· 中药研究 ·

Box – Behnken 响应面法优选酒女贞子炮制工艺*

张小慧[1,2]，陈娜娜[2]，袁卫斌[2]，高松[2]

1. 河南中医药大学，河南 郑州 450046；2. 仲景宛西制药有限公司，河南 郑州 450001

摘要：目的：优化酒女贞子中红景天苷的炮制工艺条件。方法：以酒女贞子中红景天苷含量和特女贞苷含量变化为评价指标，以黄酒用量、闷润时间、蒸制时间和烘干温度为考察指标，通过单因素实验和响应面实验，拟合各因素与响应值之间的数学模型，从而确定最佳炮制工艺。结果：酒女贞子中红景天苷最佳炮制工艺：黄酒用量 25 g，闷润时间 5 h，蒸制时间 20 h，烘干温度 65 ℃，该条件下红景天苷含量为 0.725%。结论：利用响应面法优化的酒女贞子炮制工艺方法安全可行，能较好地保障酒女贞子的质量。

关键词：女贞子；红景天苷；炮制；响应面法；酒制工艺
DOI：10.16368/j.issn.1674－8999.2025.10.349
中图分类号：R284.2　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1674－8999(2025)10－2223－08

Processing Technology for Processed NVzhenzi (*Glossy Privet*) with Yellow Rice Wine with Box – Behnken Response Surface Methodology

ZHANG Xiaohui[1,2], CHEN Nana[2], YUAN Weibin[2], GAO Song[2]

1. Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou Henan China 450046; 2. Zhongjing Wanxi Pharmaceutical Co., Zhengzhou Henan China 450001

Abstract: Objective: To optimize the processing conditions of salidroside in processed NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine. Methods: The changes of salidroside content and special privetin content in processed NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine and specnuezhenide were used as evaluation indicators, and the mathematical model between each factor and the response value was fitted through single factor experiment and response surface experiment, to determine the optimal processing process. Results: The optimal processing process of salidroside in processed NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine are as follows: the dosage of yellow rice wine was 25 g, the moistening time was 5 h, the steaming time was 20 h, and the drying temperature was 65 ℃, and the content of salidroside was 0.725% under these conditions. Conclusion: The processing method of processed NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine optimized by the response surface method is safe and feasible and can better ensure the quality of processed NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine.

Key words: NVzhenzi (*Glossy privet*) with yellow rice wine; salidroside; processing technology; response surface methodology; wine making process

女贞子为木犀科植物女贞 *Ligustrum lucidumAit.* 的干燥成熟果实[1]。女贞子在我国分布广泛，在临床实践中作为常用药材已有近两千年的历史，通常用于治疗肝肾阴虚、眩晕耳鸣、腰膝酸软、须发早白、目暗不明、内热消渴、骨蒸潮热等症状[1]。最新研究表明，女贞子中富含多种化合物，如环烯醚萜苷类、苯乙醇类和黄酮类等，这些物质具有保护肝脏、调整免疫系统、增强心脏功能、抗炎以及抗肿瘤等多重功效[2－3]。

女贞子生品寒凉，经炮制后补肝肾作用增强，同时能减轻寒滑之性[4]，所以临床上大多使用女贞子炮制品。女贞子炮制过程中，在高温高湿条件下特

* 基金项目：河南省重大科技专项项目(221100310400)

女贞苷将水解为红景天苷，从而使红景天苷的含量有较大程度的提高[5-7]，相比资源匮乏的红景天，从女贞子中提取红景天苷更容易，价格更低廉。女贞子的现代炮制方法多为酒炖或酒蒸[1]。《中华人民共和国药典》2020 版记载“酒蒸或酒炖，每 100 kg 女贞子用酒量为 20 kg”。各地对于女贞子的炮制工艺中，黄酒用量有较为一致的规定，而对于闷润、蒸制时间和烘干温度并无具体一致的工艺技术参数[8]，因而导致炮制品质量参差不齐，进而对女贞子炮制品的药效产生较大影响。炮制对红景天苷和特女贞苷这两项指标的影响较大，生品中特女贞苷的含量高于红景天苷，而炮制后红景天苷则高于特女贞苷，二者表征较为明显，能够直观地考察炮制工艺。因此，本实验在单因素的基础上采用响应面法[9-10]，以女贞子中指标性成分的含量变化为评价指标，以黄酒用量、闷润时间、蒸制时间和烘干温度为考察指标优选酒女贞子的炮制工艺，以期为酒女贞子的生产加工、临床用药及市场开发提供依据。

1　材料

1.1　仪器　Waters Arc 高效液相色谱仪；Xtimate C_{18}（4.6 mm × 250.0 mm，5 μm）；111B 型高速中药粉碎机（瑞安市永立制药机械有限公司）；AL104 电子天平（梅特勒 - 托利多仪器有限公司）；KQ - 500DE 型超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）；BPG - 9070A 鼓风干燥箱（上海一恒科学仪器有限公司）；电炉。

1.2　试药　女贞子药材（产地：河南，批号：230403），购自张仲景大药房；黄酒（产地：浙江绍兴，批号：20231210）；红景天苷对照品（批号：110818 - 202009，纯度：98.6%）、特女贞苷对照品（批号：111926 - 201906，纯度：95.0%）均购自中国食品药品检定研究院；色谱级甲醇、色谱级乙腈，实验用水为超纯水。

2　方法与结果

2.1　色谱条件　色谱柱为 Xtimate C_{18}（4.6 mm × 250.0 mm，5 μm）；流动相为乙腈（A）- 水（B），按表 1 进行梯度洗脱；进样量为 10 μL；流速为 1 mL · min^{-1}；柱温为 30 ℃；检测波长为 224 nm。

2.2　对照品溶液的制备　取红景天苷对照品、特女贞苷对照品适量，加甲醇分别制成质量浓度为 0.25 g · L^{-1} 的对照品溶液。

2.3　供试品溶液的制备　精密称取本品粉末（过 3 号筛）约 0.1 g，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密加入 30% 甲醇 25 mL，密塞称质量，超声提取（功率 250 W，频率 40 kHz）30 min，使其冷却至室温，再次称质量，用 30% 甲醇补足减失的质量，摇匀，续滤液用 0.45 μm 有机系微孔滤膜过滤，即得。

表 1　色谱条件

时间（t/min）	流动相 A/%	流动相 B/%
0—18	5 ~ 20	95 ~ 80
18—33	20 ~ 24	80 ~ 76
33—40	24 ~ 30	76 ~ 70
40—50	30 ~ 50	70 ~ 50
50—55	50 ~ 55	50 ~ 45

2.4　方法学考察

2.4.1　线性考察　精密吸取红景天苷对照品储备液，稀释成质量浓度为 0.002 5 g · L^{-1}、0.003 125 g · L^{-1}、0.005 g · L^{-1}、0.006 25 g · L^{-1}、0.012 5 g · L^{-1}、0.025 g · L^{-1} 的对照品溶液，精密吸取特女贞苷对照品储备液，稀释成质量浓度为 0.025 g · L^{-1}、0.031 25 g · L^{-1}、0.05 mg · L^{-1}、0.062 5 g · L^{-1}、0.125 g · L^{-1}、0.25 g · L^{-1} 的对照品溶液。按 2.1 项下色谱条件进行测定，记录峰面积。以对照品溶液浓度为横坐标（X），峰面积为纵坐标（Y）计算回归方程。结果显示，红景天苷回归方程为 Y = 10 940 045.18X - 235.40，R^2 = 0.999 7；特女贞苷回归方程为 Y = 11 634 133.42X + 1 808.83，R^2 = 0.999 4，表明线性关系良好。

2.4.2　精密度考察　根据 2.1 项下色谱条件将同一红景天苷和特女贞苷对照品溶液连续进样 6 次，记录红景天苷、特女贞苷的峰面积，并计算相对标准偏差（relative standard deviation，RSD）。结果显示，红景天苷峰面积的 RSD 值为 0.92%，特女贞苷峰面积的 RSD 值为 0.80%，表明该仪器精密度良好。

2.4.3　稳定性考察　精密吸取同一供试品溶液，在同一色谱条件下，分别于 0 h、2 h、4 h、8 h、12 h、24 h 进行测定，记录峰面积。结果显示，在 24 h 内红景天苷峰面积的 RSD 值为 2.26%，特女贞苷峰面积的 RSD 值为 1.97%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.4.4　重复性考察　按 2.3 项下制备方法制备供试品溶液 6 份。采用 2.1 项下色谱条件进行测定，记录红景天苷和特女贞苷的峰面积，并计算红景天苷和特女贞苷的含量及 RSD 值。结果显示，红景天苷含量的 RSD 值为 1.07%，特女贞苷含量的 RSD 值为 2.01%，表明该方法重复性良好。

2.4.5　加样回收率　取已知含量的女贞子粉末（红景天苷含量为 0.486 4 mg·g^{-1}，特女贞苷含量为 25.460 9 mg·g^{-1}）9 份，每份 0.05 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，分别精密加入 2.2 项下方法制备的对照品溶液 5 mL、10 mL、15 mL，按 2.1 项下色谱条件进行测定，结果见表 2。红景天苷平均回收率为 102.94%，RSD 为 1.55%；测得特女贞苷平均回收率为 101.95%，RSD 为 2.60%，表明该方法回收率良好。

表 2　红景天苷、特女贞苷加样回收率

化合物	称样量（*m*/g）	样品中含量（*m*/mg）	对照品加入量（*m*/mg）	测定量（*m*/mg）	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
红景天苷	0.052 8	0.025 7		0.038 6	103.05		
	0.051 4	0.025 0	0.012 5	0.038 2	105.45		
	0.052 2	0.025 4		0.038 2	102.17		
	0.051 2	0.024 9		0.0507	103.16	102.94	1.55
	0.050 8	0.024 7	0.025 0	0.049 8	100.54		
	0.051 7	0.025 1		0.050 7	102.31		
	0.051 4	0.025 0		0.064 4	105.00		
	0.050 9	0.024 8	0.037 5	0.062 7	101.30		
	0.051 6	0.025 1		0.063 9	103.50		
特女贞苷	0.051 5	1.311 2		2.031 1	102.84		
	0.050 5	1.285 8	0.700 0	1.990 8	100.72		
	0.050 4	1.283 2		1.985 1	100.27		
	0.052 4	1.334 2		2.806 4	105.16	101.95	2.60
	0.052 3	1.331 6	1.400 0	2.811 1	105.68		
	0.051 1	1.301 1		2.763 6	104.47		
	0.050 0	1.273 0		3.361 6	99.45		
	0.050 0	1.273 0	2.100 0	3.340 3	98.44		
	0.050 4	1.283 2		3.394 9	100.55		

2.4.6　样品含量测定　分别取不同炮制工艺下的酒女贞子样品粉末按 2.3 项下制备方法制备供试品溶液，采用 2.1 项下色谱条件进行测定，按干燥品计算红景天苷及特女贞苷含量。

3　响应面法优化酒女贞子炮制工艺

3.1　单因素实验设计　称取女贞子药材约 100 g，以红景天苷和特女贞苷含量为评价指标，研究黄酒用量（15 g、20 g、25 g、30 g、35 g）、闷润时间（3 h、5 h、8 h、10 h、12 h）、蒸制时间（8 h、10 h、12 h、16 h、20 h）和烘干温度（30 ℃、50 ℃、60 ℃、70 ℃、80 ℃）对女贞子炮制工艺的影响。

3.2　结果与分析

3.2.1　黄酒用量对红景天苷和特女贞苷含量的影响　称取女贞子药材 6 份，每份约 100 g，分别加入 15 g、20 g、25 g、30 g、35 g 黄酒，闷润 4 h，蒸制 4 h（电炉功率：1 000 W），取出，置于烘箱内烘干（烘干温度：60 ℃）。按照 2.4.6 项下样品含量测定方法，测定其含量。由图 1 可知，当黄酒用量为 15 ~ 20 g 时，女贞子炮制品中的红景天苷和特女贞苷含量呈增加趋势，25 ~ 35 g 后趋于平稳。

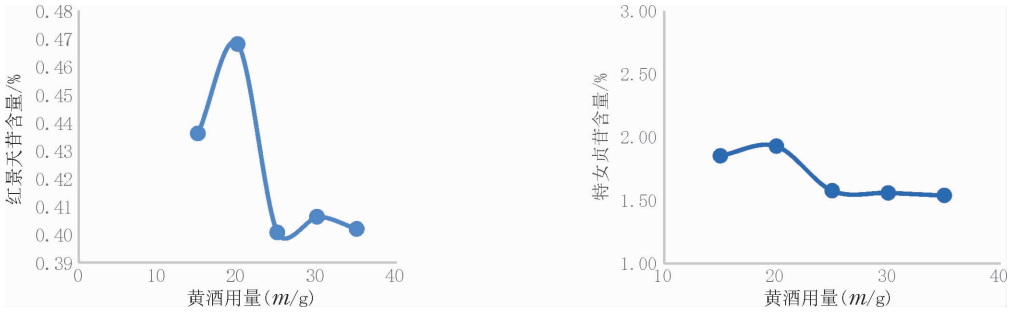


图 1　黄酒用量对红景天苷和特女贞苷含量的影响

3.2.2　闷润时间对红景天苷和特女贞苷含量的影响　称取女贞子药材 6 份，每份约 100 g，加入 20 g 的黄酒，分别闷润 4 h、5 h、8 h、10 h、12 h 后，蒸制 4 h（电炉功率：1 000 W），取出，置于烘箱内烘干（烘干温度：60 ℃）。按照 2.4.6 项下样品含量测定方法，测定其含量。由图 2 可知，闷润时间为 3 ~ 5 h 时，红景天苷含量逐渐上升，闷润 5 h 后红景天苷含量呈下降趋势；而特女贞苷含量在闷润时间为 8 h 时含量最高，闷润时间 8 h 后呈下降趋势。

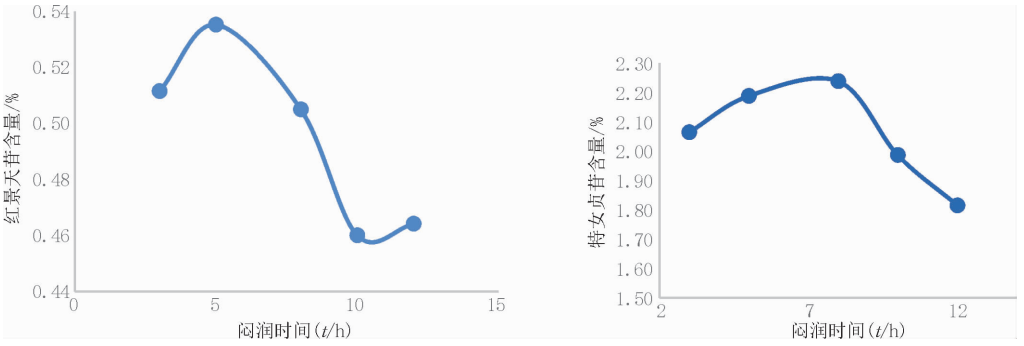


图 2　闷润时间对红景天苷和特女贞苷含量的影响

3.2.3　蒸制时间对红景天苷和特女贞苷含量的影响　称取女贞子药材 6 份，每份约 100 g，加入 20 g 黄酒，闷润 4 h，分别蒸制 4 h、8 h、10 h、12 h、16 h、20 h（电炉功率：1 000 W），取出，置于烘箱内烘干（烘干温度：60 ℃）。按照 2.4.6 项下样品含量测定方法，测定其含量。由图 3 可知，红景天苷含量随着蒸制时间的延长不断上升，而特女贞苷含量则随着蒸制时间的延长不断下降。有研究表明，这是由于环烯醚萜苷类化学成分性质不稳定，在长期的高温蒸煮条件下，特女贞苷、女贞苷将进一步水解成红景天苷[4-5]。

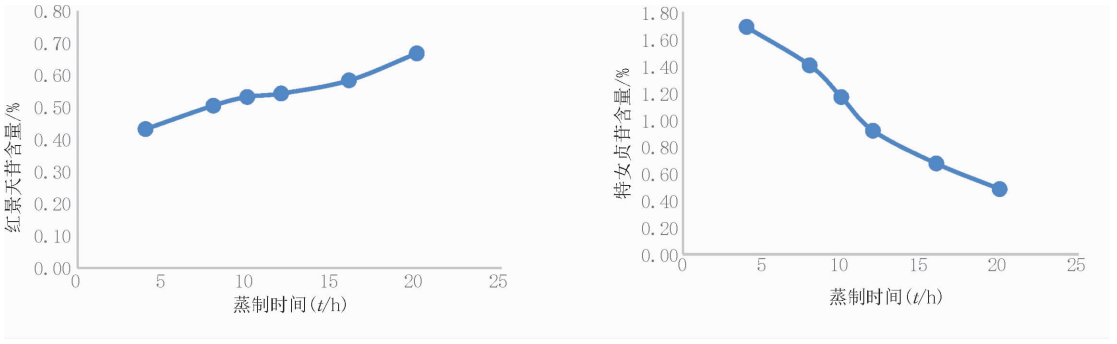


图 3　蒸制时间对红景天苷和特女贞苷含量的影响

3.2.4　烘干温度对红景天苷和特女贞苷含量的影响　称取女贞子药材 6 份，每份约 100 g，加入 20 g 黄酒，闷润 4 h，蒸制 4 h（电炉功率：1 000 W），取出，分别置于设定温度为 30 ℃、50 ℃、60 ℃、70 ℃、80 ℃烘箱内烘干。按照 2.4.6 项下样品含量测定方法，测定红景天苷和特女贞苷的含量。由图 4 可知，随着烘干温度的上升（30 ℃、50 ℃、60 ℃、70 ℃），红景天苷和特女贞苷含量呈上升趋势，其中红景天苷含量在烘干温度为 60 ~ 70 ℃时，含量较高。然而当烘干温度为 80 ℃时，二者的含量均呈下降趋势，可能是温度过高，破坏了其有效成分。

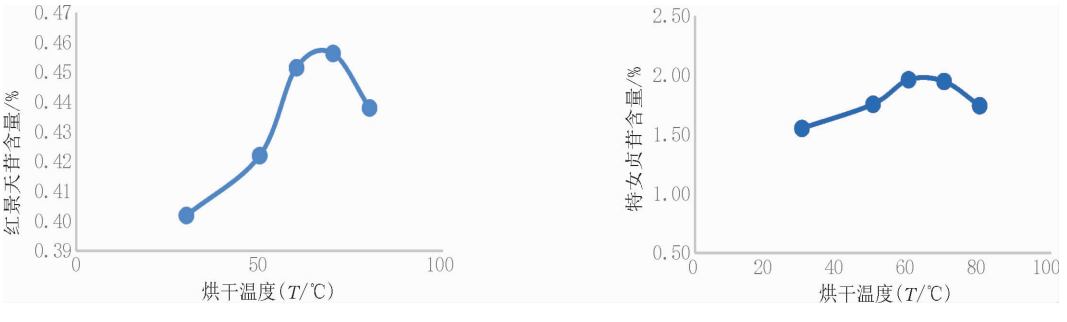


图 4　烘干温度对红景天苷和特女贞苷含量的影响

3.3　因素和水平设计　以上述单因素实验结果为基础，选择黄酒用量、闷润时间、蒸制时间和烘干温度 4 个因素，采用响应面法中的 Design－Expert 8.0 软件进行优化设计实验。详见表 3 和表 4。

表 3　因素水平表

水平	A：黄酒用量（*m*/g）	B：闷润时间（*t*/h）	C：蒸制时间（*t*/h）	D：烘干温度（*T*/℃）
－1	15	3	12	60
0	20	5	16	70
1	25	7	20	80

表 4　Box－Behnken 实验设计与结果

实验编号	A 黄酒用量（*m*/g）	B 闷润时间（*t*/h）	C 蒸制时间（*t*/h）	D 烘干温度（*T*/℃）	红景天苷含量/%
1	20	7	12	70	0.599
2	15	5	20	70	0.731
3	25	5	12	70	0.602
4	20	5	20	60	0.700
5	25	3	16	70	0.659
6	20	5	16	70	0.686
7	25	5	20	70	0.745
8	15	5	16	60	0.613
9	20	3	16	80	0.672
10	15	5	16	80	0.666
11	20	5	16	70	0.669
12	15	5	12	70	0.612
13	20	3	16	60	0.668
14	20	5	12	60	0.637
15	20	7	20	70	0.759
16	25	5	16	60	0.655
17	20	5	16	70	0.681
18	20	7	16	60	0.666
19	20	3	20	70	0.763
20	20	7	16	80	0.652
21	25	7	16	70	0.649
22	20	5	16	70	0.704
23	20	5	20	80	0.772
24	20	5	16	70	0.694
25	15	3	16	70	0.629
26	20	3	12	70	0.623
27	20	5	12	80	0.587
28	15	7	16	70	0.611
29	25	5	16	80	0.664

3.4　方差分析　通过 Design－Expert 8.0.6 软件进行数据处理，对 4 个因素进行回归拟合，得二次多项回归方程：$Y = 0.69 + 9.417 \times 10^{-3}A - 6.583 \times 10^{-3}B + 0.068C - 6.167 \times 10^{-3}D + 2.25 \times 10^{-3}AB + 6 \times 10^{-3}AC - 0.011AD + 5 \times 10^{-3}BC - 4.5 \times 10^{-3}BD + 0.031CD - 0.028A^2 - 0.014B^2 + 8.975 \times 10^{-3}C^2 - 0.013D^2$（式中 Y 表示红景天苷含量）。由表 5 可知，$F = 22.13$，$P < 0.000\ 1$，表明该模型具有较高的显著性，因此本次建模有意义；失拟项 $F = 1.38$，$P = 0.403\ 7 > 0.05$，不显著，表明实验误差较小。此外，蒸制时间对红景天苷含量影响显著，二次项中 C（蒸制时间）达极显著水平（$P < 0.000\ 1$）。由上述结果可知，对红景天苷得率影响程度依次是 C（蒸制时间）＞A（黄酒用量）＞D（烘干温度）＞B（闷润时间）。

3.5　绘制响应面图　根据以上结果，绘制各因素交互作用的响应面图，见图 5。

3.6　最佳提取工艺及实验验证　采用 Design－Expert 8.0.6 软件优化得到最优工艺条件为：黄酒用量 25 g，闷润时间 5.16 h，蒸制时间 19.82 h，烘干温度为 66.13 ℃，预测红景天苷得率为 0.745%。结合实际操作情况考虑，将上述炮制工艺参数稍作修正：黄酒用量为 25 g，闷润时间为 5 h，蒸制时间为 20 h，烘干温度为 70 ℃，在此炮制工艺条件下红景天苷的含量为 0.745%，按照此条件进行验证得红景天苷的含量为 0.725%，与理论预测值基本一致，

说明建立的模型具有较好的预测性，优选出的炮制工艺具有合理性，对女贞子炮制工艺具有指导意义。

见图 6、图 7。

表 5　方差分析

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	*F* 值	*P* 值	
Model	0.069	14	4.929×10^{-3}	22.13	<0.000 1	significant
A(黄酒用量)	1.064×10^{-3}	1	1.064×10^{-3}	4.78	0.046 3	
B(闷润时间)	5.201×10^{-4}	1	5.201×10^{-4}	2.34	0.148 8	
C(蒸制时间)	0.055	1	0.055	245.49	<0.000 1	
D(烘干温度)	4.563×10^{-4}	1	4.563×10^{-4}	2.05	0.174 3	
AB	2.025×10^{-5}	1	2.025×10^{-5}	0.091	0.767 4	
AC	1.440×10^{-4}	1	1.440×10^{-4}	0.65	0.434 8	
AD	4.840×10^{-4}	1	4.840×10^{-4}	2.17	0.162 6	
BC	1.000×10^{-4}	1	1.000×10^{-4}	0.45	0.513 7	
BD	8.100×10^{-5}	1	8.100×10^{-5}	0.36	0.556 1	
CD	3.721×10^{-3}	1	3.721×10^{-3}	16.71	0.001 1	
A2	5.049×10^{-3}	1	5.049×10^{-3}	22.67	0.000 3	
B2	1.209×10^{-3}	1	1.209×10^{-3}	5.43	0.035 3	
C2	5.225×10^{-4}	1	5.225×10^{-4}	2.35	0.147 9	
D2	1.143×10^{-3}	1	1.143×10^{-3}	5.13	0.039 9	
Residual	3.118×10^{-3}	14	2.227×10^{-4}			
Lack of Fit	2.419×10^{-3}	10	2.419×10^{-3}	1.38	0.403 7	Not significant
Pure Error	6.988×10^{-4}	4	1.747×10^{-4}			
Cor Total	0.072	28				

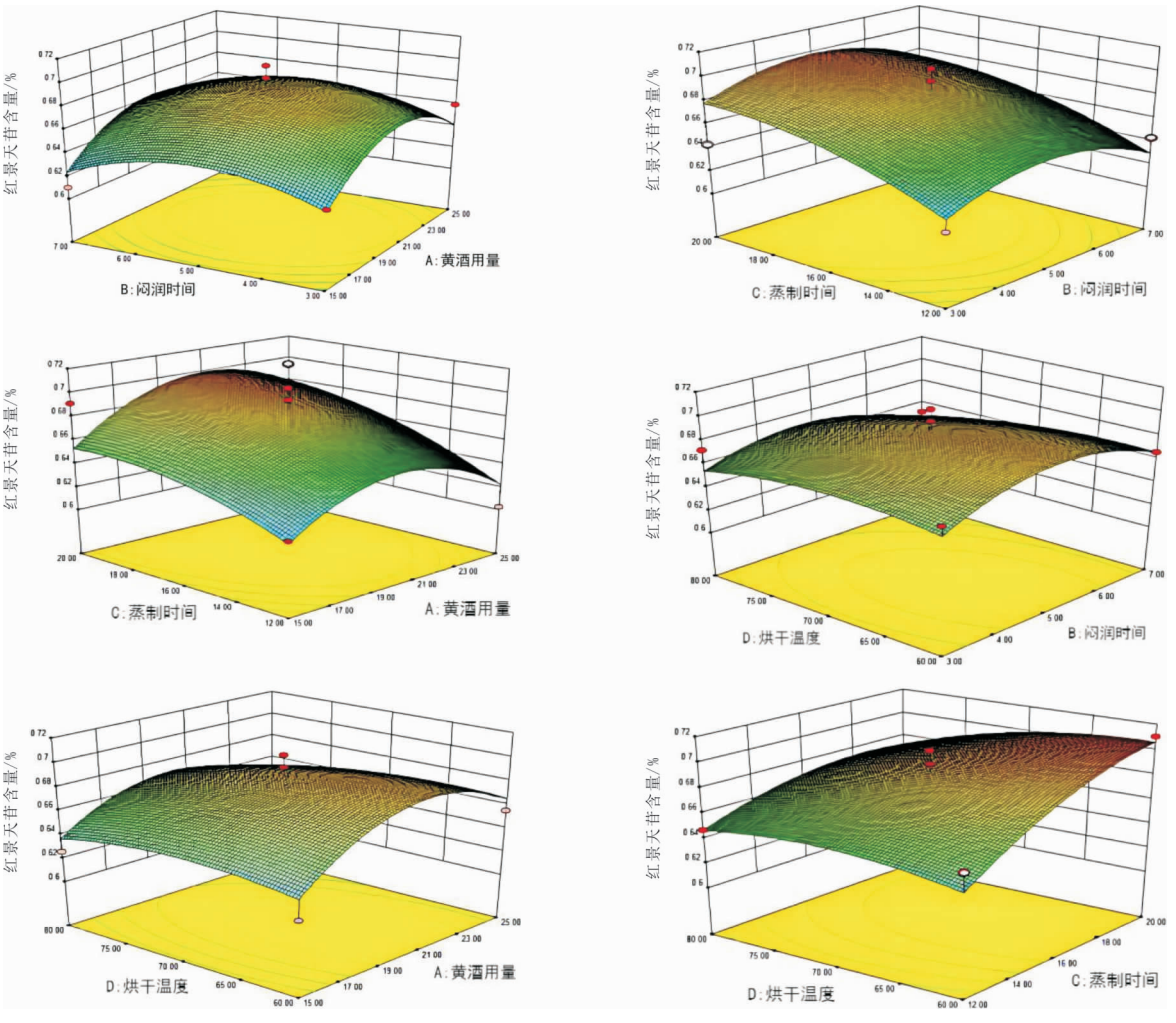
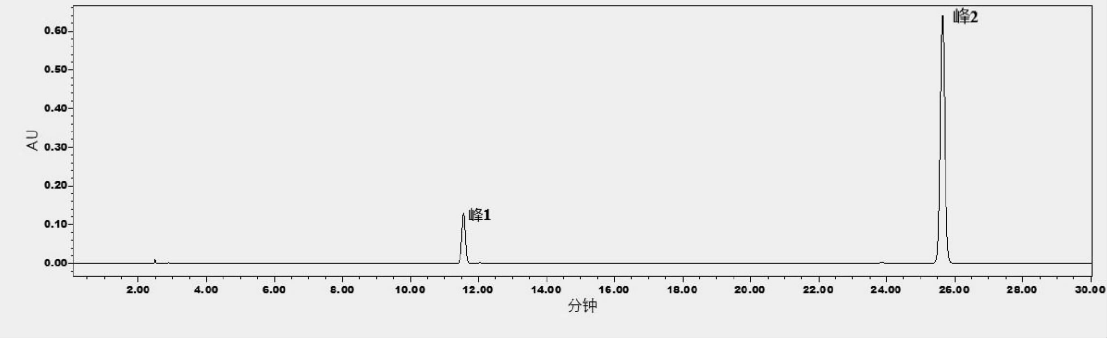
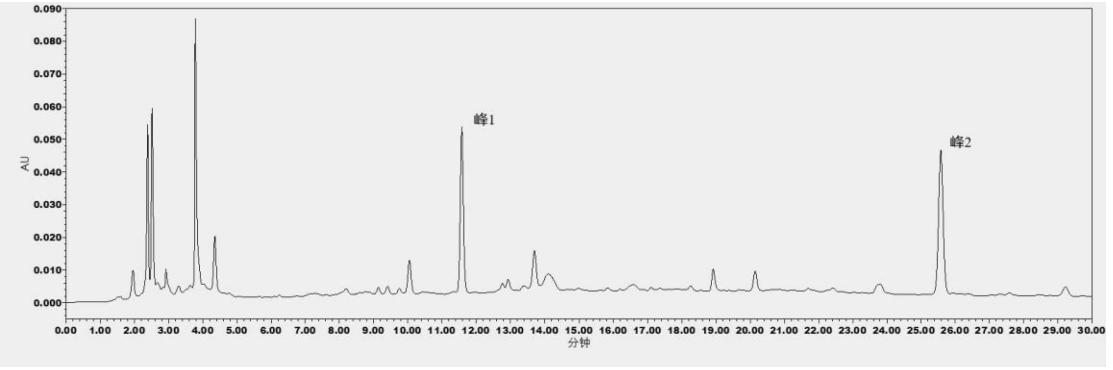


图 5　各种因素交互作用的响应面图



注：峰 1 红景天苷；峰 2 特女贞苷。

图 6　红景天苷和特女贞苷混合对照品 HPLC 图谱



注：峰 1 红景天苷；峰 2 特女贞苷。

图 7　最优工艺条件下供试品 HPLC 图谱

4　讨论

单因素实验是优化提取条件的常用方法，但其具有一定的局限性，因无法评估变量的互作效应，往往会导致实验结果存在一定的误导性。响应面法可以看作是数学和统计方法两者结合的产物，用于模拟和分析相关响应受多个变量影响的问题，其最终目的是优化该响应值[11]。它作为一种优化方法考虑了随机误差，弥补了传统优化方法的不足。因其预测性好，简洁高效[12-13]，现已被普遍应用于中药材有效成分的提取工艺优化中[14]。

本实验采用红景天苷和特女贞苷为考察指标，实验发现在 4 ~ 20 h 内，红景天苷随蒸制时间延长而增加。有学者指出，蒸制 30 h 时红景天苷达到最高值，此后含量呈下降趋势[15]；而特女贞苷则随蒸制时间延长而降低，在蒸制时间 20 h 时，特女贞苷已降至 0. 48%，未达到《中华人民共和国药典》0. 70% 的要求，故本实验不再考察女贞子蒸制 20 h 以上的工艺条件。特女贞苷性质不稳定，加之较长时间的加热酒蒸，含量会有所降低。这是因为在高温及高湿条件下特女贞苷将水解生成红景天苷，红景天苷又进一步水解生成了酪醇[16-17]。

随着对天然药物的深入研究，红景天苷的使用价值逐渐凸显[18-20]。红景天苷是一种主要从红景天中提取的活性成分，能够通过不同途径对神经系统、心血管系统、免疫系统等发挥生物效应[21-23]。本实验利用响应面法优化的酒女贞子炮制工艺，能较好地保障酒女贞子的质量。同时，该提取工艺红景天苷得率高，有望改变目前利用资源有限的红景天制备红景天苷的现状[24-25]，为解决稀缺药材红景天的应用提供一定的思路。

参考文献：

[1]国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京：化学工业出版社，2015：45.
[2]李阳，孙文基. 女贞子的药理作用研究[J]. 陕西中医学院学报，2006，29(5)：58 - 60.
[3]刘亭亭，王萌. 女贞子化学成分与药理作用研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志，2014，20(14)：228 - 234.
[4]李思锦，宋春丽，王欣卉，等. 黑豆肽对高脂性肝损伤小鼠的保护作用[J]. 食品科学，2022，43(5)：127 - 132.
[5]毕莹，赵源，李知晓，等. 中药女贞子的研究进展[J]. 吉林中医药，2019，39(8)：1117 - 1120.

[6]韦小敏,马亚宣,李先芳. 酒制对女贞子主要化学成分的影响[J]. 现代牧业,2022(1):6 - 9.
[7]薛青苹,张丽君,郭志俊,等. 不同蒸、炖工艺的酒女贞子外观性状和主成分比较[J]. 中南农业科技,2024(2):46 - 50.
[8]缪希雍. 缪希雍医学全书[M]. 北京:中国中医药出版社,1999:69,712,724.
[9]张锐,顾志荣,吕鑫,等. 基于球面对称设计和 GA - BP 模型结合 AHP - CRITIC 优化清咽止痛方提取工艺[J]. 中药材,2022,45(7):1683 - 1690.
[10]贾成友,李微,张传辉,等. 基于多指标权重分析和正交设计法优选白黄泄热止痢片复方提取工艺[J]. 中草药,2016,47(6):917 - 922.
[11]汪仁官. 试验设计与分析[M]. 北京:中国统计出版社,1998.
[12]张学刚. 一种改进响应面法结构可靠度计算方法[J]. 机械强度,2018,40(6):1382 - 1388.
[13]程进. 基于响应面法的几何非线性结构概率响应分析[J]. 同济大学学报:自然科学版,2006,34(9):1147 - 1151.
[14]王永菲,王成国. 响应面法的理论与应用[J]. 中央民族大学学报:自然科学版,2005,14(3):236 - 240.
[15]陈进芳,翁育才. 3 种不同炮制方法对女贞子中 7 种化学成分变化的影响[J]. 中国现代中药,2021,23(7):1260 - 1265.
[16]霍雨佳,岳琳,刘颖,等. 酒制对女贞子饮片主要化学成分含量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(1):26 - 30.
[17]李曼曼,刘永. 不同炮制方法对中药女贞子化学成分的影响[J]. 中西医结合研究,2020,12(3):165 - 167,191.
[18]李佳武,秦凤,宋生琴,等. 基于 NLRP3/IL - 1β/TGF - β1 通路探讨低氧环境下红景天苷对糖尿病肾病大鼠足细胞焦亡损伤的拮抗效应[J]. 中国全科医学,2024,27(21):2617 - 2622.
[19]张永杰,闫志刚,林飞,等. 红景天苷抑制动脉平滑肌细胞增殖、迁移、分泌表型的分子机制研究[J]. 中国中药杂志,2024,49(12):3356 - 3364.
[20]陈洁,王小博,孟宪丽,等. 红景天苷对血管张力调节作用及分子机制的研究进展[J]. 中药与临床,2024,15(2):96 - 100.
[21]王笑妍,李玫,沈志纲,等. 红景天苷药理作用研究进展[J]. 中成药,2022,44(12):3932 - 3935.
[22]吴喜凤,韩淑英,朱丽莎,等. 女贞子提取物对小鼠免疫功能的影响[J]. 华北煤炭医学院学报,2008,10(3):303 - 304.
[23]魏祥燕,王国娟,王桦影,等. 女贞子药理作用研究进展[J]. 上海中医药杂志,2017,51(8):106 - 108.
[24]张轶男,董晏含,何嘉郡,等. HPLC 测定酒女贞子配方颗粒中红景天苷的含量[J]. 化学工程师,2024,38(6):21 - 23,81.
[25]杨阳,刘凯华,潘朝,等. 女贞子制备红景天苷的工艺研究[J]. 生物化工,2022(3):36 - 39,44.

收稿日期:2025 - 05 - 05

作者简介:张小慧(1998 -),女,河南周口人,硕士研究生,研究方向:中药炮制。
通信作者:高松,男,高级工程师,研究方向:中药炮制。E - mail:gs958@163.com

编辑:纪彬