

基于层次分析法-熵权法结合Box-Behnken响应面法优选朝鲜淫羊藿煮散剂煎煮工艺



樊 华¹, 张 伟², 董玉峰², 张秀云², 薛健楠³, 齐 滨¹, 刘 莉¹

1. 长春中医药大学药学院 (长春 130117)
2. 吉林敖东延边药业股份有限公司 (吉林敦化 133700)
3. 辽源市中心医院药学部 (吉林辽源 136200)

【摘要】目的 优选出朝鲜淫羊藿煮散剂的最佳粉碎粒度及煎煮工艺。**方法** 采用 HPLC 法与紫外-可见分光光度法对加水量、浸泡时间及煎煮时间 3 个因素进行考察,以总黄酮、淫羊藿苷、干膏率为样品的考察指标,运用层次分析法-熵权法进行综合评分,优选出朝鲜淫羊藿煮散剂的最佳粉碎粒度,同时结合 Box-Behnken 响应面法优选出朝鲜淫羊藿煮散剂的煎煮工艺。**结果** 朝鲜淫羊藿煮散剂的最佳制备工艺为:将其粉碎至过 4~5 目筛,随后加入 12 倍量的水,浸泡 15 min 后,煎煮 40 min。**结论** 本研究优选的朝鲜淫羊藿煮散剂粒度科学合理,所确定的煎煮工艺简便可行,整体契合实际生产需求,利于工业化应用。

【关键词】 朝鲜淫羊藿;煮散剂;粉碎粒度;煎煮工艺;层次分析法-熵权法;Box-Behnken 响应面法;高效液相色谱法;紫外-可见分光光度法

【中图分类号】 R283

【文献标识码】 A

Optimization of the decoction process for *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder based on analytic hierarchy process-entropy weighting method combined with Box-Behnken design-response surface method

FAN Hua¹, ZHANG Wei², DONG Yufeng², ZHANG Xiuyun², XUE Jiannan³, QI Bin¹, LIU Li¹

1. School of Pharmacy, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China

2. Jilin Aodong Yanbian Pharmaceutical Co., Ltd, Dunhua 133700, Jilin Province, China

3. Department of Pharmacy, Liaoyuan Central Hospital, Liaoyuan 136200, Jilin Province, China

Corresponding author: LIU Li, Email: Li_Liu0203@126.com

【Abstract】Objective To optimize the optimal crushing particle size and boiling process for *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder. **Methods** High-performance liquid chromatography (HPLC) and ultraviolet-visible spectrophotometry (UV-vis spectrophotometry) were employed to investigate three factors of water addition amount, soaking time, and boiling time. Using total flavonoids, icariin, and dry extract rate as the sample evaluation indicators, the analytic hierarchy process-entropy weight method was used for comprehensive scoring to select the optimal crushing particle size of *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder. At the same time, Box-Behnken response surface methodology was used to optimize the boiling process of *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder. **Results** The optimal preparation process for *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202505069

基金项目: 吉林省科技发展计划项目 (20230204017YY)

通信作者: 刘莉, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, Email: Li_Liu0203@126.com

was as follows: it was crushed to pass through a 4-5 mesh sieve, then added with 12 times the amount of water, soaked for 15 minutes, and boiled for 40 minutes. **Conclusion** The selected particle size of *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder in this study is scientifically reasonable, and the determined boiling process is simple and feasible, which overall meets the actual production needs and is conducive to industrial application.

【Keywords】*Epimedium koreanum* Nakai.; Boiled powder; Crushing particle size; Boiling process; Analytic hierarchy process-entropy weight method; Box-Behnken response surface methodology; High-performance liquid chromatography; Ultraviolet-visible spectrophotometry

朝鲜淫羊藿 (*Epimedium koreanum* Nakai.) 具有补肾阳、强筋骨、祛风湿等功效。其化学成分复杂多样, 其中黄酮类化合物为主要生物活性成分, 此外还包含木脂素类、甾体类等成分^[1]。现代药理学研究表明, 淫羊藿苷具有调节免疫功能、促进骨形成、保护心脑血管等作用; 淫羊藿提取物亦表现出抑菌、抗炎、抗病毒活性, 并可用于哮喘的辅助治疗^[2-4]。

中药煮散是一种将中药材或饮片粉碎至特定粒度后, 加水煎煮, 去渣取汁所制成的液体制剂^[5-6]。与传统汤剂相比, 煮散既保留了易吸收、起效快的特点, 又具备节省药材、提高煎出率、降低生产成本等优势^[7-9]。

本研究以朝鲜淫羊藿传统饮片为原料, 将其依次粉碎并过筛, 制备出 4~5、5~10、10~24、24~50、50~65 目共 5 种不同粒度的煮散粉末样品。以干膏率、淫羊藿苷含量和总黄酮含量为评价指标, 采用层次分析法-熵权法 (analytic hierarchy process-entropy weight method, AHP-EWM)^[10] 进行综合评分, 优选最佳粉碎粒度; 进一步运用 Box-Behnken 响应面法^[11] 优化煎煮工艺, 并对工艺条件进行验证, 以期中药煮散剂的后续研究与开发提供参考依据。

1 材料

1.1 主要仪器

Agilent 1260 高效液相色谱仪 (美国安捷伦科技有限公司); 723PC 型紫外-可见分光光度计 (上海叶拓科学仪器有限公司); BSM-220.3 型电子天平 (上海卓精电子科技有限公司); LC-HRB-100 型电热鼓风干燥箱 (上海力辰邦西仪器科技有限公司); KQ-500DE 超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); EC35T8- 微电脑商用电陶炉 (逸臣集团有限公司); 1000A 型多功能粉碎机 (深圳艾尔莎科技有限公司)。

1.2 主要药品与试剂

朝鲜淫羊藿饮片 (产地: 吉林省通化市, 批号: 309001) 购自吉林敖东延边药业股份有限公司, 经长春中医药大学肖井雷教授鉴定为小檗科植物朝鲜淫羊藿的干燥叶; 淫羊藿苷 (中国食品药品检定研究院, 批号: 2024003, 纯度 99.9%); 乙腈和甲醇为色谱纯, 其余试剂均为分析纯, 水为娃哈哈纯净水。

2 方法与结果

2.1 朝鲜淫羊藿煮散剂的制备

2.1.1 不同粒度煮散饮片的制备

将净选后的朝鲜淫羊藿传统饮片粉碎, 并过筛制备成 4~5、5~10、10~24、24~50、50~65 目 5 种不同粒度的样品, 备用^[12-13]。

2.1.2 煮散剂的制备

分别称取 5 种不同粒度的煮散粉末及朝鲜淫羊藿饮片样品各 20 g, 加入 12 倍量水, 浸泡 30 min。先以武火煮沸, 再改用文火继续煎煮 30 min。煎煮结束后滤取药液, 待冷却后转移至 60℃ 烘箱中干燥至恒重。

2.2 干膏得率的测定

精密量取 “2.1.2” 项下所得煎煮液 25 mL, 置于已恒重的蒸发皿中, 于水浴上蒸干, 再于 105℃ 烘箱中干燥至恒重。取出后置于干燥器中冷却至室温, 精密称定质量, 据此计算 5 种不同粒度煮散剂及朝鲜淫羊藿饮片样品的干膏得率, 结果见表 1。

2.3 淫羊藿苷含量的测定

2.3.1 色谱条件

色谱柱: ODS-3 C₁₈ 柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈 (A) - 水 (B), 梯度洗脱 (0~30 min, 24%→26% A; 30~31 min, 26%→45% A; 31~45 min, 45%→47% A); 检测波长: 270 nm; 柱温: 30℃; 流速: 1.0 mL/min; 进样量: 10 μL^[14]。

2.3.2 对照品溶液的制备

精密称取淫羊藿苷对照品 4.58 mg，加甲醇溶解并定容，制成每 1 mL 含 22.92 μg 的溶液。

2.3.3 供试品溶液的制备

精密称取“2.1.2”项下所得的干膏 0.25 g，置 50 mL 锥形瓶中，加入 75% 乙醇 50 mL，称定重量，超声处理（功率：200 W，频率：50 kHz）45 min，取出，放冷，再次称重，用 75% 乙醇补足减失的重量，摇匀，滤过，取续滤液经 0.22 μm 微孔滤膜过滤，即得朝鲜淫羊藿 5 种不同粒度的供试品溶液。

2.3.4 测定方法

在上述色谱条件下，淫羊藿苷的线性范围为 0.012 5~0.200 0 mg/mL，平均回收率为 101.64%，RSD 为 0.98%（n=6），精密度、重复性、稳定性均符合要求。依次精密注入空白溶液（75% 乙醇）、对照品溶液与供试品溶液各 10 μL，记录色谱图（图 1），测定淫羊藿苷峰的峰面积。采用外标法，计算样品中淫羊藿苷的含量，结果见表 1。

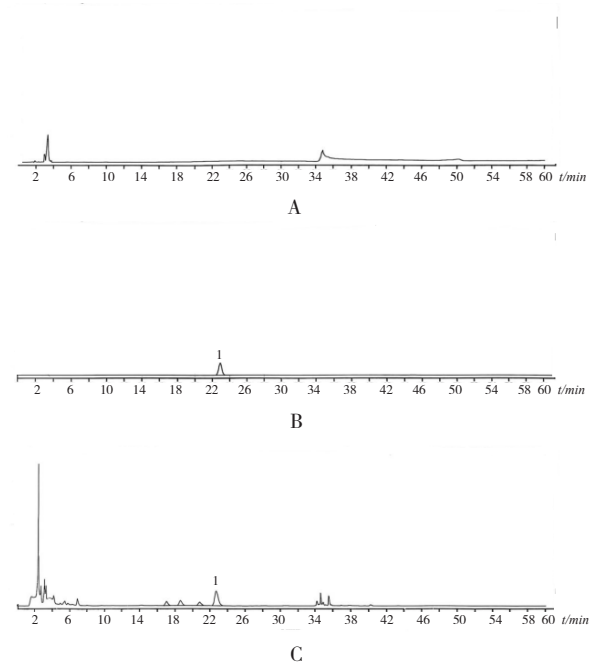


图1 HPLC色谱图

Figure 1. HPLC chromatogram

注：A. 空白溶液；B. 对照品溶液；C. 供试品溶液（4~5目煮散粉末）；1. 淫羊藿苷。

表1 朝鲜淫羊藿不同粒度的煮散剂成分含量及干膏得率测定结果

Table 1. Determination results of component content and dry extract rate in *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder with different particle sizes

样品	试验号	干膏率（%）	总黄酮含量（mg/g）	淫羊藿苷含量（mg/g）
4~5目煮散粉末	1	11.81	200.36	30.31
	2	12.31	199.17	30.06
	3	11.28	199.27	29.36
	均值	11.80	199.60	29.91
5~10目煮散粉末	1	10.62	150.27	17.27
	2	10.13	149.96	17.36
	3	10.15	149.20	17.17
	均值	10.30	149.81	17.27
10~24目煮散粉末	1	11.03	162.31	20.04
	2	10.82	163.46	20.96
	3	10.91	162.90	20.37
	均值	10.92	162.89	20.46
24~50目煮散粉末	1	12.46	178.56	24.69
	2	12.31	179.01	24.37
	3	12.13	179.43	24.26
	均值	12.30	179.00	24.44
50~65目煮散粉末	1	9.96	176.31	23.96
	2	10.25	175.96	24.47
	3	10.69	175.73	24.77
	均值	10.30	176.00	24.40
朝鲜淫羊藿饮片	1	11.30	140.12	15.05
	2	11.00	139.39	15.26
	3	10.80	139.46	14.95
	均值	11.03	139.66	15.09

2.4 总黄酮含量的测定

精密称取淫羊藿苷对照品 0.221 4 g，加稀乙醇溶解并定容，制成浓度为 0.110 7 g/mL 的对照品溶液。另精密称取“2.1.2”项下干膏粉约 0.13 g，置 50 mL 具塞锥形瓶中，加入稀乙醇 50 mL，称定重量，超声处理（功率：200 W，频率：50 kHz）30 min，取出放冷，再次称重，用稀乙醇补足减失的重量，摇匀，滤过，精密量取续滤液 1 mL，置 50 mL 量瓶中，加稀乙醇稀释至刻度，摇匀，即得供试品溶液。以稀乙醇为空白，于 270 nm 波长处测定吸光度。总黄酮的线性范围为 0.002 2~0.006 4 mg/mL，平均回收率为 101.33%，RSD 为 0.18%（n=6），精密度、重复性、稳定性均符合要求。采用标准曲线法，计算样品中总黄酮的含量，结果见表 1。

2.5 权重计算

2.5.1 AHP 计算权重

AHP 是一种将定性问题转化为定量评价的主观赋权方法^[15-16]。本研究以朝鲜淫羊藿饮片及其 5 种不同粒度煮散粉末的淫羊藿苷含量、干膏率和总黄酮含量作为评价指标，根据各指标影响的显著程度进行量化，采用一致矩阵法构建判断优先矩阵（表 2）。随后，运用和积法计算得出总黄酮、干膏率与淫羊藿苷的权重系数分别为 0.375 0、0.500 0 和 0.125 0。经一致性检验，一致性比率（consistency ratio, CR）为 0（小于 0.1 的临界值），表明判断矩阵具有满意的一致性，所计算得的权重系数有效。最终确定各指标的重要性顺序为：干膏率>总黄酮含量>淫羊藿苷含量。

表2 3种评价指标成对比较优先判断矩阵

Table 2. Pairwise comparison priority judgment matrix of three evaluation indicators

权重指标	淫羊藿苷	干膏率	总黄酮	权重系数
淫羊藿苷	1	1/4	1/3	0.125 0
干膏率	4	1	4/3	0.500 0
总黄酮	3	3/4	1	0.375 0

2.5.2 EWM 计算权重

EWM 是一种基于指标离散程度进行评价的客观赋权法^[11]。该方法通过信息熵值判断指标的离散程度，熵值越大，离散程度越小，因此可以利用信息熵计算权重，对指标进行评价^[17]。具体计算步骤如下：首先对原始数据进行预处理，对于正向指标按公式（1）进行处理；之后按公式（2）进行数据平移；再根据公式（3）完成标

准化处理；随后依据公式（4）计算各指标的信息熵值；最后按公式（5）计算各指标的客观权重。经熵权法计算，得到干膏率（%）的权重为 0.516 8，总黄酮含量（mg/g）的权重为 0.242 8，淫羊藿苷含量（mg/g）的权重为 0.240 4。

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad \text{公式（1）}$$

$$Y_{ij} = Y_{ij} + 0.0001 \quad \text{公式（2）}$$

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \quad \text{公式（3）}$$

$$E_j = -k[P_{ij} \ln(P_{ij})] [K = 1/\ln(n)] \quad \text{公式（4）}$$

$$W_j = \frac{1 - e_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1 - e_{ij})} \quad \text{公式（5）}$$

式中， X_{ij} 为第 i 个样品中第 j 个指标的取值， X_{\min} 、 X_{\max} 分别表示第 i 个样品中最小值和最大值， P_{ij} 为第 i 个样品第 j 个指标所占的比例， E_j 为样品中第 j 个指标的信息熵值， W_j 为样品中第 j 个指标的权重系数值，m 为被评对象的数目，n 为指标个数。

2.5.3 复合权重

将 AHP 与 EWM 相结合，设定由 AHP 得到的主观权重为 W_a ，由 EWM 得到的客观权重为 W_b ，复合权重为 W_c 。根据公式（6）计算，得到总黄酮、干膏得率与淫羊藿苷含量的复合权重系数分别为 0.240 0、0.680 9 和 0.079 1。

$$W_c = \frac{W_a W_b}{\sum_{i=1}^i W_a W_b} \quad \text{公式（6）}$$

2.6 煮散饮片最佳粒度确定

基于复合权重对不同粒度的煮散剂进行综合评分，结果见表 3。由结果可知，过 4~5 目筛的朝鲜淫羊藿煮散粉末综合评分最高，表明其为本研究中的最佳粉碎粒度。

表3 朝鲜淫羊藿不同粒度的煮散剂的综合评分（分）

Table 3. Comprehensive evaluation of boiled powder of different particle sizes of *Epimedium koreanum* Nakai. (points)

排名	样品	综合评分
1	4~5目煮散粉末	97.232 1
2	24~50目煮散粉末	95.716 3
3	10~24目煮散粉末	85.338 1
4	50~65目煮散粉末	84.602 5
5	5~10目煮散粉末	79.599 4
6	朝鲜淫羊藿饮片	42.234 8

2.7 煎煮工艺研究

2.7.1 单因素试验

①加水量考察。称取朝鲜淫羊藿煮散饮片

20 g, 分别加入 8、10、12、14、16 倍量的水, 浸泡 30 min 后煎煮 30 min; 制备淫羊藿苷与总黄酮的供试品溶液, 以干膏率、总黄酮含量及淫羊藿苷含量为评价指标进行综合评分, 结果见图 2。如图所示, 当加水量为 12 倍时, 综合评分最高。因此, 选择加水量 10、12、14 倍时 3 个水平进行后续的响应面优化分析。

②浸泡时间考察。称取朝鲜淫羊藿煮散饮片 20 g, 加入 12 倍量的水, 分别浸泡 0、15、30、45、60 min 后煎煮 30 min; 制备淫羊藿苷与总黄酮的供试品溶液, 以干膏率、总黄酮含量及淫羊藿苷含量为评价指标进行综合评分, 结果见图 3。如图所示, 当浸泡时间为 15 min 时, 综合评分最高。因此, 选择浸泡时间 0、15、30 min 时 3 个水平进行后续的响应面优化分析。

③煎煮时间考察。称取朝鲜淫羊藿煮散饮片 20 g, 加入 12 倍量的水, 浸泡 45 min 后分别煎煮 10、20、30、40、50 min; 制备淫羊藿苷与总黄酮的供试品溶液, 以干膏率、总黄酮含量及淫羊藿苷含量为评价指标进行综合评分, 结果见图 4。如图所示, 当煎煮时间为 40 min 时, 综合评分最高。因此, 选择煎煮时间 30、40、50 min 时 3 个水平进行后续的响应面优化分析。

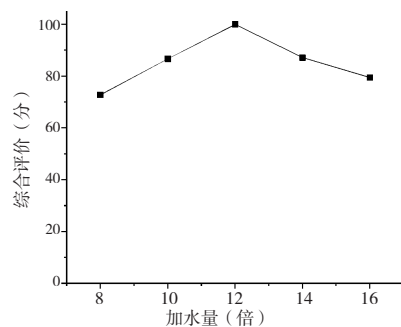


图2 加水量考察结果 (n=3)

Figure 2. Investigation results of water addition amount (n=3)

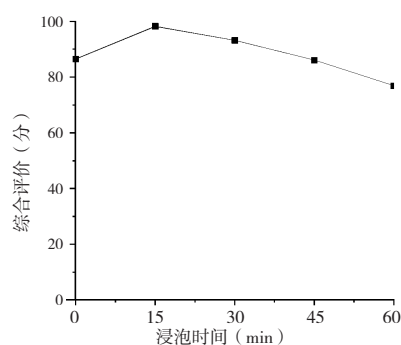


图3 浸泡时间考察结果 (n=3)

Figure 3. Investigation results of soaking time (n=3)

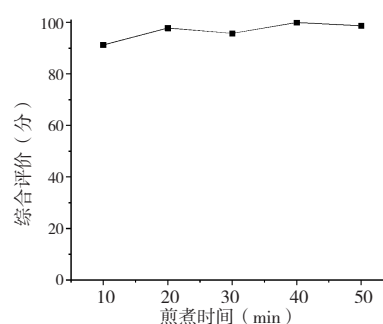


图4 煎煮时间考察结果 (n=3)

Figure 4. Investigation results of decoction time (n=3)

2.7.2 Box-Behnken响应面法优化煎煮工艺

在单因素试验结果的基础上, 选取加水量 (A)、浸泡时间 (B) 与煎煮时间 (C) 作为关键考察因素。应用 Design-Expert 13 软件, 采用 Box-Behnken 设计原理, 建立三因素三水平的响应面分析模型。各因素的水平设置见表 4。

表4 响应面因素水平表

Table 4. Factors and levels table for response

surface test			
水平	加水量A (倍)	浸泡时间B (min)	煎煮时间C (min)
-1	10	0	30
0	12	15	40
1	14	30	50

根据已确定的试验方案进行 Box-Behnken 试验, 采用 Design-Expert 13 软件对试验结果进行统计分析。各试验因素与响应值结果见表 5, 回归模型的方差分析结果见表 6。通过软件分析, 得到煎煮工艺综合评价指标 (Y) 与加水量 (A)、浸泡时间 (B) 和煎煮时间 (C) 的二次回归方程如下: $Y=96.07+1.61A+3.52B+1.57C-0.0405AB+0.1534AC+0.0403BC-10.29A^2-11.85B^2-11.24C^2$ 。

根据方差分析结果可知, 该模型的 P 值小于 0.000 1, 表明所选用的二次回归方程模型具有高度显著性, 可靠性强。同时, 失拟项的 P 值为 0.843 9 (大于 0.05), 说明模型与试验数据拟合良好, 未观测到显著的系统偏差, 因此该模型可用于对不同条件下朝鲜淫羊藿煮散煎煮工艺的效果进行分析与预测。

2.8 最佳煎煮工艺条件确定

利用 Design-Expert 13 软件对朝鲜淫羊藿煮散剂煎煮工艺中各因素的影响进行分析, 绘制了因素间交互作用对应的响应面与等高线图 (图 5)。由图可知, 在固定某一因素水平不变时,

表5 响应面试验设计及结果
Table 5. Design and results of response surface test

序号	A	B	C	淫羊藿苷含量 (mg/g)	总黄酮含量 (mg/g)	干膏率 (%)	综合评分 (分)
1	10	0	40	29.00	228.73	10.79	68.13
2	14	0	40	30.50	236.36	11.39	71.49
3	10	30	40	29.30	238.91	12.60	76.46
4	14	30	40	32.31	249.54	13.03	79.67
5	10	15	30	31.90	257.41	10.96	71.61
6	14	15	30	34.61	264.00	11.39	74.44
7	10	15	50	31.42	264.93	11.50	74.36
8	14	15	50	30.90	269.51	12.27	77.80
9	12	0	30	33.81	250.92	10.24	68.49
10	12	30	30	33.32	258.90	11.50	74.25
11	12	0	50	30.25	262.10	10.95	71.64
12	12	30	50	32.71	270.70	12.10	77.55
13	12	15	40	41.70	305.11	15.17	94.66
14	12	15	40	40.22	290.41	16.43	98.45
15	12	15	40	40.60	306.60	15.72	96.84
16	12	15	40	40.79	297.56	15.43	97.64
17	12	15	40	41.68	301.87	15.37	95.20

表6 响应面试验方差分析结果
Table 6. Results of analysis of variance of response surface test

方差来源	平方和	自由度	均方差	F	P
模型	1 395.15	9	155.02	76.06	<0.000 1
A-加水量	20.61	1	20.61	10.11	0.024 5
B-浸泡时间	99.26	1	99.26	48.71	0.000 9
C-煎煮时间	19.72	1	19.72	9.68	0.026 5
AB	0.005 6	1	0.005 6	0.002 8	0.960 1
AC	0.093 0	1	0.093 0	0.045 6	0.839 3
BC	0.005 6	1	0.005 6	0.002 8	0.960 1
A ²	412.62	1	412.6 2	202.46	<0.000 1
B ²	544.28	1	544.28	267.06	<0.000 1
C ²	490.54	1	490.54	240.69	<0.000 1
残差	10.19	5	2.04		
失拟项	2.95	3	0.984 6	0.272 1	0.843 9
纯误差	7.24	2	3.62		
所有项	1 405.34	14			

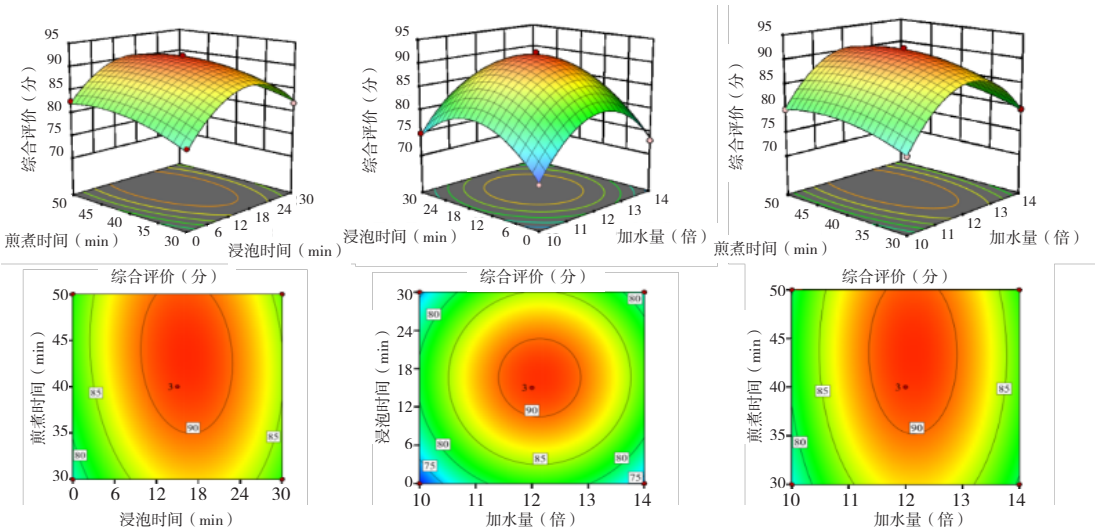


图5 朝鲜淫羊藿煮散剂响应面图

Figure 5. Response surface plot of *Epimedium koreanum* Nakai. boiled powder

可直观反映其余两因素交互作用对综合评分的影响。分析表明,各因素对煎煮工艺综合评分的影响主次顺序为:浸泡时间>加水量>煎煮时间。

2.9 最佳煎煮工艺验证

基于所建立的回归方程,采用 Design-Expert 13 软件进行参数优化,得到理论最佳煎煮工艺为:加水量 12.1 倍、浸泡时间 17.18 min、煎煮时间 40.69 min,此时预测综合评分为 97.02。结合实际生产中的可行性与操作性,将工艺参数调整为:加水量 12 倍、浸泡时间 18 min、煎煮时间 40 min。按此条件进行 3 批验证试验,测得总黄酮含量为 300.1 mg/g,淫羊藿苷含量为 39.8 mg/g,干膏率为 15.9%,综合评分平均值为 96.93。验证结果表明,实际综合评分与预测值接近,误差在合理范围内,说明通过 Box-Behnken 响应面法优化朝鲜淫羊藿煮散剂煎煮工艺具有较好的可行性与可靠性。

3 讨论

朝鲜淫羊藿是我国最具开发前景的药用植物之一,作为传统补肾壮阳药材,其独特的活性成分与多样的药理作用一直备受关注。为提升其煎出效率与制剂适用性,本研究围绕朝鲜淫羊藿煮散剂的粉碎粒度与煎煮工艺展开系统优化。

在粒度筛选方面,采用 AHP-EWM 相结合的评价方法,综合主观经验与客观数据,确定过 4~5 目筛为最佳粉碎粒度。该粒度范围有利于在保持较高溶出效率的同时,避免因过细粉末导致的煎煮液黏度升高与过滤困难。

在工艺优化方面,基于单因素试验确定各参数的合理范围后,进一步采用 Box-Behnken 响应面法,以总黄酮含量、干膏率及淫羊藿苷含量为综合评价指标,系统分析加水量、浸泡时间与煎煮时间三因素的交互影响。最终确定最佳煎煮工艺为:加水量 12 倍,浸泡时间 18 min,煎煮时间 40 min。验证试验结果表明,该工艺稳定可行,综合评分与预测值吻合良好。

目前,中药煮散剂相关研究仍较为有限,本研究不仅为朝鲜淫羊藿煮散剂的开发提供了实验依据与工艺参考,也为该类传统剂型的现代化应用积累了数据。然而,从实验室工艺向产业化生产的过渡仍需进一步开展中试放大试验,以验证工艺的稳健性与大规模生产的可行性。

参考文献

- 1 郭丽娜,马莹慧,赵伟,等.淫羊藿属植物中化学成分分析研究进展[J].中国新药杂志,2013,22(8):919-922,936. [Guo LN, Ma YH, Zhao W, et al. Progress in analysis methods for chemical constituents from Epimedium[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2013, 22(8): 919-922, 936.] DOI: [CNKI:SUN:ZXYZ.0.2013-08-016](https://doi.org/10.13501/j.cnki.42-1590/r.2013.08.016).
- 2 龚华乾,高敏,柴艺汇,等.淫羊藿化学成分与药理作用研究进展[J].湖北民族大学学报(医学版),2021,38(4):75-78. [Gong HQ, Gao M, Chai YH, et al. Advances in chemical composition and pharmacological effects of Epimedium Brevicornum[J]. Journal of Hubei Minzu University (Medical Edition), 2021, 38(4): 75-78.] DOI: [10.13501/j.cnki.42-1590/r.2021.04.018](https://doi.org/10.13501/j.cnki.42-1590/r.2021.04.018).
- 3 王焕珍,柴艺汇,陈云志,等.淫羊藿化学成分与药理作用研究进展[J].亚太传统医药,2016,12(7):63-65. [Wang HZ, Chai YH, Chen YZ, et al. Advances in chemical composition and pharmacological effects of Epimedium Brevicornum[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2016, 12(7): 63-65.] DOI: [10.16953/j.cnki.1027-8961.2013.08.011](https://doi.org/10.16953/j.cnki.1027-8961.2013.08.011).
- 4 王可可,龚其海.淫羊藿化学成分及药理作用的研究进展[J].中国民族民间医药,2015,24(19):16-18,21. [Wang KK, Gong QH. Advances in chemical composition and pharmacological effects of Epimedium Brevicornum[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2015, 24(19): 16-18, 21.] DOI: [10.10452/j.cnki.30-1157/r.2015.06.064](https://doi.org/10.10452/j.cnki.30-1157/r.2015.06.064).
- 5 王梦蓝,张淑涵,郭宁,等.细辛标准煮散剂的质量评价[J].世界中医药,2023,18(15):2121-2127. [Wang ML, Zhang SH, Guo N, et al. Quality evaluation of standard decoction prepared from powder of Asari Radix et Rhizoma[J]. World Chinese Medicine, 2023, 18(15): 2121-2127.] DOI: [10.13422/j.cnki.sjzyy.20231862](https://doi.org/10.13422/j.cnki.sjzyy.20231862).
- 6 俱蓉,李响,朱向东,等.中药煮散的历史沿革、制备工艺及药效学研究进展[J].中国药房,2020,31(23):2924-2947. [Ju R, Li X, Zhu XD, et al. Historical development, preparation process and progress of pharmacodynamic studies on boiled Chinese medicines[J]. China Pharmacy, 2020, 31(23): 2924-2947.] DOI: [10.13823/j.cnki.zgyf.2020.039](https://doi.org/10.13823/j.cnki.zgyf.2020.039).
- 7 孙玉雯,刘起华,程艳玲,等.中药煮散与传统饮片煎煮效率的对比研究——皮类、茎木类及果实种子类药材[J].西北药学杂志,2016,31(4):337-341. [Sun YW, Liu QH, Cheng YL, et al. Comparative study on the extraction efficiency of boiling powders and traditional herbal pieces: cortex herbs, stem herbs, fruit and seed herbs[J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2016, 31(4): 337-341.] DOI: [10.16448/j.xyxyz.2016.0425](https://doi.org/10.16448/j.xyxyz.2016.0425).
- 8 李硕,俱蓉,杨秀娟,等.红芪精准煮散饮片 HPLC 指纹图谱建立及 3 种指标成分测定[J].中草药,2022,53(16):5020-5025. [Li S, Ju R, Yang XJ, et al. Establishment of HPLC fingerprint of Hedysari Radix precision boiled powder decoction pieces and determination of three indicative components[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(16): 5020-5025.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2022.16.011](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2022.16.011).

- 9 全小林, 张家成, 穆兰澄, 等. 恢复煮散节省药材[J]. 中国新药杂志, 2012, 21(5): 470–474. [Tong XL, Zhang JC, Mu LC, et al. Boiling powder of traditional Chinese medicine afresh for saving the resource[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2012, 21(5): 470–474.] DOI: [10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2012.15.046](https://doi.org/10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2012.15.046).
- 10 于红艳, 孙婉春, 史宏妍, 等. AHP-熵权法结合正交试验优化三化汤的提取工艺[J]. 中医学报, 2024, 39(6): 1295–1300. [Yu HY, Sun WC, Shi HY, et al. Optimized extraction process of Sanhua decoction with AHP-entropy weight method combined with orthogonal test[J]. China Journal of Chinese Medicine, 2024, 39(6): 1295–1300.] DOI: [10.16368/j.issn.1674-8999.2024.06.217](https://doi.org/10.16368/j.issn.1674-8999.2024.06.217).
- 11 杨瑞, 周熙淮, 朱正标, 等. 基于 AHP-熵权法结合 Box-Behnken 响应面法优选复方一枝蒿片成型工艺[J]. 亚太传统医药, 2024, 20(8): 36–42. [Yang R, Zhou XH, Zhu ZB, et al. Based on the AHP-entropy weight method combined with the box-behnken response surface method the molding process of compound Yizhihao tablets was optimized[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2024, 20(8): 36–42.] DOI: [10.19540/j.cnki.1034-6731.20240708](https://doi.org/10.19540/j.cnki.1034-6731.20240708).
- 12 刘芳, 张礼欣, 束雅春, 等. 不同粒度的炒牛蒡子煮散工艺比较[J]. 药学与临床研究, 2022, 30(6): 515–517. [Liu F, Zhang LX, Shu YC, et al. Comparison of different particle size of fried Fructus Arctii powder for boiling[J]. Pharmaceutical and Clinical Research, 2022, 30(6): 515–517.] DOI: [10.13664/j.cnki.pcr.2022.06.014](https://doi.org/10.13664/j.cnki.pcr.2022.06.014).
- 13 朱树强, 卢泳, 甘国兴, 等. 虎杖煮散工艺研究[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(2): 19–23. [Zhu SQ, Lu Y, Gan GX, et al. Study on preparation technology and dosage of Polygonum Cuspidatum[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2023, 32(2): 19–23.] DOI: [10.10361/j.cnki.45-1357/r.2023.02.064](https://doi.org/10.10361/j.cnki.45-1357/r.2023.02.064).
- 14 国家药品监督管理局. 国家药品标准. YBZ-PFKL-2021144[S]. 2021.
- 15 吴乙庚, 祝婧, 姚东, 等. 层次分析-熵权法联合星点设计-响应面法优选胆汁制陈皮炮制工艺及饮片色度与成分相关性分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2024, 31(5): 118–124. [Wu YG, Zhu J, Yao D, et al. Optimization of concoction process of snake bile processed Citri Reticulatae Pericarpium by hierarchical analysis-entropy weight method coupled with central composite design-response surface methodology and correlation analysis of color and composition of decoction pieces[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2024, 31(5): 118–124.] DOI: [10.19879/j.cnki.1005-5304.202311094](https://doi.org/10.19879/j.cnki.1005-5304.202311094).
- 16 陈坤, 李江, 彭霜, 等. 层次分析-熵权法联合响应面法优选参威骨痹片的提取工艺[J]. 西北药学杂志, 2023, 38(1): 7–13. [Chen K, Li J, Peng S, et al. Optimization of extraction process of Shenweigubi tablets by analytic hierarchy process and entropy weight method combined with Box-Behnken response surface methodology[J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2023, 38(1): 7–13.] DOI: [10.15964/j.xbyxzz.2023.0179](https://doi.org/10.15964/j.xbyxzz.2023.0179).
- 17 冯利梅, 陈艳琰, 乐世俊, 等. 基于层次分析-熵权法的中药质量标志物量化辨识方法研究——以芍药甘草汤为例[J]. 药学报, 2021, 56(1): 296–305. [Feng LM, Chen YY, Yue SJ, et al. Quantitative identification of TCM Q-Markers based on analytical hierarchy and the entropy weight comprehensive method by taking Shaoyao Gancan decoction as an example[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2021, 56(1): 296–305.] DOI: [10.16438/j.0513-4870.2020-1412](https://doi.org/10.16438/j.0513-4870.2020-1412).

收稿日期: 2025 年 05 月 21 日 修回日期: 2025 年 09 月 07 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳