

[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

远志为远志科植物远志 *Polygala tenuifolia* 或卵叶远志 *P. sibirica* 的干燥根，性温，味苦、辛，入心、肾、肺经，具益智安神、祛痰、消肿等作用^[1]。远志的炮制方法主要有去心、甘草制、蜜炙和煨制等^[2-3]，其中煨远志的特色炮制方法是 将甘草与远志共同放入药罐中，加水后用糠火煨制，不仅可消除“戟人咽喉”的副作用，还能增强其益智安神之功^[3-6]。有学者发现，煨远志可减轻对大鼠胃肠功能的抑制作用^[7]，提高心肾不交型失眠大鼠的记忆能力，且安神益智作用强于生品^[8]。然而，评价煨远志质量完全靠老药工的经验，主观性强，难以有效控制，故本实验将煨远志的成分与色泽度相关联，建立更客观的评价方法。

本实验将 Box-Behnken 响应面法和层次分析法（AHP）结合，进行煨远志炮制工艺的优化，再使用色差分析技术，将不同的煨远志样品粉末的外观颜色与内在成分相关联，研究分析煨远志的外观色泽与内在成分间的传递规律，为煨远志饮片在炮制过程中的质量监控提供数据支持，以实现煨远志的规范化生产。

1 材料

1.1 仪器 Waters 2965 高效液相色谱仪（美国 Waters 公司）；SHZ-D（Ⅲ）循环水式真空泵（巩义市予华仪器有限公司）；111-B 二两装高速中药粉碎机（浙江瑞安市永历制药机械有限公司）；Precision colorimetry SR-62 色差仪（深圳市三恩时科技有限公司）。

1.2 试剂与药物 远志（产地山西，批号 20200701，江西古汉精制中药饮片有限公司）、甘草（产地山西，批号 20181224，江西盱江生态科技有限公司）分别经江西中医药大学龚千锋、葛菲教授鉴定为正品。细叶远志皂苷（批号 CHB180329）、远志呋喃酮Ⅲ（批号 CHB180913）、阿魏酸（批号 CHB180206）、3，6'-二芥子酰基蔗糖（批号 CHB180429），均购于成都克洛玛生物科技有限公司。磷酸〔阿拉丁试剂（上海）有限公司〕。

2 方法与结果

2.1 煨远志制备 取 1.5 cm 远志段 100 g 和适量切制成斜片的生甘草，将两者放入煨药坛内，手动拌匀后，加入相应量的滑水或温水，盖好坛盖，放置于坛底两边以砖架起的围灶内，坛的四周用足量的干糠堆满，点火后煨制相应的时间^[2,6,9]，至糠尽药熟、坛内汤水基本吸干为度，起坛倒出，拣去甘草段，烘箱干燥至手握即碎，即得。

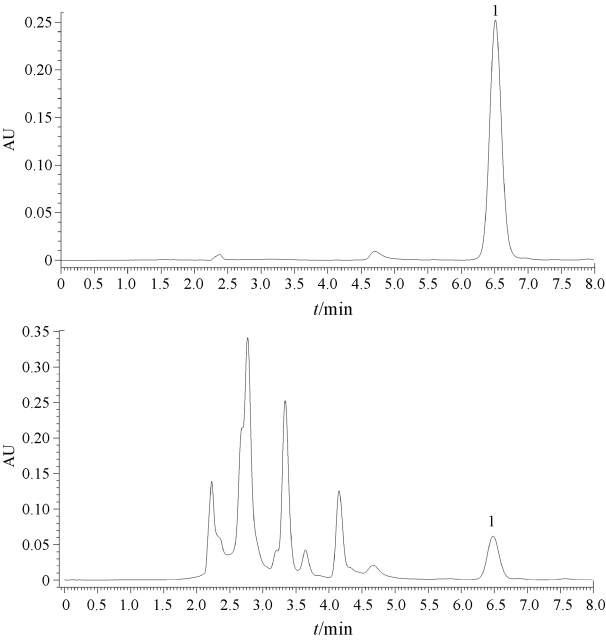
2.2 醇浸出物的定量测定 选用 2020 年版《中国药典》四部 2201（浸出物测定法）项下热浸法^[2]。

2.3 各成分含量测定 采用 HPLC 法。

2.3.1 色谱条件 参考文献〔2〕报道，采用 Waters Symmetry C₁₈ 色谱柱（4.6 mm×250 mm，5 μm）。

色谱条件 1：流动相甲醇（A）-0.05% 磷酸（70：30）；体积流量 1.0 mL/min；检测波长 210 nm；柱温 35 ℃；进样量 10 μL。色谱图见图 1。

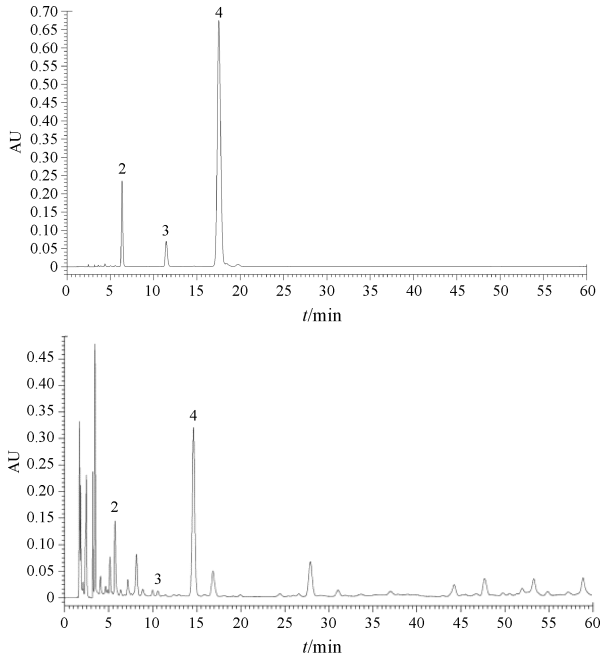
色谱条件 2：流动相乙腈（A）-0.05% 磷酸（B），梯度洗脱（0~20 min，18% A；20~60 min，18%~24% A）；



1. 细叶远志皂苷

图 1 对照品(A)、供试品(B) 溶液 HPLC 色谱图 (I)

体积流量 1.0 mL/min；柱温 35 ℃；检测波长 320 nm；进样量 20 μL。色谱图见图 2。



2. 远志呋喃酮Ⅲ 3. 阿魏酸 4. 3，6'-二芥子酰基蔗糖。

图 2 对照品 (A)、供试品 (B) 溶液 HPLC 色谱图 (II)

2.3.2 对照品溶液制备 精密称取各对照品适量，置于棕色量瓶中，甲醇溶解并稀释至刻度，超声处理 5 min，即得（远志呋喃酮Ⅲ、阿魏酸、细叶远志皂苷、3，6'-二芥子酰基蔗糖质量浓度分别为 0.28、0.11、1.006 6、0.312 5 mg/mL），在 4 ℃ 下保存。

2.3.3 供试品溶液制备 供试品溶液 1：精密称定过 3 号筛的煨远志粉末约 1 g，后续选用远志中细叶远志皂苷测定

含量方法，与 2020 年版《中国药典》方法^[2]一致。

供试品溶液 2：与崔月莉等^[10]报道一致，不同之处在于溶剂为 70% 甲醇，0.22 μm 微孔滤膜过滤。

2.3.4 方法学考察

2.3.4.1 线性关系考察 取“2.3.2”项下细叶远志皂苷对照品溶液适量，甲醇稀释 2、4、8、10、16、20 倍，配制质量浓度分别为 1.006 6、0.503 3、0.251 65、0.125 825、0.100 66、0.062 912 5、0.050 33 mg/mL 的溶液，在“2.3.1”项色谱条件 1 下进样测定。

精密吸取“2.3.2”项下阿魏酸、远志呋酮Ⅲ、3，6’-二芥子酰基蔗糖对照品溶液适量，甲醇将阿魏酸稀释 40、80、160、320、400 倍，分别制成质量浓度为 0.11、0.002 75、0.001 375、0.000 687 5、0.000 343 75、0.000 275 mg/mL 的溶液；将远志呋酮Ⅲ稀释 2、4、8、10、16 倍，分别制成质量浓度为 0.28、0.14、0.07、0.035、0.028、0.017 5 mg/mL 的溶液；将 3，6’-二芥子酰基蔗糖稀释 2、4、8、10、16 倍，分别制成质量浓度为 0.312 5、0.156 25、0.078 125、0.039 062 5、0.031 25、0.019 531 25 mg/mL 的溶液，在“2.3.1”项色谱条件 2 下进样测定。

以各成分峰面积为纵坐标（Y），质量浓度为横坐标（X）进行回归，结果见表 1，可知各成分在各自范围内线性关系良好。

表 1 各成分线性关系

成分	回归方程	R ²	线性范围/ (μg·mL ⁻¹)
细叶远志皂苷	Y=3×10 ⁶ X+15 727	0.999 7	0.050 33~1.006 6
远志呋酮Ⅲ	Y=3×10 ⁷ X-40 657	0.999 9	17.500~280.000
阿魏酸	Y=9×10 ⁷ X+4 760.1	1.000 0	0.275~110.000
3,6’-二芥子酰基蔗糖	Y=4×10 ⁷ X-72 272	0.999 7	19.530~312.500

2.3.4.2 精密度试验 精密吸取细叶远志皂苷对照品溶液 10 μL，在“2.3.1”项色谱条件 1 下进样测定 6 次，分别精密吸取另外 3 个对照品溶液 20 μL，在“2.3.1”项色谱条件 2 下进样测定 6 次，测得细叶远志皂苷、阿魏酸、3，6’-二芥子酰基蔗糖、远志呋酮Ⅲ峰面积 RSD 分别为 0.67%、0.32%、0.52%、0.19%，表明仪器精密度良好。

2.3.4.3 稳定性试验 精密吸取 10 μL “2.3.3”项下供试品溶液 1，在“2.3.1”项色谱条件 1 下进样测定；精密吸取 20 μL “2.3.3”项下的供试品溶液 2，在“2.3.1”项色谱条件 2 下进样测定，时间点均为 0、2、4、8、16、24 h，测得细叶远志皂苷、阿魏酸、3，6’-二芥子酰基蔗糖、远志呋酮Ⅲ峰面积 RSD 分别为 2.21%、0.92%、0.26%、1.18%，表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

表 3 各指标成对比较优先判断矩阵及其权重系数

指标	远志呋酮Ⅲ含量	阿魏酸含量	细叶远志皂苷含量	3,6’-二芥子酰基蔗糖含量	醇浸出物含量	W _i
远志呋酮Ⅲ含量	1	5	5	1/4	7	0.295 8
阿魏酸含量	1/5	1	1/2	1/4	3	0.082 8
细叶远志皂苷含量	1/5	2	1	1/4	3	0.109 2
3,6’-二芥子酰基蔗糖含量	4	4	4	1	7	0.471 1
醇浸出物含量	1/7	1/3	1/3	1/7	1	0.041 1

2.3.4.4 重复性试验 精密称取同一批炆远志粉末 6 份，按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液 1、2，分别在“2.3.1”项色谱条件 1、2 下进样测定，测得细叶远志皂苷、阿魏酸、3，6’-二芥子酰基蔗糖、远志呋酮Ⅲ含量 RSD 分别为 2.14%、1.34%、0.31%、0.85%，表明该方法重复性良好。

2.3.4.5 加样回收率试验 精密吸取“2.3.3”项下各成分含量已知的供试品溶液 1、2 各 0.5 mL，平行 6 份，置于具塞锥形瓶中，供试品溶液 1 中加入“2.3.2”项下细叶远志皂苷对照品溶液适量，在“2.3.1”项色谱条件 1 下进样测定；供试品溶液 2 中加入“2.3.2”项下阿魏酸、远志呋酮Ⅲ、3，6’-二芥子酰基蔗糖对照品溶液适量，在“2.3.1”项色谱条件 2 下进样测定，计算回收率。结果，各成分平均加样回收率分别为细叶远志皂苷 103.56%、阿魏酸 0.62%、远志呋酮Ⅲ 0.52%、3，6’-二芥子酰基蔗糖 2.10%。

2.4 指标成分权重确定

2.4.1 AHP 法 基于醇浸出物、细叶远志皂苷、远志呋酮Ⅲ和 3，6’-二芥子酰基蔗糖作为 2020 年版《中国药典》远志质量控制的关键性指标，阿魏酸为远志炆制后含量会上升的小分子酸^[10]，并且具有改善学习记忆障碍和神经保护作用^[11-12]，故将其纳入为评价炆远志炮制工艺的关键指标范畴。将这 5 个指标分为 5 个层次，建立炆远志炮制工艺评价层次结构模型，以含量多少和指向性明确为标准，醇浸出物指向性最低，故层级占比最小；阿魏酸指向性强但含量最低，层级占比高于醇浸出物；而细叶远志皂苷含量虽高，但提取方法和液相方法不同于其他指标成分，所以确定指标的重要性排序为 3，6’-二芥子酰基蔗糖>远志呋酮Ⅲ>细叶远志皂苷>阿魏酸>醇浸出物。两两比较重要性按照 1~9 的相对评分规则进行，评分标准见表 2，成分成对比较优先判断矩阵及权重系数见表 3，可知 CR=0.095 7<0.1，矩阵符合一致性检验^[13-14]，表明能在炆远志炮制工艺的优化评分中应用该权重系数。

表 2 各层级评分标准

相对评分/分	重要性定义
9	绝对重要/有优势
7	十分重要/有优势
5	比较重要/有优势
3	稍微重要/有优势
1	同等重要
2,4,6,8 倒数	两个相邻重要程度的中间评分 若甲相对于乙的重要性为 a,则乙相对于甲的重要性为 1/a

2.4.2 综合评分 (OD) 计算 公式为 $OD = (W_1 \times Y_1 / Y_{1max} + W_2 \times Y_2 / Y_{2max} + W_3 \times Y_3 / Y_{3max} + W_4 \times Y_4 / Y_{4max} + W_5 \times Y_5 / Y_{5max}) \times 100\%$ ，其中 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 、 Y_5 分别为远志、山酮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， Y_{1max} 、 Y_{2max} 、 Y_{3max} 、 Y_{4max} 、 Y_{5max} 分别为对应的最大值^[14]。

2.5 Box-Bohnken 响应面法 参考文献 [15] 报道和课题组前期研究^[2]，以加水量 (A)、甘草用量 (B)、干燥温度 (C) 为影响因素，远志、山酮Ⅲ (Y_1)、阿魏酸 (Y_2)、细

叶远志皂苷 (Y_3)、3, 6'-二芥子酰基蔗糖 (Y_4)、醇浸出物 (Y_5) 含量的综合评分 (OD) 为评价指标，因素水平见表 4，结果见表 5。

表 4 因素水平

水平	A 加水量/倍	B 甘草/g	C 干燥温度/℃
−1	3	5	40
0	4	6	60
1	5	7	80

表 5 试验设计与结果

试验号	A 加水量/倍	B 甘草/g	C 干燥温度/℃	Y_1 远志、山酮Ⅲ / (mg·g ^{−1})	Y_2 阿魏酸/ (mg·g ^{−1})	Y_3 细叶远志皂苷/ (mg·g ^{−1})	Y_4 3,6'-二芥子酰基蔗糖/(mg·g ^{−1})	Y_5 醇浸出物/ (g·g ^{−1})	OD/分
1	3(−1)	6(0)	40(−1)	2.439 7	0.126 7	15.074 6	6.884 3	38.588 4	81.106 2
2	5(1)	7(1)	60(0)	2.683 3	0.095 8	23.401 2	7.837 5	39.086 1	90.195 4
3	3	7	60	2.885 0	0.091 0	14.594 7	7.964 1	40.248 0	89.509 2
4	4(0)	6	60	2.881 9	0.087 3	25.194 5	8.043 3	39.397 7	93.560 2
5	4	7	40	2.577 5	0.100 6	29.275 0	7.083 3	39.952 0	87.450 0
6	4	7	80(1)	2.684 2	0.089 8	25.523 5	8.241 7	39.200 0	92.906 0
7	4	6	60	2.426 7	0.096 1	23.477 2	7.859 4	38.800 3	87.705 6
8	5	6	40	2.417 0	0.125 7	11.325 8	6.382 7	38.444 2	76.579 9
9	3	5(−1)	60	2.814 0	0.085 7	21.205 2	8.384 1	40.493 8	93.302 5
10	3	6	80	2.526 2	0.116 3	24.940 5	7.127 3	40.559 9	86.591 9
11	4	5	80	2.468 5	0.059 3	27.336 5	7.902 0	40.403 9	87.688 0
12	4	6	60	2.417 6	0.087 1	24.658 6	8.106 8	39.044 4	88.908 4
13	4	6	60	2.826 3	0.089 6	23.580 4	8.307 6	40.132 0	94.090 5
14	4	6	60	2.520 2	0.093 2	25.304 2	7.491 3	39.614 2	87.179 6
15	5	6	80	2.563 0	0.099 2	21.413 8	7.858 9	38.782 5	88.521 5
16	4	5	40	2.421 8	0.133 2	9.2489 0	6.632 4	38.074 8	77.686 2
17	5	5	60	2.427 1	0.104 9	27.403 5	6.819 6	36.744 5	83.670 4

通过 Design-Expert 8.06 软件对表 5 数据进行拟合，得方程为 $OD = 90.29 - 1.444A + 2.21B + 4.11C + 2.58AB + 1.61AC - 1.14BC - 2.18A^2 + 1.06B^2 - 4.91C^2$ ，方差分析见表 6。由此可知，模型 $F = 4.16$ ， $P = 0.036 8 < 0.05$ ；失拟项 $F = 0.75$ ， $P = 0.578 4 > 0.05$ ，可见模型具有高度显著性，可用于预测分析；一次项显著性依次为 $C > B > A$ ，二次项显著性依次为 $C^2 > A^2 > B^2$ ，交互项无显著性；因素 C 影响极显著 ($P < 0.01$)， C^2 影响显著 ($P < 0.05$)。

表 6 方差分析

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	361.77	9	40.20	4.16	0.036 8
A	16.65	1	16.65	1.72	0.230 8
B	39.22	1	39.22	4.06	0.083 9
C	135.18	1	135.18	13.98	0.007 3
AB	26.62	1	26.62	2.75	0.141 0
AC	10.42	1	10.42	1.08	0.333 7
BC	5.17	1	5.17	0.53	0.488 5
A ²	19.94	1	19.94	2.06	0.194 1
B ²	4.70	1	4.70	0.49	0.508 1
C ²	101.63	1	101.63	10.51	0.014 2
残差	67.68	7	9.67	—	—
失拟项	24.28	3	8.09	0.75	0.578 4
纯误差	43.40	4	10.85	—	—
校正总和	429.45	16	—	—	—

响应面分析见图 3。最终确定，最优工艺为每 100 g 1.5 cm 远志段加 5 倍量水、7 g 甘草，干燥温度 70 ℃。

2.6 验证试验 称取 1.5 cm 的远志段 100 g，平行 3 份，按“2.5”项下优化工艺进行炮制，测得综合评分分别为 89.16、88.87、89.90 分，表明该工艺稳定可行。

2.7 色度值测定 采用 Precision colorimetry SR-62 色差仪，设置测定条件为 D65 光源，孔径 4 mm，SCE 模式，对仪器进行黑白板校正。该模式下 L、a、b 代表各个炮制品的色度值，Eab 为总色度值，其中 L 为明亮度，a 和 b 分别调控 2 个色调方向，L 值越大，明亮度越高，表现为越白，反之越黑；a 调控红色和绿色，+a 表示与 a 值呈正相关，调控红色，−a 表示与 a 值呈负相关，调控绿色；b 调控黄色和蓝色，+b 表示与 b 值呈正相关，调控黄色，−b 表示与 b 值呈负相关，调控蓝色^[16-18]。

先取与“2.5.1”项下炆远志同批次的生品粉末进行标样测定，再取“2.5.1”项下 17 组炆远志粉末作为供试品依次测定，平行 3 次，取平均值，结果见表 7。远志生品中，各成分含量分别为远志、山酮Ⅲ 3.339 2 mg/g、阿魏酸 0.035 3 mg/g、细叶远志皂苷 26.842 3 mg/g、3, 6'-二芥子酰基蔗糖 7.585 9 mg/g、醇浸出物含量 44.800 0 g/g。

2.8 相关性分析 根据炆远志不同炮制品中色度值 L、a、b 值和 5 个指标的含量制作相应的变化趋势图，将两者进行

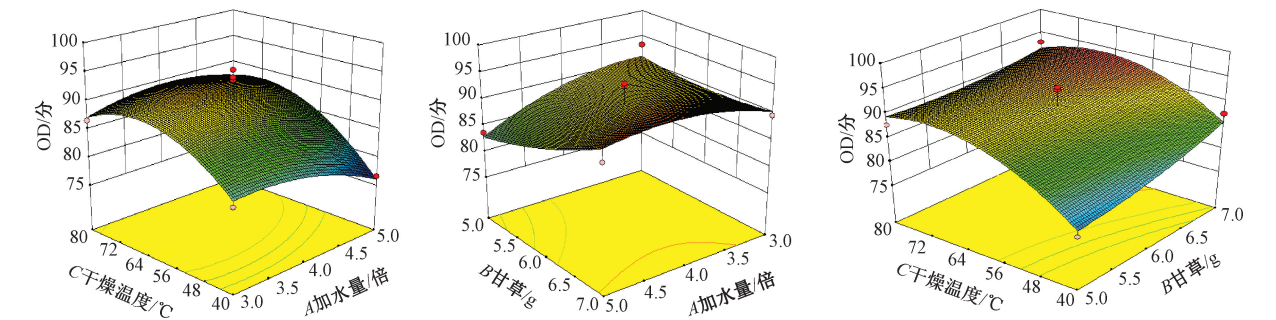


图 3 加水量 (A)、甘草用量 (B)、干燥温度 (C) 响应面图

表 7 生远志、炆远志 L、a、b 值

编号	L	a	b	Eab
生品	53.103 3	11.376 7	28.636 7	61.395 9
1	41.903 3	14.986 7	27.730 0	52.435 1
2	42.273 3	15.660 0	29.146 7	53.682 4
3	43.510 0	15.190 0	29.540 0	54.740 0
4	41.606 7	14.313 3	27.613 3	51.946 9
5	43.793 3	14.960 0	29.206 7	54.723 7
6	46.393 3	15.073 3	31.780 0	58.219 5
7	39.666 7	15.470 0	26.963 3	50.396 3
8	42.446 7	15.290 0	28.683 3	53.462 5
9	40.230 0	16.020 0	27.793 3	51.454 5
10	45.326 7	15.890 0	31.630 0	57.510 5
11	44.530 0	15.766 7	30.856 7	56.423 8
12	41.860 0	15.773 3	28.930 0	53.272 9
13	43.446 7	15.540 0	29.826 7	54.943 0
14	44.080 0	15.023 3	30.020 0	55.407 1
15	44.600 0	15.890 0	31.173 3	56.687 2
16	43.266 7	14.483 3	28.166 7	53.620 3
17	42.290 0	15.516 7	28.600 0	53.358 9

关联性分析^[19]，结果见图 5~6、表 8。

结果显示，炆远志成分含量的高低影响着色泽的变化，其关联性表现为醇浸出物和远志呋喃酮Ⅲ含量调控亮度和绿色，含量越高越亮白、越绿；阿魏酸含量调控黑色和红色，阿魏酸含量越高越黑、越红；醇浸出物和远志呋喃酮Ⅲ含量越高，Eab 值越大；阿魏酸含量越高，Eab 值越小。虽然由表 7 的相关性分析数据可知，b 值各个指标之间的相关性没有显著性，但远志生品的外观为黄棕色，与 b 值关系密切，故做进一步的分析。结果，b 值与细叶远志皂苷、3，6'-二芥子酰基蔗糖和醇浸出物含量呈正相关，与阿魏酸和远志呋喃酮Ⅲ含量呈负相关。由表 4 可知，1 g 炆远志中各成分含量依次为醇浸出物>细叶远志皂苷>3，6'-二芥子酰基蔗糖>远志呋喃酮Ⅲ>阿魏酸；远志炆制后，醇浸出物、3，6'-二芥子酰基蔗糖、远志呋喃酮Ⅲ含量有不同程度的下降，阿魏酸含量有所上升，表明炆远志的外观色泽度变化与其内在指标成分含量的变化具有一致性，可通过将直观的饮片外观颜色与内在的成分相关联，作为鉴定饮片质量的新

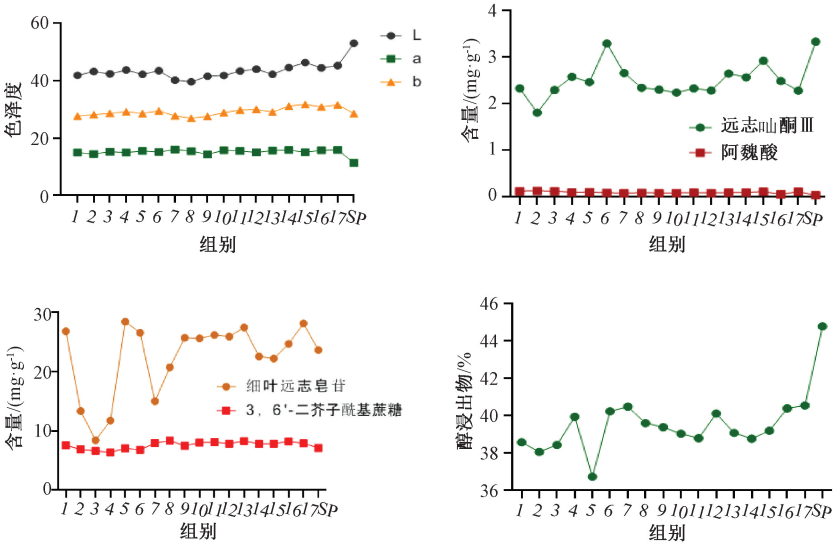


图 5 色度值、成分含量变化趋势

方法。

3 讨论与结论

本研究以《建昌帮中药传统炮制法》和 2008 年版《江西省中药饮片炮制规范》为基础，选择 5 种关键成分作为

评价指标，采用响应面法对影响炆远志饮片质量的 3 个因素进行优化，探究能否通过改变炆远志炮制过程中的加水量、甘草用量和干燥温度来把控饮片生产过程中的质量。实验数据显示，炮制工艺因素对炆远志影响程度由大到小

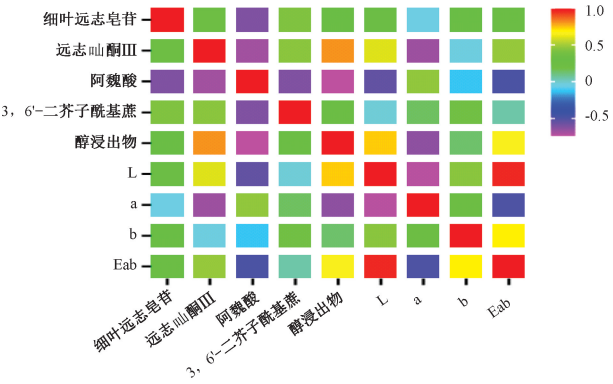


图 6 成分含量与色度值相关性热图

表 8 成分含量秩检验相关性分析

指标	L	a	b	Eab
细叶远志皂苷含量	0.301	-0.840	0.250	0.211
远志吡啶酮III含量	0.009**	-0.002**	-0.886	0.049*
阿魏酸含量	-0.018*	0.054	-0.629	-0.037*
3,6'-二芥子酰基蔗糖含量	-0.928	0.573	0.482	0.852
醇浸出物含量	0.001**	-0.004**	0.609	0.004**

注：* $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

排序为干燥温度>甘草用量>加水量，其中干燥温度对远志
炆制工艺具有显著差异 ($P<0.05$)，最终确定最优炆制工
艺为 100 g 远志加 5 倍水、7 g 甘草，干燥温度 70 ℃。

中药饮片的质量评价主要由外观性状和内在质量综合
确定，本研究将表面颜色与内在成分进行关联分析^[20]增加
外观颜色来判定炆远志饮片炮制程度^[21]，进而把控其饮片
质量。传统经验认为，远志主要以筒粗、肉厚、去净木心
为佳^[22]，但由于远志炆制后，肉眼难以辨别外观性状的差
异。因此，本实验采用色差仪对炆远志粉末的表面颜色进
行数据分析，结果表明炆远志饮片外观颜色受醇浸出物、
远志吡啶酮III和阿魏酸含量影响，醇浸出物和远志吡啶酮III
含量越高，越亮绿，反之越黑红；阿魏酸含量越高，越黑
红，反之越亮绿。研究数据表明，与生品相比，远志炆制
后醇浸出物和远志吡啶酮III含量降低，阿魏酸含量升高，表
面颜色变化趋向黑红，与内在指标成分含量的变化具有一
致性。

参考文献：

[1] 高学敏. 中药学[M]. 北京：人民卫生出版社，2000：1327-1328.

[2] 张金莲，张文然，刘明贵，等. 多指标正交法优化建昌帮炆远志炮制工艺[J]. 江西中医药大学学报，2018，30（2）：59-62.

[3] 高 慧，黄 雯，熊之琦，等. 远志的炮制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志，2020，26(23)：209-218.

[4] 江西省食品药品监督管理局. 江西省中药饮片炮制规范[S]. 上海：上海科学技术出版社，2008：81.

[5] 宋金菊，钟凌云，解 杨，等. 中药特色炮制炆法的历史考证与现代研究[J]. 中成药，2021，43(11)：3108-3112.

[6] 梅开丰，张帆祥. 建昌帮中药传统炮制法[M]. 南城：江西省南城县整理建昌帮中药传统小组，1986.

[7] Cui Y L, Zhao X Q, Tang Y, *et al.* Comparative study on the chemical components and gastrointestinal function on rats of the raw product and licorice-simmered product of *Polygala tenuifolia* [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021，2021(23)：1-14.

[8] 赵 鑫，崔月莉，吴 鹏，等. 远志与炆远志对心肾不交失眠大鼠学习记忆，HPA 轴功能及神经递质的调控作用[J]. 中国实验方剂学杂志，2021，27(11)：147-154.

[9] 易炳学，钟凌云，龚千锋. 江西建昌帮炆法特色炮制及其现代研究思路[J]. 时珍国医国药，2012，23（7）：1755-1756.

[10] 崔月莉，吴 鹏，张丹捷，等. 远志与炆远志 HPLC 指纹图谱比较[J]. 中药材，2020，43(3)：575-581.

[11] 王 倩，秦伟伟，张杰文. 阿魏酸通过修复线粒体分裂-融合失衡机制改善 Aβ 诱导的 AD 模型小鼠学习记忆障碍[J]. 中国药理学杂志，2019，54(9)：703-710.

[12] 罗 云，赵海平，张 婧，等. 阿魏酸对血管性痴呆大鼠学习记忆障碍的改善作用及其机制研究[J]. 药学报，2012，47(2)：256-260.

[13] 张 琳，周 欣，闫 丹，等. 基于 CRITIC-AHP 权重分析法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优化陈皮饮片炮制工艺[J]. 中草药，2018，49(16)：3829-3834.

[14] 赵永峰，陈志敏，权 亮，等. 多指标层次分析法结合 D-最优设计响应面法优化黄丝郁金酒炙工艺[J]. 亚太传统医药，2018，14(5)：67-70.

[15] 王颖莉. 远志主要化学部位特性的研究及其干燥热解过程的影响[D]. 太原：太原理工大学，2012.

[16] 崔美娜，钟凌云，兰泽伦，等. 法半夏多物料多流程炮制工艺及饮片色泽研究[J]. 中华中医药杂志，2022，37（2）：1051-1055.

[17] 徐红霞，吴沂芸，裴 瑾，等. 红花黄酮类成分与其色度值相关性研究[J]. 中药材，2018，41(1)：49-54.

[18] 杨 丽，龚隼婷，许铭珊，等. 基于“表里关联”的大黄炭炮制过程颜色和成分变化关系研究[J]. 中草药，2020，51(22)：5705-5713.

[19] 解 杨，钟凌云，薛 晓，等. 基于多指标-响应曲面法优化炆地黄炮制工艺及成分与色泽相关性分析[J]. 中国中药杂志，2022，47(18)：4927-4937.

[20] 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化及其利尿作用考察[J]. 中国实验方剂学杂志，2020，26(20)：124-131.

[21] 孟庆安，刘恩顺. 实现中药颜色客观化表达的研究思路探讨[J]. 天津中医药，2014，31(11)：696-699.

[22] 谢万宗. 中药材品种论述[M]. 上海：上海科学技术出版社，1964.