

基于 AHP-CRITIC 法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优选荒漠肉苁蓉趁鲜切制工艺



刘兆富¹, 徐丽芳^{2, 3, 4}, 胡小莉², 李俊娴², 邓琨², 叶喜德², 钟凌云²

1. 江西中医药大学中药固体制剂制造技术国家工程研究中心 (南昌 330004)
2. 江西中医药大学药学院 (南昌 330004)
3. 江西中医药大学附属医院药学部 (南昌 330006)
4. 国家中药炮制技术传承基地 (南昌 330006)

【摘要】目的 优化荒漠肉苁蓉趁鲜切制工艺, 确定最佳工艺参数。方法 基于 HPLC 法测定肉苁蓉炮制品中松果菊苷和毛蕊花糖苷的含量, 参照《中国药典》2025 年版方法测定醇溶性浸出物含量。以松果菊苷、毛蕊花糖苷、醇溶性浸出物含量为评价指标, 采用 AHP-CRITIC 法进行复合赋权, 计算综合评分; 以切片厚度、烘干温度、烘干时间为考察因素, 采用单因素试验与 Box-Behnken 设计-响应面法优选肉苁蓉趁鲜切制的最佳炮制工艺参数。结果 优选后的最佳工艺参数为: 切片厚度 3 mm、烘干温度 60 °C、烘干时间 20 h。结论 本研究优选的肉苁蓉趁鲜切制最佳炮制工艺稳定可靠、科学合理, 可为肉苁蓉的深入研究与工业化生产提供数据支撑。

【关键词】荒漠肉苁蓉; 趁鲜切制; AHP-CRITIC 法; Box-Behnken 设计-响应面法; 松果菊苷; 毛蕊花糖苷

【中图分类号】 R283

【文献标识码】 A

Optimization of fresh-cutting processing for *Cistanche deserticola* using AHP-CRITIC method combined with Box-Behnken design-response surface method

LIU Zhaofu¹, XU Lifang^{2,3,4}, HU Xiaoli², LI Junxian², DENG Kun², YE Xide², ZHONG Lingyun²

1. National Engineering Research Center for Manufacturing Technology of Traditional Chinese Medicine Solid Preparations, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China
 2. School of Pharmacy, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China
 3. Department of Pharmacy, Affiliated Hospital of Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330006, China
 4. National Traditional Chinese Medicine Processing Technology Inheritance Base, Nanchang 330006, China
- Corresponding authors: YE Xide, Email: 20070994@JXUTCM.edu.cn; ZHONG Lingyun, Email: ly1638163@163.com

【Abstract】Objective To optimize the fresh-cutting processing of *Cistanche deserticola* and determine the optimal process parameters. Methods The contents of echinacoside and verbascoside in *Cistanche deserticola* processed products were determined by HPLC. The content of alcohol-soluble extract was determined according to the *Chinese Pharmacopoeia* (2025 edition).

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202604012

基金项目: 国家重点研发计划中医药现代化重点专项 (2024YFC3507000)

通信作者: 叶喜德, 博士, 教授, 博士研究生导师, Email: 20070994@JXUTCM.edu.cn

钟凌云, 博士, 教授, 博士研究生导师, Email: ly1638163@163.com

Using the contents of echinacoside, verbascoside and alcohol-soluble extract as evaluation indicators, a comprehensive weighting method combining analytic hierarchy process (AHP) and criteria importance through intercriteria correlation (CRITIC) method was employed to calculate the composite score. The slice thickness, drying temperature, and drying time were selected as the investigated factors, and single-factor tests and the Box-Behnken design-response surface method were used to optimize the fresh-cutting processing parameters of *Cistanche deserticola*. **Results** The optimal processing parameters were as follows: slice thickness of 3 mm, drying temperature of 60°C, and drying time of 20 h. **Conclusion** The optimal processing technology for fresh-cutting of *Cistanche deserticola* selected in this study is stable, reliable and scientifically sound, and can provide data support for the in-depth research and industrial production of *Cistanche deserticola*.

【Keywords】 *Cistanche deserticola*; Fresh-cutting; Analytic hierarchy process-criteria importance through intercriteria correlation method; Box-Behnken design-response surface method; Echinacoside; Verbascoside

肉苁蓉为列当科植物肉苁蓉 (*Cistanche deserticola* Y. C. Ma)、管花肉苁蓉 [*Cistanche tubulosa* (Schenk) Wight] 的干燥带鳞叶的肉质茎^[1], 始载于《神农本草经》^[2], 被列为上品, 具有补肾阳、益精血、润肠通便等功效^[3]。肉苁蓉含有多糖、苯乙醇苷、环烯醚萜苷、黄酮等多种活性成分^[4]。其炮制方法历史悠久: 汉代即有“酒浸一宿”“酒浸, 焙”等记载^[5]; 南北朝时期《雷公炮炙论》^[6] 载有“酒浸一宿, 刷去浮甲”的净制方法; 至清代, 《配得本草》^[7] 则提出“漂极淡, 蒸半日用, 以酥炙用亦可”, 进一步丰富了肉苁蓉的炮制方法。现代研究表明, 松果菊苷和毛蕊花糖苷是肉苁蓉的重要活性成分^[8], 均属于苯乙醇苷类, 这类成分具有一定的水溶性和热敏性^[9]。肉苁蓉醇溶性浸出物的优势在于能高效富集苯乙醇苷、环烯醚萜苷等核心药效成分, 其活性常优于水提取物, 是肉苁蓉质量控制与药效评价的重要指标^[10]。

新鲜肉苁蓉肉质饱满、水分充足, 细胞结构完整, 趁鲜切制可避免药材在干燥后质地变得坚硬致密, 减少后续切制时因细胞破碎导致的有效成分流失。若待完全干燥后再切制, 不仅难以切片, 还会因切削过程中细胞破损严重, 造成药效成分溶出损耗, 直接影响药材的质量与临床疗效。《中国药典》2025年版一部^[1] 收录了肉苁蓉和酒肉苁蓉2种饮片。为保证肉苁蓉饮片的质量, 规范其产地加工, 有必要优选肉苁蓉趁鲜切制的最佳工艺。

层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 是一种多准则决策方法, 其核心是将复杂决策问题拆解为目标、准则、方案3个层级, 通过两两比较确定要素权重。CRITIC (criteria importance through inter-criteria correlation) 法是依照评价指标的对比强度和指标之间的冲突性来综合衡量指标。本研究

拟采用AHP-CRITIC法结合Box-Behnken设计-响应面法, 以松果菊苷、毛蕊花糖苷和醇溶性浸出物含量的综合评分为评价指标, 以切片厚度、烘干温度、烘干时间作为考察因素, 建立一套稳定、可行、适合工业化生产的趁鲜切制工艺, 为肉苁蓉的深入研究和临床应用奠定基础。

1 仪器与试药

1.1 主要仪器

Agilent-1100型液相色谱仪 (美国安捷伦科技有限公司); DTG-78型超声波清洗机 (湖北鼎泰高科有限公司); YF-118型打粉机 (瑞安市永历制药机械有限公司); CPA225D型十万分之一分析天平 (德国赛多利斯公司); HH-6型数显恒温水浴锅 (常州国华电器有限公司)。

1.2 主要药品与试剂

新鲜荒漠肉苁蓉于2025年秋季购于内蒙古阿拉善左旗, 经江西中医药大学中药鉴定组刘应蛟副教授鉴定为肉苁蓉 (*Cistanche deserticola* Y. C. Ma) 的肉质茎; 松果菊苷对照品 (成都克洛玛生物科技有限公司, 批号: CHB230908, 纯度 $\geq 98\%$); 毛蕊花糖苷对照品 (成都曼斯特生物科技有限公司, 批号: MUST-25052921, 纯度 $\geq 98\%$); 甲醇和乙腈为色谱纯; 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 松果菊苷与毛蕊花糖苷的含量测定

2.1.1 色谱条件

色谱柱: Welch C₁₈ 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈 (A) -0.2%甲酸 (B), 梯度洗脱 (0~5 min, 15%~18% A; 5~15 min, 18%~20% A; 15~25 min, 20%~32% A); 流速: 0.8 mL/

min; 柱温: 25 °C; 检测波长: 330 nm; 进样量: 10 μL^[11]。

2.1.2 混合对照品溶液的制备

取松果菊苷对照品、毛蕊花糖苷对照品适量, 精密称定, 加50%甲醇溶解, 制成每1 mL含松果菊苷1.42 mg、毛蕊花糖苷0.40 mg的混合对照品溶液。

2.1.3 供试品溶液的制备

精密称取肉苁蓉粉末0.5 g, 置50 mL棕色量瓶中, 加入50%甲醇25 mL, 密塞, 摇匀, 称定重量, 浸泡30 min, 超声(功率: 250 W, 频率: 40 kHz)处理40 min, 放冷至室温, 再称定重量, 加50%甲醇补足减失的重量, 摇匀, 静置, 取上清液, 用0.22 μm滤膜过滤, 即得。

2.1.4 系统适用性试验

精密称定空白溶剂(50%甲醇)、混合对照品溶液及供试品溶液适量, 按“2.1.1”项下色谱条件进样分析, 记录色谱图(图1)。结果显示,

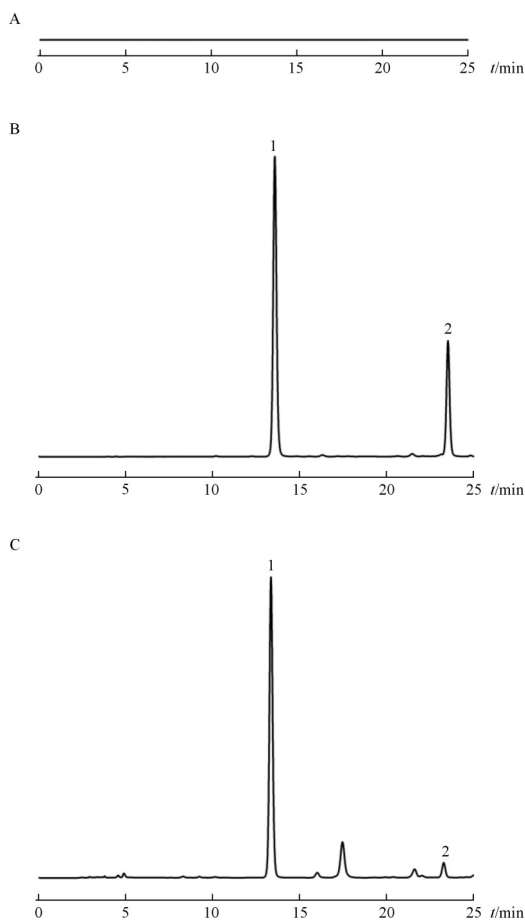


图1 HPLC 色谱图

Figure 1. HPLC chromatogram

注: A. 空白溶剂; B. 混合对照品溶液; C. 供试品溶液; 1. 松果菊苷; 2. 毛蕊花糖苷。

在该色谱条件下, 空白溶剂对测定无干扰; 供试品溶液中松果菊苷、毛蕊花糖苷的色谱峰与相邻杂质峰均能实现基线分离, 且峰形对称, 表明该方法专属性良好, 符合含量测定要求。

2.1.5 线性考察

将“2.1.2”项下混合对照品溶液用50%的甲醇依次梯度稀释2、4、8、16、32、64倍, 得到6组不同浓度的对照品溶液, 精密吸取10 μL, 按“2.1.1”项下色谱条件进样测定, 以对照品溶液的浓度为横坐标(X, mg/mL)、峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线, 并计算回归方程, 结果见表1。

表1 线性考察结果

Table 1. Linear regression results

对照品	回归方程	r	线性范围 (mg/mL)
松果菊苷	$Y=1.439 \times 10^4 X + 37.887$	0.999 9	1.420 00~0.022 20
毛蕊花糖苷	$Y=1.860 \times 10^4 X + 9.617$	0.999 9	0.400 00~0.006 25

2.1.6 精密度试验

精密吸取“2.1.2”项下混合对照品溶液10 μL, 按“2.1.1”项下色谱条件连续进样6次, 计算得松果菊苷、毛蕊花糖苷峰面积的RSD分别为0.10%、0.12% (n=6), 结果表明仪器精密度良好。

2.1.7 稳定性试验

精密吸取“2.1.3”项下肉苁蓉供试品溶液10 μL, 按“2.1.1”项下色谱条件分别于室温条件下放置0、2、4、8、12、24 h后进样测定, 计算得松果菊苷、毛蕊花糖苷峰面积的RSD分别为0.26%、1.55% (n=6), 结果表明供试品溶液在室温条件下放置24 h稳定性良好。

2.1.8 重复性试验

取同一批肉苁蓉样品粉末, 按“2.1.3”项下方法平行制备6份供试品溶液, 并按“2.1.1”项下色谱条件进样测定, 计算得松果菊苷、毛蕊花糖苷的平均含量分别为34.090 7、1.114 4 mg/g, 其峰面积的RSD分别为1.52%、1.51% (n=6), 结果表明该方法重复性良好。

2.1.9 加样回收率试验

精密称取已知含量同一批肉苁蓉粉末(松果菊苷34.090 7 mg/g、毛蕊花糖苷1.114 4 mg/g)6份, 每份0.25 g, 分别精密加入与样品含量相当的对照品(松果菊苷8.52 mg、毛蕊花糖苷0.29 mg), 按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.1.1”项下色谱条件进样测定, 计算得松

果菊苷和毛蕊花糖苷的平均回收率分别为100.13%、100.06%，RSD分别为0.25%、1.87% (n=6)，结果表明该方法准确性良好。

2.2 醇溶性浸出物的含量测定

精确称取肉苁蓉各趁鲜切制品粉末2.0 g，置于250 mL锥形瓶中，精密加入50%乙醇溶液50 mL，称定重量，静置1 h后，连接冷凝管，加热至沸腾，保持微沸回流1 h。待溶液冷却后，再称定重量，用50%乙醇补足减失的重量，摇匀，过滤；精密量取滤液25 mL，置已干燥至恒重的蒸发皿中，水浴蒸干，于烘箱中干燥3 h，取出，置干燥器中冷却30 min，精密称定重量。以干燥品计算样品中醇溶性浸出物的含量(%)。

2.3 分析综合指标权重确定

2.3.1 AHP法权重确定

松果菊苷为苯乙醇苷类化合物，具有抗氧化和抗衰老的作用^[12]；毛蕊花糖苷具有抗炎抗肿瘤的作用^[13]；肉苁蓉醇溶性浸出物可高效富集苯乙醇苷、环烯醚萜苷等核心药效成分^[14]。因此将3个指标按重要性分为3个级别，其优先顺序为：松果菊苷>毛蕊花糖苷>浸出物。构建判断矩阵进行两两比较，计算相应的权重系数，具体见表2。通过计算，指标权重分析一致性检验结果：一致性指标(consistency index, CI) = 0.05、一致性比例(consistency ratio, CR) = 0.09，其中CI ≠ 0、CR < 0.1，说明分析矩阵一致性良好，指标权重系数可靠，可用于指标加权。

表2 AHP矩阵

Table 2. AHP matrix

指标	松果菊苷	毛蕊花糖苷	浸出物	权重系数
松果菊苷	1	1	2	0.406 48
毛蕊花糖苷	1	1	1.5	0.369 44
浸出物	0.5	0.667	1	0.224 08

2.3.2 CRITIC法权重确定

拟对单因素试验数据进行极差标准化处理，公式如下：

$$\text{标准化值}(\%) = \frac{\text{实测值} - \text{最小值}}{\text{最大值} - \text{最小值}} \times 100\%$$

导入SPSSPRO软件中进行CRITIC权重分析，得到松果菊苷、毛蕊花糖苷和浸出物权重分别为0.346 13、0.264 11、0.389 76。

2.3.3 综合权重及综合评分确定

参考文献^[15]的方法，将AHP法与CRITIC权重法计算得到的权重代入以下公式计算组合权重：

$$M_i = \frac{W_{i-AHP} \cdot W_{i-CRITIC}}{\sum_{j=1}^n (W_{j-AHP} \cdot W_{j-CRITIC})}$$

式中， W_{i-AHP} 为第*i*个指标的AHP主观权重， $W_{i-CRITIC}$ 为第*i*个指标的CRITIC客观权重。经计算，松果菊苷、毛蕊花糖苷和醇溶性浸出物的综合权重分别为0.366 434、0.314 967和0.318 599。综合评分的计算公式如下：

$$\text{综合评分} = \left(\frac{x_1}{x_{1\max}} \times W_1 + \frac{x_2}{x_{2\max}} \times W_2 + \frac{x_3}{x_{3\max}} \times W_3 \right) \times 100$$

式中， x_1 、 $x_{1\max}$ 分别为浸出物的实测含量与最大含量； x_2 、 $x_{2\max}$ 分别为松果菊苷的实测含量与最大含量； x_3 、 $x_{3\max}$ 分别为毛蕊花糖苷的实测含量与最大含量； W_1 、 W_2 和 W_3 分别为浸出物、松果菊苷、毛蕊花糖苷的权重系数。

2.4 单因素试验

以切片厚度、烘干温度和烘干时间为考察因素，以松果菊苷、毛蕊花糖苷和醇溶性浸出物的含量为评价指标，进行综合分析，以筛选肉苁蓉趁鲜切制的最佳工艺参数。

2.4.1 切片厚度考察

取新鲜肉苁蓉，洗净后分别切成厚度为2、3、4、5、6 mm的厚片，于60 °C烘箱中烘干20 h。结果表明，当切片厚度为3 mm时，综合评分最高，因此优选切片厚度范围为2~4 mm(图2)。

2.4.2 烘干温度考察

取新鲜肉苁蓉，洗净后切成3 mm的厚片，分别于50、60、70、80、90 °C烘箱中烘干20 h。结果表明，当烘干温度为60 °C时，综合评分最

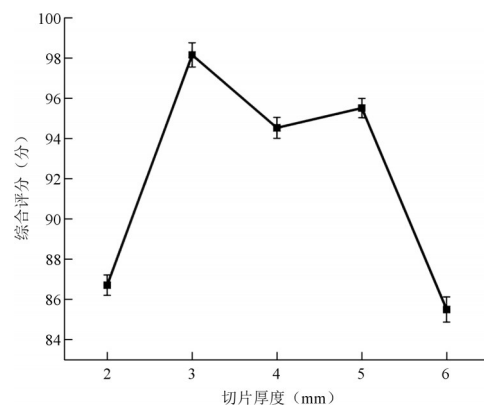


图2 切片厚度对综合评分的影响 (n=3)

Figure 2. Effect of slice thickness on comprehensive score (n=3)

高，因此优选烘干温度范围为 50~70 °C (图 3)。

2.4.3 烘干时间考察

取新鲜肉苁蓉，洗净后切制成 3 mm 的厚片，于 60°C 烘箱中分别烘 16、18、20、22、24 h。结果表明，当烘干时间为 20 h 时，综合评分最高，因此优选烘干时间范围为 18~22 h (图 4)。

2.5 Box-Behnken 设计-响应面试验

2.5.1 试验设计

在单因素试验基础上，以切片厚度 (A)、烘干温度 (B)、烘干时间 (C) 为考察因素，以综合评分为评价指标，采用 Design-Expert 13.0 软件中的 Box-Behnken 设计-响应面法进行试验设计。因素水平见表 3，结果见表 4。

2.5.2 模型拟合及显著性分析

采用 Design-Expert 13 软件对表 4 中数据进行拟合，以切片厚度 (A)、烘干温度 (B)、烘干时间 (C)

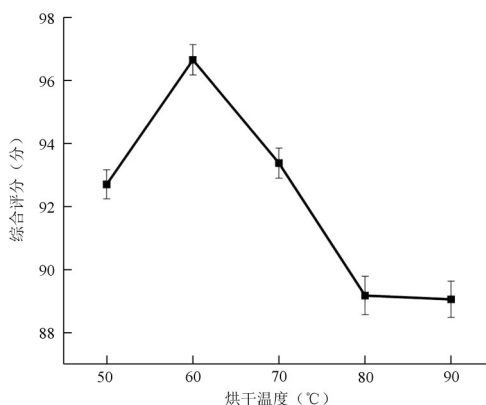


图 3 烘干温度对综合评分的影响 (n=3)
Figure 3. Effect of drying temperature on comprehensive score (n=3)

为自变量，综合评分 (Y) 为因变量，得到回归方程： $Y=94.81+0.288 8A+1.49B+0.142 5C+0.225 0AB-0.002 5AC+0.167 5BC-2.23A^2-7.08B^2-3.09C^2$ 。回归模型的方差结果见表 5。由结果可知：模型 $P<0.000 1$ ，失拟项 $P=0.174 3$ ，表明模型具有显著性差异，而失拟项不显著；综合评分相关系数 $R^2=0.979 0$ ，变异系数 $R^2=0.989 9$ ，两者之差小于 0.2，说明模型真实可靠。预测值 $R^2=0.978 7$ ，表明肉苁蓉趁鲜切制工艺综合评分有 97.87% 受切片厚度、烘干温度、烘干时间 3 个因素的影响。由 F 值可知，

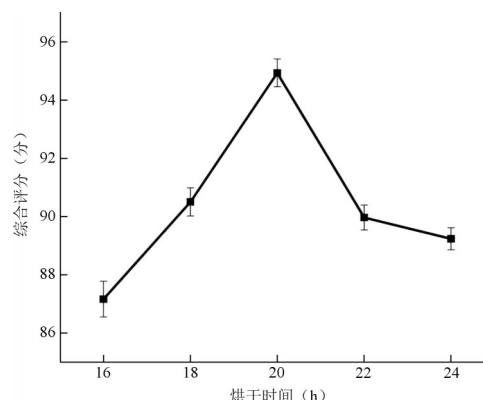


图 4 烘干时间对综合评分的影响 (n=3)
Figure 4. Effect of drying time on comprehensive score (n=3)

表 3 响应面试验因素水平
Table 3. Response surface test factor level

水平	A 切片厚度 (mm)	B 烘干温度 (°C)	C 烘干时间 (h)
-1	2	50	18
0	3	60	20
1	4	70	22

表 4 响应面试验设计与结果

Table 4. Response surface test design and results

序号	A	B	C	松果菊苷含量 (%)	毛蕊花糖苷含量 (%)	醇溶性浸出物含量 (%)	综合评分 (分)
1	3	60	20	3.490 7	0.114 4	62.13	95.43
2	3	60	20	3.484 5	0.113 4	60.62	94.35
3	3	50	18	3.007 4	0.103 2	53.04	83.19
4	2	60	22	3.361 4	0.102 9	58.10	89.13
5	3	70	18	3.293 9	0.097 8	55.03	85.59
6	3	60	20	3.492 6	0.113 3	61.14	94.66
7	2	70	20	3.436 2	0.089 2	58.96	86.71
8	3	50	22	3.092 0	0.094 8	56.12	83.36
9	2	60	18	3.399 0	0.103 1	57.12	89.06
10	3	60	20	3.491 4	0.112 7	62.74	95.28
11	3	60	20	3.501 3	0.112 0	60.98	94.32
12	3	70	22	3.336 6	0.095 4	57.13	86.43
13	2	50	20	3.083 0	0.101 1	54.14	83.93
14	4	70	20	3.291 9	0.101 2	57.13	87.52
15	4	60	18	3.375 3	0.102 1	59.74	89.86
16	4	60	22	3.403 1	0.104 4	58.09	89.92
17	4	50	20	3.023 3	0.101 0	55.21	83.84

表5 回归模型方差分析结果

Table 5. Analysis of variance results of regression model

来源	平方和	自由度	均方	F	P
模型	313.51	9	34.83	175.00	<0.000 1
A	0.6670	1	0.667 0	3.35	0.109 9
B	17.79	1	17.79	89.37	<0.000 1
C	0.162 4	1	0.164 2	0.816 1	0.396 3
AB	0.202 5	1	0.202 5	1.02	0.346 7
AC	0.000 0	1	0.000 0	0.000 1	0.991 4
BC	0.112 2	1	0.112 2	0.563 8	0.477 2
A ²	20.92	1	20.92	105.09	<0.000 1
B ²	211.00	1	211.00	1 059.99	<0.000 1
C ²	40.11	1	40.11	201.51	<0.000 1
残差	1.39	7	0.199 1		
失拟项	0.313 9	3	0.104 6	0.387 7	0.768 8
纯误差	1.08	4	0.269 9		
总和	314.90	16			

各因素影响程度依次为：烘干温度(B) > 切片厚度(A) > 烘干时间(C)；由P值可知，二项式A²、B²、C²均呈极显著影响。

2.5.3 回归模型 Box-Behnken 响应面分析

使用 Design-Expert 13 软件绘制各因素交互作用对综合评分影响的响应面图 (图5)。等高线形状反映交互作用的强弱：椭圆形等高线表示交互作用较强，圆形等高线表示交互作用较弱。其中，烘干温度与切片厚度、烘干温度与烘干时间之间的交互作用较强，而切片厚度与烘干时间之间的交互作用较弱。基于模型预测，肉苁蓉趁鲜切片工艺的最佳理论参数为：切片厚度 3.070 mm、烘干温度 60.068 °C、烘干时间 20.051 h，对应的综合评分为 94.90。结合生产实际，将工

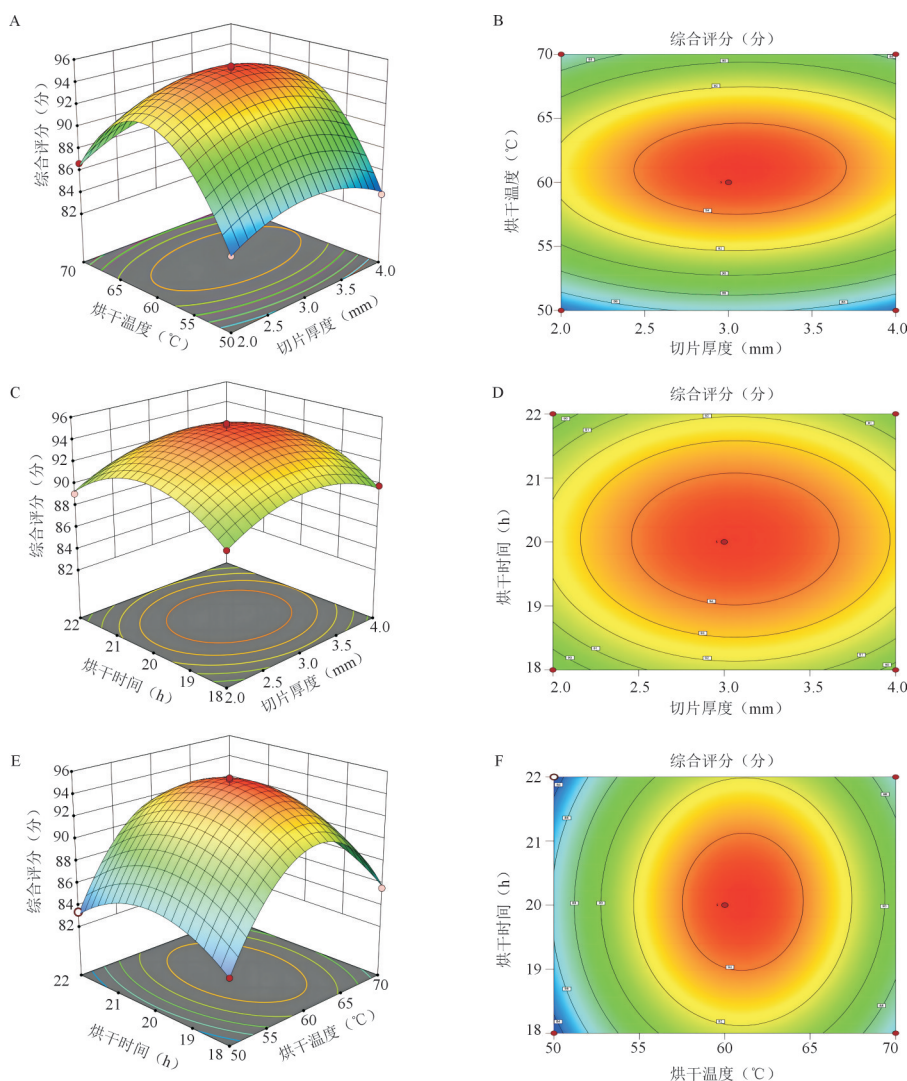


图5 各因素交互作用对综合评分影响的响应面图

Figure 5. Response surface diagram of the interaction of various factors on the comprehensive score

注：A、B分别为烘干温度与切片厚度的三维曲面图和等高线图；C、D分别为烘干时间与切片厚度的三维曲面图和等高线图；E、F分别为烘干时间与烘干温度的三维曲面图和等高线图。

艺修正为：切片厚度 3 mm、烘干温度 60 °C、烘干时间 20 h。

2.6 最佳工艺验证

按优化工艺参数（切片厚度 3 mm、烘干温度 60 °C、烘干时间 2 h）平行制备 3 批肉苁蓉样品，其松果菊苷、毛蕊花糖苷、醇溶性浸出物含量及综合评分结果见表 6。4 个指标测定结果的 RSD 分别为 0.06%、0.43%、0.48%、0.19% ($n=3$)，表明该工艺稳定可行、重复性良好，可用于肉苁蓉趁鲜切制规范化制备。

表 6 工艺验证试验结果

Table 6. Process validation test results

样品	松果菊苷含量 (%)	毛蕊花糖苷含量 (%)	醇溶性浸出物含量 (%)	综合评分 (分)
1	3.501 5	0.115 5	59.61	94.57
2	3.498 5	0.114 5	60.34	94.63
3	3.502 9	0.115 0	60.52	94.91
平均值	3.500 9	0.115 0	60.15	94.70

3 讨论

《中国药典》2025 年版^[1]以醇溶性浸出物、松果菊苷、毛蕊花糖苷含量为肉苁蓉质量评价指标。由于松果菊苷和毛蕊花糖苷具有抗氧化、抗疲劳、抗癌等药理作用^[16]，而浸出物得率作为一项综合性辅助评价指标，可较全面地反映炮制工艺的整体调控效果，契合中医药整体观的理论内涵。但该指标并非直接表征药效的核心依据，其评价权重低于活性成分含量。故本研究选用松果菊苷、毛蕊花糖苷和醇溶性浸出物含量作为评价肉苁蓉品质的内在指标。

AHP 法是一种定性与定量相结合的多准则决策分析方法。此方法基于中医药理论体系，反映各指标在药品评价中主观的重要性，主观性强易受专家的经验判断的影响。CRITIC 法是基于指标间相关性的准则重要性权重法。该方法依据数据本身的变异性和指标间的冲突性进行客观赋权，虽可避免人为干扰，但可能在一定程度上弱化指标的实际临床意义^[17]。本研究将二者结合，采用乘积归一化方式构建复合权重，既体现了松果菊苷与毛蕊花糖苷作为苯乙醇苷类代表性活性成分的药效核心地位，又兼顾了醇溶性浸出物对整体药效物质的表征能力，实现了主客观权重的有效统一。

中药材趁鲜切制是将新鲜采收中药材经产地加

工时直接切制或适度干燥后再切制的方式，相较传统干品后切制工艺，其可依托新鲜药材完整的细胞结构，减少有效成分流失，最大程度保留药效物质以提升药材品质与临床疗效^[18]。荒漠肉苁蓉趁鲜切制可依托新鲜药材肉质饱满、细胞结构完整的特点，避免干品切制时质地坚硬致密导致的切削困难，同时减少细胞破碎引发的松果菊苷、毛蕊花糖苷等热敏性苯乙醇苷类核心活性成分流失，也能规避传统干品切制前润制环节造成的成分溶出损耗，最大化保留有效成分与醇溶性浸出物含量，提升药材质量与临床疗效。与传统干品切制工艺进行对比研究发现，本试验切片厚度为干品的一半，有利于有效成分的煎出；烘干温度略低，在一定程度上保留了更多热敏性成分^[19]。

目前，荒漠肉苁蓉趁鲜切制工艺优化已经取得阶段性成果，后续研究将从 3 个方面展开：一是本试验条件限制，仅采用同一产地、同一批次新鲜药材进行工艺优化，后续收集不同产地、不同采收期的肉苁蓉样品，考察工艺的稳健性与适用性；二是评价指标虽涵盖了苯乙醇苷类代表性成分与醇溶性浸出物，但肉苁蓉中多糖、环烯醚萜苷等其他活性成分未纳入综合评价体系，后续拓展评价指标范围，建立更为全面的质量评价体系；三是引入指纹图谱技术和药效学评价手段，从“成分-活性”关联角度验证趁鲜切制工艺对药材整体质量的影响。通过以上多维度研究，进一步完善荒漠肉苁蓉趁鲜切制工艺体系，为肉苁蓉饮片规范化生产和质量控制提供参考。

参考文献

- 1 中国药典 2025 年版. 一部[S]. 2025: 144-145.
- 2 佚名. 尚志钧, 校注. 神农本草经[M]. 北京: 学苑出版社, 2008: 166-167.
- 3 王利, 松伟, 刘小雪, 等. 肉苁蓉生物活性成分及功效的研究进展[J]. 食品科技, 2023, 48(2): 208-214. [Wang L, Song W, Liu XX, et al. Research progress on bioactive components and efficacy of *Cistanche deserticola*[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(2): 208-214.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CiBQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYwMjE2MjUxORINC3BrajIwMjMwMjAzMRoIZ3VmYTI5ZXc%3D>.
- 4 毕龙成, 钟平胜, 田义明, 等. 荒漠肉苁蓉活性成分的药理作用及质量影响因素[J]. 食品科学, 2026, 47(2): 307-321. [Bi LC, Zhong PS, Tian YM, et al. Research progress on *Cistanches deserticola* Y.C. Ma as a medicinal and edible plant: pharmacological effects of active components and factors influencing its quality[J]. Food Science, 2026, 47(2): 307-321.] DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20250705-031.
- 5 东汉·华佗, 著. 古求知, 校注. 华氏中藏经[M]. 北京: 中国医

- 药科技出版社, 2011: 63.
- 6 刘宋·雷敦, 著. 王兴法, 辑校. 雷公炮炙论: 辑佚本[M]. 上海: 上海中医药大学出版社, 1986: 22.
 - 7 清·严西亭, 著. 得配本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1958:9.
 - 8 陈昌懋, 尕藏扎西, 王劫, 等. 肉苁蓉活性成分及药理作用机制研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(12): 4464–4477. [Chen CG, Gazang ZX, Wang J, et al. Research progress on active components and pharmacological mechanisms of *Cistanches Herba*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(12): 4464–4477.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CiBQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYwMjE2MjUxORIMemN5MjAyNTEyMDI4GghxbW9ucG04cQ%3D%3D>.
 - 9 张超, 华悦, 廉婧, 等. 肉苁蓉炮制过程中苯乙醇苷类成分含量变化规律研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2022, 29(4): 92–97. [Zhang C, Hua Y, Lian J, et al. Study on variation laws of content of phenylethanol glycosides in *Cistanches Herba* during processing[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2022, 29(4): 92–97.] DOI: 10.19879/j.cnki.1005-5304.202108567.
 - 10 陈百泉, 刘瑜新, 康文艺. 人工栽培肉苁蓉保肝和抗氧化活性研究[J]. 精细化工, 2010, 27(4): 342–345. [Chen BQ, Liu YX, Kang WY. Hepatoprotective effect and antioxidant activity of cultivate *Cistanche deserticola* Y.C.Ma[J]. Fine Chemicals, 2010, 27(4): 342–345.] DOI:10.13550/j.jxhg.2010.04.026.
 - 11 王淑凡, 罗福祥, 闫明, 等. 管花肉苁蓉趁鲜蒸制工艺优化[J/OL]. 中成药, 1–6(2025–06–27). [Wang SF, Luo FX, Yan M, et al. Optimization of fresh steaming process of *Cistanche tubulosa*[J/OL]. Chinese Traditional Patent Medicine, 1–6(2025–06–27).] https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=t_h3i5Pmq2w-nHUoaEJC1RjLOYdi09hHgZ7Y8_Ken9pmsu_atFSeSnKSGONxXSfPabYDFvdRnhItEWl2PZFaCf0SyAXfaMYq2CwpLdYXhUFvsSV_EPY6x4OZVcfMqYM93Nj-e_hdgToJNKNiJBvklmSs_6X5ETH27lpau5-Ztwmvev1zEYbvg=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
 - 12 孙悦, 包旭宏, 刘文伟, 等. 松果菊苷药理作用及机制的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(8): 1445–1455. [Sun Y, Bao XH, Liu WW, et al. Research progress on the pharmacological action and mechanism of echinacoside[J]. Natural Product Research and Development, 2024, 36(8): 1445–1455.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CiBQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYwMjE2MjUxORIMemN5MjAyNDIzMDMwGghwZW1vNXNraQ%3D%3D>.
 - 13 黄文静, 谢兴亮, 盛艳梅. 毛蕊花糖苷药理作用及其制剂研发进展[J]. 中草药, 2024, 55(23): 8256–8268. [Huang WJ, Xie XL, Sheng YM. Pharmacological effects and preparation development progress of verbascoside[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2024, 55(23): 8256–8268.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/CiBQZXJpb2RpY2FsQ0hJU29scjkyMDI2MDYwMjE2MjUxORIMemN5MjAyNDIzMDMwGghwZW1vNXNraQ%3D%3D>.
 - 14 徐万爱, 于欢, 林丽娜, 等. 基于AHP-CRITIC熵权法结合正交试验设计优选肉苁蓉的酒浸焙炮制工艺及质量标准研究[J]. 中药材, 2025, 48(2): 340–347. [Xu WA, Yu H, Lin LN, et al. Based on AHP-CRITIC entropy weight method combined with orthogonal test design, the processing technology and quality standard of *Cistanche deserticola* were optimized[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2025, 48(2): 340–347.] DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2025.02.013.
 - 15 康悦, 陈凯文, 邓晨陽, 等. 基于AHP-CRITIC结合Box-Behnken设计-响应面法优选天麻酒制工艺[J]. 中药材, 2026, (4): 903–909. [Kang Y, Chen KW, Deng CY, et al. Based on AHP-CRITIC combined with Box-Behnken design-response surface method to optimize the wine processing technology of *Gastrodia elata*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2026, (4): 903–909.] DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2026.04.012.
 - 16 方逸倩, 史培, 张治峰, 等. 药食同源中药肉苁蓉中苯乙醇苷的研究进展[J]. 食品工业, 2024, 45(11): 281–285. [Fang YQ, Shi P, Zhang ZF, et al. Research progress of phenylethanolglycoside in *Cistache deserticola* in traditional Chinese medicine-food homology[J]. The Food Industry, 2024, 45(11): 281–285.] https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=7jvqSXla2LVpHQa5pW8ZMrm8g9ozmF5aQDVL102UxTr0ZfjxLUUfB93eLwZ595U1ViiSnKSA4jnbQC4pmsPBYQNqsBK7PDNRn33Gg0ghPCKKUogfRtsS5frMTsOjpdKOkFeunWqYSzIcxBRkNlyankl7Qdgix7NG38AaXwAI5QcPG-H-5_ei0w==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
 - 17 叶喜德, 卜俊文, 邵明国, 等. AHP-熵权法结合Box-Behnken设计-响应面法优选建昌帮润蜜糠炒白芍炮制工艺[J]. 药学前沿, 2026, 30(2): 201–210. [Ye XD, Bu JW, Shao MG, et al. AHP-entropy weight method combined with Box-Behnken design-response surface method optimized processing technology of Jianchangbang wine moistened honey bran fried *Paeoniae Radix Alba*[J]. Frontiers in Pharmaceutical Sciences, 2026, 30(2): 201–210.] DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202509049.
 - 18 鲍文杰, 钟凌云, 伍文华, 等. 中药趁鲜切制机制——传统智慧与现代技术融合探析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, 32(7): 282–290. [Bao WJ, Zhong LY, Wu WH, et al. Mechanism of fresh cutting of traditional Chinese medicine: discussion on integration of traditional wisdom and modern technology[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2026, 32(7): 282–290.] DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20252161.
 - 19 姜勇, 鲍忠, 孙永强, 等. 肉苁蓉片的炮制工艺研究[J]. 中国药理学杂志, 2011, 46(14): 1074–1076. [Jiang Y, Bao Z, Sun YQ, et al. Study on processing method of *Cistanches Herba* decoction pieces[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2011, 46(14): 1074–1076.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotat-ZGYX201114010.htm>.

收稿日期: 2026年04月02日 修回日期: 2026年05月11日
 本文编辑: 钟巧妮 洗静怡