黄酮类、萜类、甾体类等^[5], 但对当归藤总黄酮提取工艺优化的研究尚少, 本实验利用 Plackett-Burman 法和 Box-Behnken 响应面法, 探索其最佳超声提取工艺。

1 材料

1.1 试剂与药物 当归藤购于广西中药材养生堂, 经华东理工大学药学院马磊教授鉴定为紫金牛科酸藤子属植物当归藤 *Embelia parviflora* Wall. ex A. DC. 的根与老茎。芦丁对照品 (上海笛柏生物科技有限公司, 批号 H355003)。硝酸铝、氢氧化钠、亚硝酸钠 (国药集团化学试剂有限公司); 无水乙醇 (上海沃化化工有限公司)。

1.2 仪器 FA2004 电子天平 (上海舜宇恒平科学仪器有限公司); UV-754N 紫外分光光度计 (上海奥谱勒仪器有限公司); SHZ-DⅢ循环水真空泵 (上海予华仪器设备有限公司); RE-52AA 旋转蒸发器 (上海振捷实验设备有限公司); DLF-18 流水式中药粉碎机 (温州顶历医疗器械有限公司); KQ-300DE 数控超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司)。

2 方法与结果

2.1 总黄酮含量测定

2.1.1 供试品溶液制备 当归藤置于 50 ℃ 烘箱中烘干,

粉碎过筛, 分装于密封袋中, 阴凉处备用。称取 2 g 当归藤粉末, 按料液比 1: 30 加入 60 mL 50% 乙醇, 60 ℃ 下超声提取 30 min, 抽滤, 浓缩除去乙醇, 加水溶解定容至 10 mL, 即得。

2.1.2 对照品溶液制备 60% 乙醇溶解 10 mg 芦丁对照品, 定容至 50 mL, 即得 0.2 mg/mL 溶液。

2.1.3 测定方法 参考文献 [6-8] 报道, 取供试品、对照品溶液适量, 加入 5% NaNO₂ 溶液 0.4 mL, 摇匀后静置 6 min, 再加入 10% Al (NO₃)₃ 溶液 0.4 mL, 摇匀后静置 6 min, 最后加入 4% NaOH 溶液 4.0 mL, 60% 乙醇定容。以纯加试剂为空白对照, 在 510 nm 波长处检测吸光度 (A), 测定总黄酮含量。

2.1.4 线性关系考察 分别取 0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mL 对照品溶液, 置于 10 mL 量瓶中, 按“2.1.3”项下方法测定吸光度。以对照品质量浓度为横坐标 (X), 吸光度为纵坐标 (A) 进行回归, 得方程为 $A = 0.0075X + 0.0439$ ($R^2 = 0.9993$), 在 4~24 μg/mL 范围内线性关系良好。

2.1.5 精密度试验 取对照品溶液 6 份, 显色后按“2.1.3”项下方法测定吸光度, 测得其 RSD 为 2.63%, 表明仪器精密度良好。

2.1.6 稳定性试验 精密称取当归藤粉末 2 g, 按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液, 显色后于 0、10、20、30、40、50、60 min 按“2.1.3”项下方法测定吸光度, 测得其 RSD 为 1.48%, 表明溶液在 60 min 内稳定性良好。

2.1.7 重复性试验 取“2.1.1”项下供试品溶液 6 份, 显色后按“2.1.3”项下方法测定吸光度, 测得其 RSD 为

收稿日期: 2023-07-24

基金项目: 上海市宝山区科学技术委员会项目 (20-E-15); 大学生创新创业训练计划 (X202210251134)

作者简介: 姜鹏程 (1997—), 男, 硕士, 从事中药抗炎、抗氧化研究。E-mail: jiang68700@163.com

* 通信作者: 王春丽 (1971—), 女, 博士, 副教授, 从事中药药理学研究。E-mail: wangchunli@ecust.edu.cn

张春芳 (1972—), 女, 博士, 主任医师, 从事中医药治疗风湿免疫病机制研究。E-mail: 2810624579@qq.com

4.36%，表明该方法重复性良好。

2.1.8 加样回收率试验 按“2.1.7”项下方法测得供试品溶液中黄酮含量为 18.146 μg/mL，取 1 mL 供试品溶液，加入 18 μg 对照品，共 6 份，按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液，显色后按“2.1.3”项下方法测定吸光度，计算回收率。结果，芦丁平均加样回收率为 99.51%，RSD 为 1.98%。

2.2 单因素试验 本实验对不同乙醇体积分数（30%、40%、50%、60%、70%）、料液比（1：20、1：25、1：30、1：35、1：40）、超声功率（180、210、240、270、300 W）、超声温度（30、40、50、60、70 ℃）、超声时间（20、30、40、50、60 min）进行考察，研究其对总黄酮得率的影响。

2.2.1 乙醇体积分数 称取 2 g 当归藤粉末，按料液比 1：30 分别加入 30%、40%、50%、60%、70% 乙醇，60 ℃ 水浴中 180 W 超声提取 30 min，制成生药量 2 mg/mL 的供试品溶液，测定总黄酮得率。由图 1 可知，总黄酮得率随着乙醇体积分数增加呈现先升高后降低的趋势，在 60% 时达到最大值，可能的原因是大多数总黄酮类化合物呈弱极性或非极性，随着乙醇体积分数的增加，溶剂极性减弱，对总黄酮得率产生一定影响^[9]。因此，适宜当归藤总黄酮提取的乙醇体积分数为 60%。

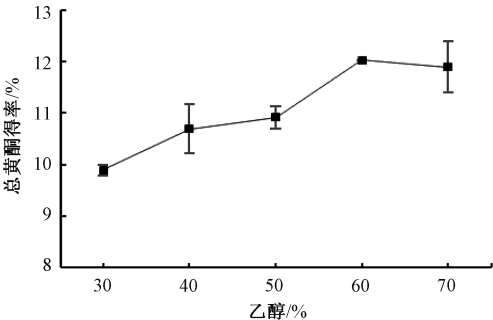


图 1 乙醇体积分数对总黄酮得率的影响

2.2.2 料液比 称取 2 g 当归藤粉末，分别按料液比 1：20、1：25、1：30、1：35、1：40 加入 60% 乙醇，60 ℃ 水浴中 180 W 超声提取 30 min，制成生药量 2 mg/mL 的供试品溶液，测定总黄酮得率。由图 2 可知，总黄酮得率随着料液比增加呈现先升高后降低，总体下降的趋势，在 1：25 时达到最大值，可能原因是料液比过低时，溶剂无法充分浸润药材，造成总黄酮得率有所损失，而当归藤总黄酮含量有最大值，料液比增加，总黄酮溶解量不变，杂质溶出量增大，造成总黄酮得率降低；较高的料液比会削弱空化效应释放的能量，并且能量被溶液的过量体积吸收和损失，导致总黄酮得率降低^[10]。因此，适宜当归藤总黄酮提取的料液比为 1：25。

2.2.3 超声功率 称取 2 g 当归藤粉末，按料液比 1：25 加入 60% 乙醇，60 ℃ 水浴中分别以 180、210、240、270、300 W 功率超声提取 30 min，制成生药量 2 mg/mL 的供试品溶液，测定总黄酮得率。由图 3 可知，总黄酮得率随着

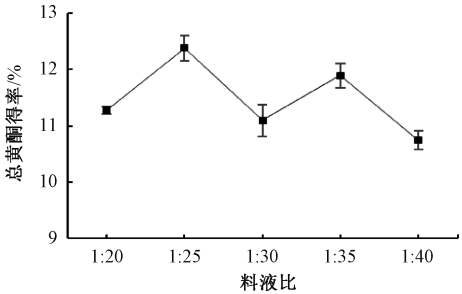


图 2 料液比对总黄酮得率的影响

超声功率增加呈现先升高后降低的趋势，在 240 W 时达到最大值，可能原因是超声波处理的提取物中活性成分含量增加是由于超声波辐射压力引起的机械振动，加速溶剂渗透，然而功率过大会升高温度，高温导致气蚀现象减少，这是蒸汽压增加以及溶剂黏度和表面张力降低的结果，从而降低提取率^[11]。因此，适宜当归藤总黄酮提取的超声功率为 240 W。

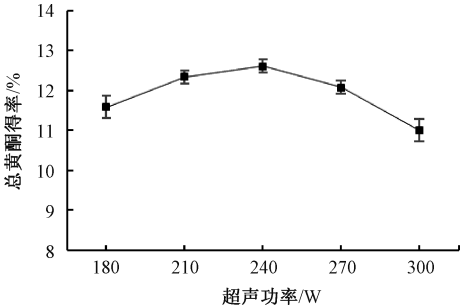


图 3 超声功率对总黄酮得率的影响

2.2.4 超声温度 称取 2 g 当归藤粉末，按料液比 1：25 加入 60% 乙醇，分别在 30、40、50、60、70 ℃ 水浴中 240 W 超声提取 30 min，制成生药量 2 mg/mL 的供试品溶液，测定总黄酮得率。由图 4 可知，总黄酮得率随着超声温度增加呈现先升高后降低，再次升高的趋势，在 50 ℃ 时达到最大值，可能原因是在低温时升高温度，溶液黏度下降，分子运动加快，扩散性增强，有利于总黄酮类化合物溶出，继续升高温度使得其他杂质溶出，总黄酮得率下降。因此，适宜当归藤总黄酮提取的超声温度为 50 ℃。

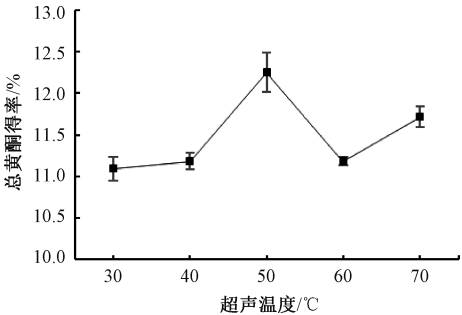


图 4 超声温度对总黄酮得率的影响

2.2.5 超声时间 称取 2 g 当归藤粉末，按料液比 1：25 加入 60% 乙醇，50 ℃ 水浴中 240 W 分别超声提取 20、30、40、50、60 min，制成生药量 2 mg/mL 的供试品溶液，测

定总黄酮得率。由图 5 可知，总黄酮得率随着超声时间增加呈现先升高后降低的趋势，在 40 min 时达到最大值，可能原因是提取时间过短，总黄酮类化合物未充分溶出，总黄酮得率此时较低；提取时间过长，使总黄酮的结构遭到一定损坏，杂质的溶出量也会有一定增加，进一步使得总黄酮得率下降^[12]。因此，适宜当归藤总黄酮提取的超声时间为 40 min。

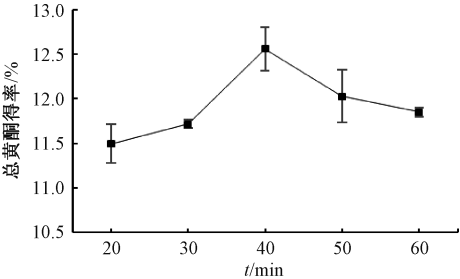


图 5 超声时间对总黄酮得率的影响

2.3 Plackett-Burman 法 Plackett-Burman 法能以较少的实验次数对众多因素进行快速筛选，得到显著影响因素^[13]。本研究选择超声时间（A）、料液比（B）、乙醇体积分数（C）、超声功率（D）、超声温度（E）作为影响因素，总黄酮得率（Y）作为评价指标，设计五因素二水平共 12 个试验点进行筛选，因素水平见表 1，结果见表 2。

表 1 Plackett-Burman 试验因素水平

因素	水平	
	-1	1
A 超声时间/min	30	50
B 料液比	1：20	1：30
C 乙醇/%	50	70
D 超声功率/W	210	270
E 超声温度/℃	40	60

表 2 Plackett-Burman 试验设计与结果

试验号	A	B	C	D	E	Y 总黄酮得率/%
1	-1	-1	-1	-1	-1	10.92
2	1	1	-1	-1	-1	10.16
3	1	1	1	-1	-1	10.29
4	-1	-1	-1	1	-1	10.16
5	-1	1	1	1	-1	10.52
6	1	-1	1	1	-1	10.12
7	-1	-1	1	-1	1	12.29
8	-1	1	1	-1	1	12.52
9	1	-1	-1	-1	1	11.72
10	-1	1	-1	1	1	11.63
11	1	-1	1	1	1	10.52
12	1	1	-1	1	1	10.43

通过 Design-Expert 8.0.6.1 软件对表 2 数据进行方差分析，结果见表 3。由此可知，超声时间（A）、超声功率（D）、超声温度（E）对总黄酮得率有显著影响（ $P<0.05$ ），影响程度依次为超声温度>超声时间>超声功率，其余 2 个因素影响不显著，故选择超声时间、超声功率、超声温度作进一步响应面分析。

表 3 Plackett-Burman 试验方差分析

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	7.77	5	1.55	16.78	0.001 8
A	1.92	1	1.92	20.73	0.003 9
B	2.63×10^{-3}	1	2.63×10^{-3}	0.028	0.871 6
C	0.13	1	0.13	1.39	0.282 5
D	1.71	1	1.71	18.49	0.005 1
E	4.01	1	4.01	43.25	0.000 6
残差	0.56	6	0.093	—	—
总和	8.33	11	—	—	—

2.4 Box-Behnken 响应面法 在 Plackett-Burman 法基础上，选择超声时间（ X_1 ）、超声功率（ X_2 ）、超声温度（ X_3 ）作为影响因素，总黄酮得率（Y）作为评价指标，设计三因素三水平共 17 个试验点作进一步优化，因素水平见表 4，结果见表 5。

表 4 Box-Behnken 响应面法因素水平

因素	水平		
	-1	0	1
X_1 超声时间/min	30	40	50
X_2 超声功率/W	210	240	270
X_3 超声温度/℃	40	50	60

表 5 Box-Behnken 响应面法设计与结果

试验号	X_1	X_2	X_3	Y 总黄酮得率/%
1	0	1	-1	10.87
2	0	0	0	12.78
3	0	-1	1	11.67
4	1	0	1	11.27
5	-1	0	-1	10.69
6	-1	1	0	10.78
7	-1	-1	0	11.09
8	0	1	1	10.87
9	0	0	0	12.52
10	1	-1	0	11.58
11	1	1	0	10.52
12	0	0	0	12.74
13	0	0	0	12.60
14	1	0	-1	11.32
15	-1	0	1	11.54
16	0	0	0	12.47
17	0	-1	-1	11.36

通过 Design Expert 8.0.6.1 软件对表 5 数据进行回归拟合，得方程为 $Y=12.62+0.072X_1-0.33X_2+0.14X_3-0.19X_1X_2-0.22X_1X_3-0.078X_2X_3-0.81X_1^2-0.82X_2^2-0.61X_3^2$ 。

对所得模型进行显著性检验^[14-17]，结果见表 6。由此可知，模型 $P<0.000 1$ ，具有高度显著性；失拟项 $P=0.648 1$ （ $P>0.05$ ），表明失拟不够显著；模型相关系数 R^2 为 0.988 8，调整后相关系数 R_{adj}^2 为 0.974 4，即该模型与实际试验的拟合程度良好，可用于对当归藤总黄酮的提取进行分析和预测；超声功率（ X_2 ）、超声温度（ X_3 ） $P<0.05$ ，表明影响显著；交互项中 X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 均有显著影响， X_2X_3 项交互作用不明显，影响较不显

著,表明不同提取工艺与当归藤总黄酮得率之间不是单纯的线性关系;根据 F 值大小 ($X_2>X_3>X_1$),各因素影响程度依次为超声功率>超声温度>超声时间。

表 6 Box-Behnken 响应面法方差分析					
来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	9.42	9	1.05	68.73	<0.000 1
X_1	0.042	1	0.042	2.74	0.141 8
X_2	0.89	1	0.89	58.39	0.000 1
X_3	0.15	1	0.15	10.14	0.015 4
X_1X_2	0.14	1	0.14	9.37	0.018 3
X_1X_3	0.20	1	0.20	12.98	0.008 7
X_2X_3	0.024	1	0.024	1.59	0.247 8
X_1^2	2.75	1	2.75	180.96	<0.000 1
X_2^2	2.83	1	2.83	185.97	<0.000 1
X_3^2	1.56	1	1.56	102.54	<0.000 1
残差	0.11	7	0.015	—	—
失拟项	0.033	3	0.011	0.60	0.648 1
纯误差	0.073	4	0.018	—	—
总和	9.52	16	—	—	—

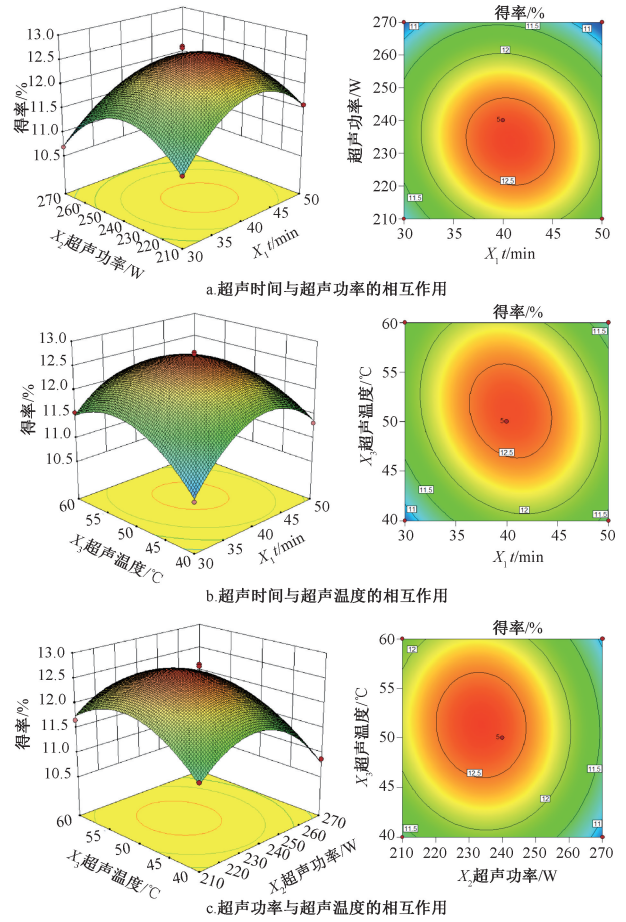
响应面分析见图 6,可知超声时间与超声温度的响应面斜面最陡,等高线呈椭圆形, P 值为 0.008 7 ($P<0.01$),表明两者的交互作用极明显,达到极显著水平;超声时间与超声功率的斜面较陡, P 值为 0.018 3 ($P<0.05$),表明两者的交互作用较明显,达到较显著水平;超声功率与超声温度的斜面较平坦,等高线图偏圆, P 值为 0.247 8 ($P>0.1$),两者交互作用不显著,影响较小。

最终确定,最优提取条件为超声时间 40.54 min,超声功率 233.53 W,超声温度 51.18 ℃,总黄酮得率为 12.67%,结合实际情况,将其修正为超声时间 40 min,超声功率 240 W,超声温度 50 ℃,乙醇体积分数 60%,料液比 1:25。按上述条件进行验证试验,测得总黄酮平均得率为 12.59%,与理论值 12.67% 相差 0.08%,说明此模型的预测较为良好稳定,可用于当归藤总黄酮的提取。

3 讨论与结论

作为民间喜用、各科常用的藤类中药,当归藤相关研究较少,有效成分分析也不够明确。本研究在当归藤总黄酮的提取中运用超声提取法,相较于中药传统提取工艺,具有时间短、效率高、绿色且经济的优点,但过久的超声时间,过大的功率,以及不合适的温度、料液比、溶剂浓度都会对提取率存在不利影响,因此需要对各因素进行探究^[18-19]。本研究以单因素试验作为基础,利用 Plackett-Burman 试验设计从 5 个因素中筛选影响较大的 3 个,再通过 Box-Behnken 响应面试验优化,得到最优工艺为乙醇体积分数 60%,料液比 1:25,超声功率 240 W,超声温度 50 ℃,超声时间 40 min,总黄酮平均得率为 12.59%。Plackett-Burman 试验和响应面试验显示,此方法重复性良好,有助于当归藤的进一步开发利用。

在研究料液比对总黄酮得率的影响时发现,得率在达最高后随料液比的增加逐步降低,然而料液比增加到 1:35 时又出现升高趋势,料液比再增加后,总黄酮提取率又



注:左图为响应面图,右图为等高线图。

图 6 各因素响应面图

下降,其原因可能是影响得率的因素较复杂,呈现出的结果由多个因素作用而影响,此时积极因素大于消极因素,呈现略升高趋势。随液料比增加,导致黄酮得率上升的积极因素有逐渐增加提取溶剂的体积有利于扩大样品与提取溶剂的接触面积,更有利于样品中总黄酮溶出^[20]。消极因素有随料液比的增加,溶出的黄酮也会被复溶,或有杂质溶出,导致总黄酮得率降低。推测在料液比为 1:35 时与溶剂的接触面积较 1:30 时大,受复溶及杂质的影响较 1:40 时小,所以呈现升高趋势。然而具体影响因素以及作用方式有待进一步研究。

参考文献:

[1] 杜金行,高毅洁,刘 帅.“不可思议”的藤类药材(一)[J].中老年保健,2018,296(6):26-27.
[2] 杜金行,高毅洁,刘 帅.“不可思议”的藤类药材(二)[J].中老年保健,2018,297(7):30-31.
[3] 魏中璇,刘 鼎,陈 勇,等.当归藤抗炎、镇痛及抗凝血有效部位的研究[J].中药材,2015,38(11):2376-2380.
[4] 卢森华,陈 勇,曾海生,等.当归藤水提物和醇提物急性毒性实验研究[J].中国医药导报,2012,9(19):29-30.

[5] 卢森华, 刘佳明, 张凤懿, 等. 当归藤中总黄酮提取工艺优化及其含量测定[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(10): 123-126.

[6] 吕博威, 王翠芳, 霍红雁, 等. 响应面法优化双水相萃取沙葱中总黄酮的工艺条件[J]. 中国调味品, 2022, 47(4): 122-127.

[7] 李 阳, 余晓晖, 郭 玫, 等. 超声辅助提取西藏凹乳芹总黄酮工艺的优化[J]. 中成药, 2022, 44(2): 362-366.

[8] 姜 特, 黄 颖, 李 军, 等. 黔产追风伞总黄酮含量测定[J]. 贵州科学, 2023, 41(3): 28-32.

[9] 马梦鸽, 宋忠兴, 陈 琳, 等. 红花叶总黄酮提取纯化工艺优化及抗急性肝损伤活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(1): 108-117; 21.

[10] 石 玲, 王泽锋, 张 薇, 等. 响应面法优化乌骨藤中白桦脂酸提取工艺[J]. 亚热带植物科学, 2020, 49(2): 93-98.

[11] 陈 芳, 温 艳, 姜小帆. 响应面法优化超声辅助提取灵芝黄酮工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(14): 113-118.

[12] 孙立权, 滕茂浩, 丛 勇, 等. 响应面法优化柴胡药渣中柴胡皂苷提取工艺[J]. 北京理工大学学报, 2023, 43(5): 540-548.

[13] 黄樱华, 李丹涛. Plackett-Burman 试验设计结合 Box-Behnken 响应面法优化泽兰总酚酸及总黄酮的分离纯化工艺[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(5): 2983-2987.

[14] 张宽朝, 徐晨阳, 余佳琪, 等. 牡蒿总黄酮的提取、纯化及抗氧化活性分析[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(2): 281-290.

[15] 刘佳维, 翟凤国, 梁启超, 等. 响应面法优化通关藤多糖提取工艺[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(6): 116-119.

[16] 缪晓冬, 汤书婉, 宿树兰, 等. 基于响应曲面法的乳香有效部位提取纯化工艺优化研究[J]. 中草药, 2020, 51(5): 1214-1225.

[17] 杜若君, 石召华, 詹志来, 等. 响应面法优化金莲花总酚酸的提取工艺及其美白活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(6): 915-924.

[18] 王振吉, 杨申明, 张光勇. 首乌藤总黄酮提取工艺优化及抗氧化性研究[J]. 中国酿造, 2019, 38(3): 177-180.

[19] 樊晓霞, 王晓清. 藤类中药传统药性分析研究[J]. 首都医药, 2009, 15(2): 49-50.

[20] 卢 俊. 响应面优化核桃青皮总黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 饲料研究, 2023, 46(9): 97-102.

炆远志炮制工艺优化及其成分与色泽相关性分析

宋金菊¹, 钟凌云^{1*}, 薛 晓^{1*}, 解 杨¹, 李家晴¹, 王 卓¹, 黄 艺¹, 陈明霞², 刘 斌¹, 李育净¹
(1. 江西中医药大学, 江西 南昌 330004; 2. 建昌帮药业有限公司, 江西 抚州 344700)

摘要: **目的** 优化炆远志炮制工艺, 并对其成分与色泽进行相关性分析。**方法** 采用 Box-Behnken 响应面法确定加水
量、甘草用量、干燥温度工艺参数, AHP 法确定远志呋酮Ⅲ、阿魏酸、细叶远志皂苷、3, 6'-二芥子酰基蔗糖、醇浸
出物含量权重系数, 计算综合评分。采用色差仪量化炆远志色泽程度, Prism 关联性分析其成分与色泽之间的关系。
结果 最佳条件为每 100 g 远志加 5 倍量水, 甘草用量 7 g, 干燥温度 70 ℃。明亮度 (L 值) 与远志呋酮Ⅲ、醇浸出
物含量呈极显著正相关 ($P<0.01$), 与阿魏酸含量呈显著负相关 ($P<0.05$); 红绿色值 (a 值) 与醇浸出物、远志呋
酮Ⅲ含量均呈极显著负相关 ($P<0.01$); 总色度值 (Eab 值) 与醇浸出物含量呈极显著正相关 ($P<0.01$), 与远志呋
酮Ⅲ含量显著正相关 ($P<0.05$), 与阿魏酸含量呈显著负相关 ($P<0.05$)。**结论** 该方法合理可行, 可用于预测炆远
志饮片的质量。炆远志化学成分与色泽度具有显著相关性。

关键词: 炆远志; 炮制工艺; 成分; 色泽; Box-Behnken 响应面法; AHP 法; 相关性分析

中图分类号: R283 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2023)12-4085-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2023.12.039

收稿日期: 2022-08-26

基金项目: “江西省双千人才计划”项目 [赣才办字 (2019) 9 号]

作者简介: 宋金菊 (1996—), 女, 硕士, 从事中药炮制研究。E-mail: 1530324541@qq.com

* 通信作者: 钟凌云 (1971—), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 从事中药炮制机制、饮片质量标准研究。E-mail: ly1638163@163.com

薛 晓 (1980—), 女, 硕士, 讲师, 从事中医药文化研究。E-mail: 642358915@qq.com