

基于 Box-Behnken 响应面法结合 CRITIC 法优化石菖蒲产地加工一体化工艺研究



吴声振¹, 章 昱¹, 吴向维¹, 宋丽芳¹, 邬素珍²

1. 佛山复星禅诚医院药学部 (广东佛山 528000)

2. 佛山复星禅诚医院中西医结合科 (广东佛山 528000)

【摘要】目的 建立石菖蒲饮片的产地加工一体化生产工艺, 并与传统方法进行对比。**方法** 采用单因素试验结合 Box-Behnken 响应面法, 以切片厚度、干燥温度、干燥时间为考察因素, 以挥发油得率、醇溶性浸出物含量、 β -细辛醚含量、外观性状评分为考察指标, 通过 CRITIC 法客观赋权后计算综合评分, 优化石菖蒲产地加工一体化工艺, 并进行平行试验验证。同时设置传统工艺对照组进行对比分析。**结果** 软件拟合得出最佳工艺为: 切片厚度 4 mm, 干燥温度 60.47 °C, 干燥时间 3.96 h; 根据现实情况调整的工艺为: 切片厚度 4 mm, 干燥温度 60 °C, 干燥时间 4 h。平行试验的平均综合评分为 94.39 分 ($RSD=2.36\%$), 较传统工艺加工的石菖蒲样品 (评分为 57.79 分) 评分大幅度提升。**结论** 优选出的石菖蒲产地加工一体化工艺合理可行, 显著提升了饮片综合质量, 为石菖蒲饮片规范化生产与质量评价提供理论基础与数据支撑。

【关键词】 石菖蒲; 产地加工一体化; 炮制加工; CRITIC 法; Box-Behnken 响应面法

【中图分类号】 R283.3

【文献标识码】

Optimization of integrated processing technology for *Acorus tatarinowii* production area based on Box-Behnken response surface methodology combined with CRITIC method

WU Shengzhen¹, ZHANG Yu¹, WU Xiangwei¹, SONG Lifang¹, WU Suzhen²

1. Department of Pharmacy, Foshan Fosun Chancheng Hospital, Foshan 528000, Guangdong Province, China

2. Department of Integrated Chinese and Western Medicine, Foshan Fosun Chancheng Hospital, Foshan 528000, Guangdong Province, China

Corresponding author: WU Suzhen, Email: fswszm@163.com

【Abstract】Objective To establish an integrated processing technology for *Acorus tatarinowii* decoction pieces in the producing area, and to compare it with the traditional method. **Methods** A single-factor test combined with Box-Behnken response surface methodology was employed. Slice thickness, drying temperature, and drying time were selected as the influencing factors, while volatile oil yield, Alcohol soluble extract content, β -asarone content, and appearance and symptom score were used as evaluation indices. After objective weighting by the CRITIC method, a comprehensive score was calculated to optimize the integrated processing technology.

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202604059

基金项目: 佛山市自筹经费类科技创新项目 (2420001004562)

通信作者: 邬素珍, 教授, 主任中医师, 博士研究生导师, Email: fswszm@163.com

<https://yxqy.whuznhmedj.com>

Three parallel experiments were performed for verification, and a control group using the traditional process was set up for comparative analysis. **Results** The optimal process obtained by software fitting was a slice thickness of 4 mm, drying temperature of 60.47 °C, and drying time of 3.96 h. Adjusted to practical conditions, the process was set as slice thickness 4 mm, drying temperature 60 °C, and drying time 4 h. The average comprehensive score from the parallel experiments was 94.39 ($RSD = 2.36\%$), which was significantly higher than that of the samples processed by the traditional method (score 57.79), indicating that the integrated process markedly improved the overall quality of the decoction pieces. **Conclusion** The integrated processing technology optimized by response surface methodology is reasonable and feasible and provides a theoretical basis and data support for the standardized production and quality evaluation of *Acorus tatarinowii* decoction pieces.

【Keywords】 *Acorus tatarinowii*; Integrated production and processing; Processing; CRITIC method; Box-Behnken design-response surface methodology

石菖蒲是天南星科石菖蒲 (*Acorus tatarinowii* Schott) 的干燥根茎, 气芳香, 味苦, 微辛, 有开窍豁痰、醒神益智、化湿开胃等功效^[1], 作为醒神益智、豁痰开窍要药, 临床主要用于治疗老年痴呆、痰厥、中风失语、癫痫等病^[2-6]。现代研究发现, 石菖蒲主要含有挥发油类及黄酮类、生物碱类及其他多种化合物, 其挥发性成分主要为单萜、倍半萜、苯丙素等^[7-8], 其中苯丙素类代表性成分有 α -细辛醚、 β -细辛醚, 具有抗阿尔茨海默病、抗癫痫、抗抑郁、抗血栓、抗肿瘤等药理作用^[9]。《中国药典》2025年版^[1]新增规定, β -细辛醚的含量不得少于0.46%, 与挥发油含量一起作为石菖蒲质量控制的核心指标。

历代本草对石菖蒲炮制方法的记述主要有净制、切制、加辅料制等, 现代炮制品主要有生品、麸炒、鲜用、姜制等^[10]。石菖蒲传统加工炮制工艺为除去杂质, 洗净, 润透, 切厚片, 干燥^[1], 需经2次水处理与干燥工序, 存在流程繁琐耗时、有效成分流失等问题。

中药材产地加工与炮制一体化含趁鲜切制、蒸煮后切制、加辅料干燥3种形式。2021年国家药监局发文鼓励产地加工及趁鲜切制, 指出该技术可从源头保障饮片质量, 减少有效成分流失, 通过连续化操作精简重复环节, 能降本提效、规范管理, 便于明确产地与基源, 为全程追溯奠定基础。当前, 推行一体化已成为行业共识^[11], 政策上也持续加力。2026年新修订的《中华人民共和国药品管理法实施条例》^[12]鼓励省级政府结合本地规划与药材特点, 因地制宜推进产地加工。

有研究初步发现, 与传统分段处理相比, 石菖蒲一体化工艺能更有效保留中药材的有效成

分^[13], 具有一定的可行性, 但针对其产地加工一体化的研究甚少。本研究以新鲜石菖蒲为原料, 以切片厚度、干燥温度、干燥时间为考察因素, 以挥发油得率、醇溶性浸出物含量、 β -细辛醚含量、外观性状评分为考察指标, 采用CRITIC (criteria importance though intercriteria correlation) 法对各指标进行权重赋值并构建综合评分体系, 采用单因素试验结合Box-Behnken响应面法优化加工工艺, 并与传统饮片进行对比分析, 确立适用于石菖蒲的产地加工与饮片炮制一体化工艺方案。

1 仪器与材料

1.1 主要仪器

WSZ-50A轨道式震荡器 (上海一恒科技有限公司); KQ-500DE数控超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); DZIW 2000mL调温电热套 (上海力辰邦西仪器科技有限公司); SFG-02B电热恒温鼓风干燥箱 (黄石市恒丰医疗器械有限公司); FW100高速粉碎机 (天津市泰斯特仪器有限公司); Agilent 1260-G1311B高效液相色谱仪 (德国安捷伦科技有限公司)。

1.2 主要药材与试剂

新鲜石菖蒲药材, 产地安徽大别山, 由广东御嘉药业有限公司提供, 经佛山中药研究会会长李满联教授鉴定, 符合《中国药典》2025年版标准^[1]。

β -细辛醚对照品 (批号: FX-10534, 纯度 $\geq 94.67\%$) 由成都格利普生物科技有限公司提供; 乙腈 (批号: 0134250708D) 由上海星可高纯溶剂有限公司提供; 甲醇 (批号: 20250610)、

甲酸（批号：20240710）、无水乙醇（批号：20250717）由广东光华科技股份有限公司提供；其中甲醇和乙腈为色谱纯，其余试剂均为分析纯；超纯水使用娃哈哈纯净水。

2 方法与结果

2.1 石菖蒲饮片粗粉制备

选取新鲜石菖蒲，除去杂质，洗净，切厚片，60℃干燥5 h，粉碎过三号筛备用。

2.2 评价指标

2.2.1 挥发油得率

取“2.1”项下制备的石菖蒲饮片粗粉约10.0 g，精密称定质量，置2 000 mL的烧瓶中，加超纯水500 mL，置电热套中微沸5 h，参照《中国药典》2025年版四部通则2204挥发油测定乙法^[13]测定，按以下公式计算挥发油含量：

挥发油含量 (%) = (V/W) ×100%

式中，V为测得的挥发油量（mL），W为供试品的取样量（g）。

2.2.2 醇溶性浸出物的测定

取“2.1”项下制备的石菖蒲饮片粗粉约4.0 g，精密称定，置100 mL的锥形瓶中，精密加稀乙醇100 mL，参照《中国药典》2025年版四部通则2201浸出物测定法中的冷浸法^[13]测定，按以下公式计算醇溶性浸出物含量：

浸出物含量 (%) = (M₂−M₁) /W×100%

式中，M₂为干燥至恒重后（蒸发皿+浸出物）的质量（g），M₁为已干燥至恒重的空蒸发皿质量（g），W为供试品的取样量（g）。

2.2.3 外观性状评分

参考《中国药典》2025年版^[1]制定评分标准（表1），由广东御嘉药业有限公司聘请的老药工，依据该标准从外观、颜色、质地、气味、口感等方面进行综合评分。

表1 石菖蒲外观性状评分标准

Table 1. Scoring criteria for the phenotypic characteristics of *Acorus tatarinowii*

指标（满分）	评分标准
外观（3分）	3分：呈扁圆形厚片，切面纤维性，环纹及油点明显；2分：呈扁圆形厚片，切面纤维性，可见环纹及油点；1分：呈扁圆形厚片，切面纤维性，隐约可见环纹及油点
颜色（3分）	3分：表面棕褐色，切面类白色或微红色；2分：表面灰棕色，切面类白色；1分：表面灰白色，切面类白色
质地（3分）	3分：质坚硬；2分：质硬；1分：质脆
气味（3分）	3分：香气浓郁；2分：气香；1分：气微香
口感（3分）	3分：味苦、微辛，嚼后凉喉入腹；2分：味苦、微辛，嚼后清凉感入喉；1分：味苦、微辛，嚼后清凉感消散快

2.2.4 β-细辛醚含量测定

2.2.4.1 色谱条件

Ultimate XB-C₁₈ 色谱柱（4.6 mm×250 mm，5 μm）；流动相为乙腈（A）-0.1% 甲酸水溶液（B），梯度洗脱（0~15 min，20%→38%A；15~55 min，38%A；55~65 min，38%→60%A；65~90 min，60%A）；检测波长为270 nm；流速为1.0 mL/min；柱温为30℃；进样量为10 μL。

2.2.4.2 对照品溶液的制备

精密称取β-细辛醚0.152 4 g，加50%甲醇制成1.524 mg/mL的对照品母液。

2.2.4.3 供试品溶液的制备

取石菖蒲药材粉末约1.0 g，精密称定，精密加入25 mL 50%甲醇，密塞称取质量，超声处理（功率：300 W，频率：50 kHz）40 min，放冷复称，以50%甲醇补足减失质量，摇匀过滤，取续滤液过0.22 μm微孔滤膜过滤，即得。

2.2.4.4 空白溶液制备

精确量取500 mL甲醇，移入1 L量瓶中，加入适量超纯水，混匀并静置冷却至室温定容，0.22 μm微孔滤膜过滤，即得。

上述对照品溶液、供试品溶液及空白溶液的HPLC色谱图见图1。

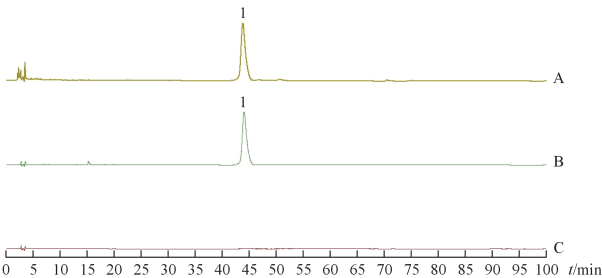


图1 HPLC色谱图

Figure 1. HPLC chromatograms

注：A. 供试品溶液；B. 对照品溶液；C. 空白溶液；1. β-细辛醚。

2.2.4.5 线性关系考察

精密量取“2.2.4.2”项下对照品溶液，逐级稀释，在上述色谱条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标（ X ，mg/mL）、峰面积为纵坐标（ Y ），得到线性回归方程 $Y=17\,878X+178.35$ ， $r=1.000\,0$ ，表明 β -细辛醚在0.047~1.524 mg/mL范围内线性关系良好。

2.2.4.6 精密度试验

取“2.2.4.3”项制备的供试品溶液（批号：202501），按“2.2.4.1”项下色谱条件连续进样测定6次，记录峰面积，计算得到 β -细辛醚峰面积的RSD为0.12%（ $n=6$ ），表明该仪器精密度良好。

2.2.4.7 稳定性试验

精密称取同一石菖蒲药材粉末，制备成供试品溶液（批号：202502），室温下放置0、2、4、6、12、24 h，按“2.2.4.1”项下色谱条件分别进样进行分析，测定 β -细辛醚的峰面积，计算RSD为0.07%（ $n=6$ ），结果表明供试品溶液在室温条件下24 h内稳定性良好。

2.2.4.8 重复性试验

精密称取同一石菖蒲药材粉末6份，每份0.1 g，按上述方法制备成供试品溶液（批号：202503），按“2.2.4.1”项下色谱条件进样分析，测定峰面积，计算质量分数的RSD为0.44%（ $n=6$ ），表明该方法的重复性良好。

2.2.4.9 加样回收率试验

取已知 β -细辛醚含量的样品9份，每份1.0 g，精密称定，分别加入80%、100%、120%的对照品（分别为0.28，0.34，0.41 mg/mL），按“2.2.4.3”项下方法制备供试品溶液并测定，计算加样回收率，结果 β -细辛醚平均回收率为97.60%，RSD为0.81%（ $n=9$ ），说明该方法回收率良好。

2.3 CRITIC法计算权重

采用CRITIC法赋权计算，将醇溶性浸出物含量、挥发油得率、 β -细辛醚质量分数、外观性状

评分4项指标试验数据进行预处理，采用公式 $Y=(X_i-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$ 消除量纲，其中 i 为指标， $X_{\max}$ 为最大值， $X_{\min}$ 为最小值。利用SPSSPRO在线统计分析平台，依据CRITIC法公式计算得到醇溶性浸出物含量、挥发油得率、 β -细辛醚质量分数、外观性状评分的权重系数分别为0.052 61、0.342 30、0.329 61、0.275 47（表2），确定综合评分的计算公式如下：

综合评分=〔（醇溶性浸出物/醇溶性浸出物最大值） $\times$ 0.052 61+（挥发油得率/挥发油得率最大值） $\times$ 0.342 30+（ β -细辛醚质量分数/ β -细辛醚质量分数最大值） $\times$ 0.329 61+（外观性状评分/外观性状最大值） $\times$ 0.275 47〕 $\times$ 100%

表2 各指标权重系数

Table 2. Weight coefficients of each indicator

指标	指标变异性	指标冲突性	信息量	权重系数
醇溶性浸出物	0.004	2.081	0.008	0.052 61
挥发油得率	0.032	1.745	0.055	0.342 30
β -细辛醚质量分数	0.026	2.021	0.053	0.329 61
外观性状评分	0.029	1.551	0.044	0.275 47

2.4 单因素试验

2.4.1 切片厚度考察

取石菖蒲鲜品30 g，分别按1、2、4、6、8 mm的厚度切片，置于烘箱中，干燥温度60℃，干燥时间6 h，即得不同厚度石菖蒲饮片样品。分别检测样品各项指标，结果见表3，切片厚度在2~6 mm时评分较高，切片过薄可能导致挥发油大量流失，不利于有效成分的保留，而切片过厚有效成分提取不完全，故选择切片厚度为2~6 mm作为响应面水平区间。

2.4.2 干燥温度考察

取石菖蒲鲜品30 g，按4 mm厚度切片，置于烘箱中，分别设置干燥温度为40、50、60、70、80℃，干燥时间6 h，即得不同干燥温度下石菖蒲饮片样品。分别检测样品各项指标，结果见

表3 不同切片厚度考察结果

Table 3. Results of the investigation on different slice thicknesses

切片厚度（mm）	醇溶性浸出物含量（%）	挥发油得率（%）	β -细辛醚质量分数（mg/g）	外观性状评分（分）	综合评分（分）
1	13.68	1.20	1.53	1	27.22
2	14.76	1.40	9.06	2	65.49
4	16.95	4.99	5.92	3	88.58
6	16.30	2.99	4.55	1	45.08
8	15.72	0.60	2.83	2	43.94

表4, 最佳温度应在 50~70 ℃之间, 温度过低或过高, β-细辛醚含量均较低, 出于对能耗及得率的考量, 选取 50~70 ℃作为响应面水平区间。

表 4 不同干燥温度考察结果

Table 4. Results of the investigation on different drying temperatures

干燥温度 (℃)	醇溶性浸出物含量 (%)	挥发油得率 (%)	β-细辛醚质量分数 (mg/g)	外观性状评分 (分)	综合评分 (分)
40	14.98	3.01	2.95	2	57.97
50	16.00	4.01	6.69	2	83.51
60	16.68	5.00	5.92	3	95.90
70	17.73	2.01	4.17	2	57.88
80	16.28	2.22	4.15	1	49.66

2.4.3 干燥时间考察

取石菖蒲鲜品 30 g, 按 4 mm 厚度切片, 置于烘箱中, 干燥温度 60 ℃, 分别设置干燥时间为 2、4、6、8、10 h, 即得不同干燥时间下石菖蒲饮片样品。分别检测样品各项指标, 结果见表5, 长时间的干燥不利于挥发油及有效成分的保留, 故选取干燥时间 2~6 h 为响应面水平区间。

2.5 Box-Behnken 响应面法优化炮制工艺

2.5.1 Box-Behnken 响应面法试验设计及结果

在单因素实验基础上, 采用 Design-Expert 13 软件进行 Box-Behnken 响应面分析设计, 因素与

水平见表6, 试验安排及结果见表7。

2.5.2 模型建立及方差分析

应用 Design-Expert13 软件进行数据拟合, 得到方程为 $R_1=89.13+0.46A+1.48B-0.24C-8.78AB+0.69AC-1.55BC-11.99A^2-15.67B^2-8.7C^2$, 回归模型方差分析结果见表8。模型 $P=0.0026 < 0.1$, 表明模型具有极显著差异, 失拟项 $P=0.2631 > 0.05$ 不显著, 表明响应值与预测值之间具有良好的拟

表 5 不同干燥时间考察结果

Table 5. Results of the investigation on different drying times

干燥时间 (h)	醇溶性浸出物含量 (%)	挥发油得率 (%)	β-细辛醚质量分数 (mg/g)	外观性状评分 (分)	综合评分 (分)
2	15.47	3.29	5.79	1	67.74
4	15.39	3.01	6.14	3	86.00
6	16.41	5.01	5.11	2	85.27
8	15.98	4.21	3.74	1	63.19
10	16.19	2.11	0.95	1	33.91

表 6 Box-Behnken 响应面法因素水平

Table 6. Factor levels of the Box-Behnken response surface method

水平	A 切片厚度 (mm)	B 干燥温度 (℃)	C 干燥时间 (h)
-1	2	50	2
0	4	60	4
1	6	70	6

表 7 Box-Behnken 响应面法设计及结果

Table 7. Design and result of the Box-Behnken response surface method

序号	A	B	C	醇溶性浸出物含量 (%)	挥发油得率 (%)	β-细辛醚质量分数 (mg/g)	外观性状评分 (分)	综合评分 (分)
1	0	0	0	15.96	5.01	13.03	3	94.30
2	1	0	1	14.47	4.04	10.91	2	73.48
3	0	0	0	15.57	4.04	14.78	2	82.25
4	1	1	0	19.59	3.05	3.33	2	51.61
5	0	0	0	16.56	5.01	15.10	2	89.80
6	0	0	0	14.95	4.03	14.05	3	89.62
7	-1	0	1	18.40	3.02	7.28	3	68.88
8	-1	1	0	16.37	4.00	5.22	3	70.54
9	1	-1	0	13.97	3.98	5.30	3	69.93
10	-1	0	-1	17.66	4.06	2.24	3	64.77
11	0	-1	-1	14.49	4.08	6.01	2	63.09
12	0	0	0	18.06	5.04	14.76	2	89.66
13	-1	-1	0	16.42	4.07	1.52	2	53.76
14	1	0	-1	18.42	3.01	10.48	2	66.60
15	0	-1	1	15.62	4.02	4.52	2	59.73
16	0	1	-1	17.49	4.04	14.45	1	72.88
17	0	1	1	19.14	3.51	7.31	2	63.30

合度，因此该模型可用来预测石菖蒲饮片的最佳炮制工艺参数。

2.5.3 最佳工艺预测

用软件得到二次回归方程等高线及响应曲面

图，对各影响因素间的相互作用进行了分析，结果见图2。等高线的形态能反映互作效果的强度，越接近椭圆越强，越接近圆越弱。由该软件所预测的最优工艺参数：切片厚度4 mm，干燥温度

表 8 回归模拟方差分析

Table 8. Regression simulation analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F	P
模型	2 511.24	9	279.03	10.56	0.002 6
A	1.68	1	1.68	0.064	0.807 9
B	17.46	1	17.46	0.66	0.443 0
C	0.48	1	0.48	0.018	0.897 1
AB	308	1	308	11.66	0.011 2
AC	1.92	1	1.92	0.073	0.795 3
BC	9.67	1	9.67	0.37	0.564 2
A ²	605.48	1	605.48	22.92	0.002 0
B ²	1 034.45	1	1 034.45	39.16	0.000 4
C ²	318.82	1	318.82	12.07	0.010 3
残差	184.92	7	26.42		
失拟项	109.89	3	36.63	1.95	0.263 1
纯误差	75.03	4	18.76		
总误差	2 696.16	16			

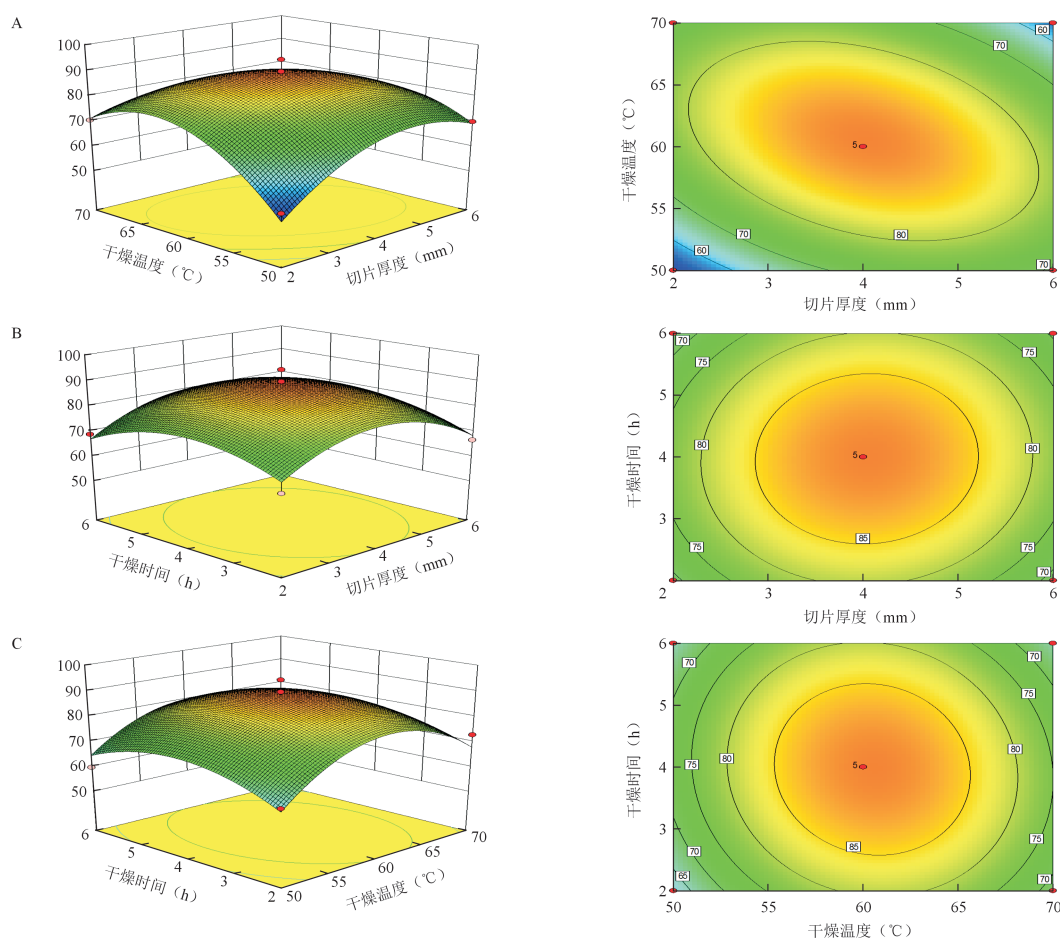


图2 各响应面及等高线图

Figure 2. Response surface and contour map

注：A. 切片厚度与干燥温度；B. 切片厚度与干燥时间；C. 干燥温度与干燥时间。

60.47 ℃，干燥时间 3.96 h，综合评分为 89.16 分。根据实际工艺调整为切片厚度 4 mm，干燥温度 60 ℃，干燥时间 4 h。

2.6 最佳工艺验证及与传统工艺样品比较

传统工艺样品制备：选取新鲜石菖蒲，除去杂质，洗净，60 ℃干燥 5 h，润透放置 24 h，切 4 mm 厚片，60 ℃干燥 5 h。

优化前石菖蒲样品根据传统工艺进行 2 次

“水处理-蒸制-干燥”处理，最佳工艺样品根据最佳成型工艺条件制备，平行操作 3 次，平均综合评分为 94.39 分，*RSD* 为 2.36%，与传统工艺样品相比，醇溶性浸出物和β-细辛醚分别提升 77.4% 和 226%（表 9），表明一体化工艺能高效提取有效成分，显著提升饮片整体品质等级，制备的石菖蒲饮片质量稳定可控，且各项药效指标及外观均显著优于传统工艺，确定为最终工艺参数。

表 9 一体化工艺验证试验结果及与优化前对比

Table 9. Integrated process validation test results and comparison with pre-optimization

样品	醇溶性浸出物含量 (%)	挥发油得率 (%)	β-细辛醚质量分数 (mg/g)	外观性状评分 (分)	综合评分 (分)
最佳工艺 1	24.48	3.97	16.56	3	92.94
最佳工艺 2	23.02	4.99	15.51	3	97.54
最佳工艺 3	23.19	5.00	13.03	3	92.70
传统工艺	13.28	4.00	4.61	2	57.79

3 讨论

产地加工一体化是将中药材产地加工环节和中药炮制有机结合，以减少生产重复环节、提高饮片质量，加强中药饮片生产过程质量控制，建立一体化生产关键技术体系。一体化概念的提出，旨在通过改变传统的加工模式，从源头保证饮片质量，以提高饮片临床安全和疗效^[15]。石菖蒲在传统的加工炮制过程中，石菖蒲鲜品需经过清洗、挑选、干燥等步骤后送往药厂，再进行润湿、切片、二次干燥等工序，分段式的加工方法容易导致饮片在炮制过程中浸泡太久或长时间高温干燥等，传统加工过程缺乏规范化管理，干燥方式的粗放导致挥发油成分损失且质量不均一，进而影响疗效^[16]。传统石菖蒲饮片的质量评价多沿用药典标准中的单一成分含量，缺乏多指标、系统性的综合评分方法，且缺乏对药材外观性状这一指标的重视，因此，开展石菖蒲的加工炮制一体化研究及评价体系尤为必要。

本研究基于产地加工一体化理念，为更客观全面评价工艺，建立了以挥发油得率、醇溶性浸出物含量、β-细辛醚含量、性状评分为核心指标的综合评价体系，采用 CRITIC 法客观赋权以消除主观偏差，结合 Box-Behnken 响应面法优化工艺参数，弥补了单一方法的不足，最终确定切片厚度 4 mm、干燥温度 60 ℃、干燥时间 4 h 的最佳工艺。验证结果显示，优化后的一体化工艺样品综合评分由传统工艺的 57.79 分升至 94.39 分，提升

幅度达 63.4%，且平行 3 次验证的 *RSD* 仅为 2.36%，说明该工艺具有良好的重复性和工艺稳健性，制备的石菖蒲饮片质量稳定可控。醇溶性浸出物和β-细辛醚的提升，表明优化后的工艺能更充分地提取或保留饮片中的总活性成分，药材利用率显著提高；挥发油是石菖蒲的主要药效部位之一，其得率增加保证了香气和药效。表明优化后的一体化工艺能够更为充分地保留与富集饮片中的活性成分，饮片外观性状与内在质量均显著优于传统工艺样品，同时有效简化生产流程、缩短加工周期，避免工序重复造成的人力、物力、药材资源浪费，降低生产成本，提升石菖蒲饮片生产的经济效益，整体品质等级实现大幅提升，为后续临床应用的疗效一致性奠定了基础。

参考文献

1 中国药典 2025 年版. 一部[S]. 2025: 91.
2 Hu Y, Zhao Y, Mao Z, et al. Inhalation of *Acori Tatarinowii* Rhizoma essential oil alleviates dyskinesia in Parkinson's disease rats through the regulation of neuroinflammation[J]. J Ethnopharmacol, 2025, 348: 119705. DOI: 10.1016/j.jep.2025.119705.
3 Gupta S, Gupta S, Singh M, et al. Role of *Acorus calamus* extract in reducing exosome secretion by targeting Rab27a and nSMase2: a therapeutic approach for breast cancer[J]. Mol Biol Rep, 2025, 52(1): 124. DOI: 10.1007/s11033-024-10203-6.
4 姚云峰, 徐继业, 张秀婷. 石菖蒲麸炒工艺研究[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(23): 30-34. [Yao YF, Xu JY, Zhang XT. Study on the technology of *Acorus tatarinowii* stir-fried with bran[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2023, 32(23): 30-34.] DOI: 10.3969/j. issn. 1007-8517.2023.23. zgmzmjy yzz202323007.

- 5 李海峰, 石若娜, 韩文静, 等. 石菖蒲药理作用及其机制的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(11): 2728–2730. [Li HF, Shi RN, Han WJ, et al. Recent progress in pharmacological effects and related mechanisms of medicinal herb *Acorus tatarinowii*[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2016, 27(11): 2728–2730.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-0805.2016.11.066](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-0805.2016.11.066).
- 6 宋叶彤, 史正刚, 高旅, 等. 石菖蒲在神经系统疾病中的应用研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2026, 33(2): 160–165. [Song YT, Shi ZG, Gao L, et al. Research progress in the application of *Acori Tatarinowii Rhizoma* in neurological diseases[J]. Chinese Journal of Information on TCM, 2026, 33(2): 160–165.] DOI: [10.19879/j.cnki.1005-5304.202503688](https://doi.org/10.19879/j.cnki.1005-5304.202503688).
- 7 冯鹏, 王明露, 王宇彤, 等. 石菖蒲挥发油化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药药理与临床, 2025, 41(6): 100–109. [Feng P, Wang ML, Wang YT, et al. Therapeutic effect of *Taraxaci herba* on acetaminophen-induced liver injury: a review[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2025, 41(6): 100–109.] DOI: [10.13412/j.cnki.zyyl.20240419.002](https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyyl.20240419.002).
- 8 邱路雅, 杨刚, 金琼, 等. 石菖蒲根茎化学成分及抗炎活性研究[J]. 中草药, 2022, 53(15): 4617–4624. [Qiu LY, Yang G, Jin Q, et al. Chemical constituents from rhizoma of *Acorus tatarinowii* and its anti-inflammatory activity[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(15): 4617–4624.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2022.15.004](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2022.15.004).
- 9 王浩, 高磊, 张金莲, 等. 石菖蒲中 α -细辛醚和 β -细辛醚药理作用及机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2025, 50(9): 2305–2316. [Wang H, Gao L, Zhang JL, et al. Research progress on pharmacological effects and mechanism of α -asarone and β -asarone in *Acori Tatarinowii Rhizoma*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2025, 50(9): 2305–2316.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20250211.602](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20250211.602).
- 10 乐颖娜, 张金莲, 钟凌云, 等. 石菖蒲炮制的历史沿革、化学成分及神经药理作用研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(11): 4115–4127. [Le YN, Zhang JL, Zhong LY, et al. Research progress on history processing, chemical constituents and neuropharmacological effects of *Acori Tatarinowii Rhizoma*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(11): 4115–4127.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2025.11.030](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2025.11.030).
- 11 查钦, 高晋, 张翔宇, 等. 中药材产地加工与饮片炮制一体化研究进展[J]. 亚太传统医药, 2023, 19(8): 250–255. [Zha Q, Gao J, Zhang XY, et al. Research progress and reflection on the integration of Chinese medicinal materials processing and decoction piece processing[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2023, 19(8): 250–255.] DOI: [10.11954/ytcty.202308052](https://doi.org/10.11954/ytcty.202308052).
- 12 国家食品药品监督管理局. 《中华人民共和国药品管理法实施条例》(FGWJ-2026-10006)[EB/OL]. (2026-05-15) [2026-01-16]. https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/fgwj/flxzhfg/20260127172639127.html?utm_source=chatgpt.com.
- 13 杨博. 石菖蒲采收期与产地初加工工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2022. DOI: [10.27136/d.cnki.ghnu.2022.001303](https://doi.org/10.27136/d.cnki.ghnu.2022.001303).
- 14 中国药典 2025 年版. 四部[S]. 2025: 202, 203–202.
- 15 张伟, 张玖捌, 何天雨, 等. 中药饮片产地加工与炮制生产一体化研究现状与展望[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2565–2571. [Zhang W, Zhang JB, He TY, et al. Research status and prospects of integration of habitat processing and processing of Chinese medicinal decoction pieces[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2022, 47(10): 2565–2571.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20211228.601](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20211228.601).
- 16 王宗伟, 陆敏仪, 廖慧珊, 等. 基于 Box-Behnken 响应面法的石菖蒲饮片炮制工艺研究[J]. 今日药学, 2025, 35(3): 168–171. [Wang ZW, Lu MY, Liao HS, et al. Processing technology of *Acorus tatarinowii* pieces based on Box-Behnken response surface methodology[J]. Pharmacy Today, 2025, 35(3): 168–171.] DOI: [10.12048/j.issn.1674-229X.2025.03.002](https://doi.org/10.12048/j.issn.1674-229X.2025.03.002).

收稿日期: 2026 年 04 月 15 日 修回日期: 2026 年 06 月 29 日
 本文编辑: 周璐敏 沈静怡