

管花肉苁蓉趁鲜蒸制工艺优化

王淑凡¹, 罗福祥², 闫明², 阿娜尔古丽·马合木提², 李建梅^{2,3*}, 高莉^{4*}

(1. 石河子大学药学院, 新疆植物药资源利用教育部重点实验室, 新疆石河子 832003; 2. 新疆维吾尔自治区维吾尔医药研究所维吾尔医方剂学重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830049; 3. 新疆医科大学药学院, 新疆乌鲁木齐 830017; 4. 新疆维吾尔自治区中医药管理局, 新疆乌鲁木齐 830001)

摘要: 目的 优化管花肉苁蓉趁鲜蒸制工艺。方法 在单因素试验基础上, 以切片厚度、蒸制时间、烘干温度为影响因素, 松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 含量的总评“归一值”(OD 值) 为评价指标, Box-Behnken 响应面法优化趁鲜蒸制工艺。结果 最佳条件为切片厚度 8 mm, 蒸制时间 2 h, 烘干温度 60 °C, OD 值为 70.04。趁鲜蒸制后, 除 2-乙酰基洋丁香酚苷含量降低外, 其余苯乙醇苷类成分含量均升高, 以松果菊苷和管花苷 A 更明显。生品和趁鲜蒸制品可被明显区分。结论 该方法稳定可行, 可为管花肉苁蓉趁鲜蒸制的规范化生产与控制提供科学依据, 并且炮制过程中毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷存在明显的相互转化关系。

关键词: 管花肉苁蓉; 趁鲜蒸制工艺; Box-Behnken 响应面法

中图分类号: R283

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)06-2010-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.06.033

肉苁蓉为列当科植物肉苁蓉 *Cistanche deserticola* Y. C. Ma 或管花肉苁蓉 *C. tubulosa* (Schenk) Wight 的干燥带鳞叶的肉质茎, 其味甘、咸, 性温, 具有补肾阳、益精血、润肠通便等功效^[1], 有“沙漠人参”之美誉, 其主要成分为苯乙醇苷类、环烯醚萜苷类、多糖类、有机酸类等^[2-6]。其中, 苯乙醇苷类成分具有温肾助阳^[7-10]、润肠通便^[11-12]、预防神经退行性疾病^[13-16]等活性。

中药产地趁鲜加工与炮制一体化研究是当今研究热点, 在缩短饮片制作周期、提高有效成分含量、增强药理活性方面具有重要的实际意义, 已在郁金^[17]、大黄^[18-19]等多种药材上证实其适用性。然而, 肉苁蓉从采收到炮制需经历 2 次干燥过程, 鲜品在运输、贮存过程中易出现失水、褐变、软化等现象^[20], 虽可通过蒸制或烫漂预处理改善, 但缺乏对外观形貌演变规律与成分动态变化的系统关联分析, 导致相关工艺参数标准化缺失, 直接影响饮片质量的均一性。因此, 本实验兼顾成分稳定性和生产效率, 采用 Box-Behnken 响应面法优化管花肉苁蓉趁鲜蒸制工艺, 以期制定该药材趁鲜加工

技术规范提供数据支撑, 也对推动其传统炮制工艺标准化、提升资源利用价值具有重要意义。

1 材料

1.1 仪器 Waters e2695 高效液相色谱仪, 配置 UV2489 检测器、Empower 3.0 工作站 (美国 Waters 公司); BS110S 电子天平 [赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司]; SK3200LH 超声波清洗器 (上海科导超声仪器有限公司); DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱 (上海齐欣科学仪器有限公司)。

1.2 试剂 松果菊苷 (批号 B21209)、管花苷 A (批号 B20471)、毛蕊花糖苷 (批号 B20715)、异毛蕊花糖苷 (批号 B21535)、2-乙酰基洋丁香酚苷 (批号 B21779)、管花苷 B (批号 B23222) 对照品 (纯度均 ≥ 98%), 均购自上海源叶生物科技有限公司。甲醇、乙腈均为色谱纯, 购自美国 Fisher 公司; 无水乙醇、甲酸均为分析纯, 购自天津北联精细化学品开发有限公司; 水为纯净水, 购自华润怡宝饮料 (中国) 有限公司。

1.3 药材 新鲜管花肉苁蓉于 2023 年秋季采自新

收稿日期: 2024-12-08

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金 (2022D01D25); 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目 (2022B02047-2)

作者简介: 王淑凡 (1999—), 女, 硕士生, 从事药用植物资源开发利用研究。E-mail: 2262079876@qq.com

* 通信作者: 李建梅 (1982—), 女, 硕士, 副研究员, 从事民族药新药研发。E-mail: 85762226@qq.com

高莉 (1980—), 女, 博士, 研究员, 从事中药药理学研究。E-mail: gaoli_535@163.com

网络出版日期: 2025-06-27

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20250627.1306.002.html>

疆和田,经新疆维吾尔自治区维吾尔医药研究所闫明研究员鉴定为管花肉苁蓉 *Cistanche tubulosa* (Schenk) R. Wight. 的肉质茎,除去杂质,切片、干燥,即得生品。

2 方法与结果

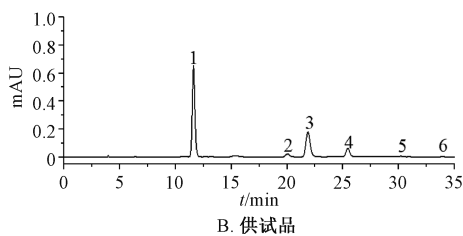
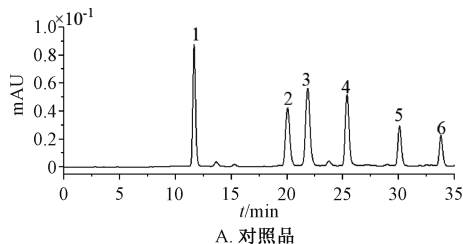
2.1 色谱条件 岛津 Shim-pack C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5.0 μm); 流动相乙腈 (A) -0.2% 甲酸 (B), 梯度洗脱 (0~5 min, 15%~18% A; 5~15 min, 18%~20% A; 15~35 min, 20%~32% A); 体积流量 0.8 mL/min; 柱温 25 °C; 检测波长 330 nm; 进样量 10 μL。

2.2 对照品溶液制备 精密称取各对照品适量, 50% 甲醇溶解, 制成松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 质量浓度分别为 0.092 0、0.083 2、0.077 2、0.091 2、0.034 4、0.043 2 mg/mL 的溶液, 即得。

2.3 供试品溶液制备 精密称取生品粉末 (过 5 号筛) 0.7 g, 置于 25 mL 棕色量瓶中, 加 60% 乙醇适量, 超声 (功率 135 W, 频率 59 kHz) 提取 30 min, 冷却, 定容, 摇匀, 过滤, 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 即得。

2.4 方法学考察

2.4.1 专属性试验 取供试品、对照品溶液适量, 在“2.1”项色谱条件下进样测定, 结果见图 1。由此可知, 各苯乙醇苷类成分分离度理想, 表明该方法专属性良好。



1. 松果菊苷 2. 管花苷 A 3. 毛蕊花糖苷 4. 异毛蕊花糖苷 5. 2-乙酰基洋丁香酚苷 6. 管花苷 B

图 1 各苯乙醇苷类成分 HPLC 色谱图

2.4.2 线性关系考察 分别精密吸取对照品溶液 2、4、6、8、10 μL, 在“2.1”项色谱条件下进样测定。以对照品进样量为横坐标 (X), 峰面积

为纵坐标 (Y) 进行回归, 结果见表 1, 可知各苯乙醇苷类成分在各自范围内线性关系良好。

表 1 各苯乙醇苷类成分线性关系

成分	回归方程	R ²	线性范围/μg
松果菊苷	Y=919 836X-63 104	0.999 9	0.644~3.864
管花苷 A	Y=884 740X-76 624	1.000 0	0.624~3.120
毛蕊花糖苷	Y=715 939X-74 201	0.999 8	0.360~1.810
异毛蕊花糖苷	Y=834 230X-55 101	0.999 9	0.470~2.390
2-乙酰基洋丁香酚苷	Y=378 109X-41 300	1.000 0	0.200~1.030
管花苷 B	Y=115 328X-13 720	0.999 9	0.120~0.640

2.4.3 精密度试验 精密吸取对照品溶液 10 μL, 在“2.1”项色谱条件下进样测定 6 次, 测得松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 峰面积 RSD 分别为 0.10%、0.16%、0.18%、0.10%、0.09%、0.17%, 表明仪器精密度良好。

2.4.4 稳定性试验 取生品粉末适量, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 于 0、2、4、8、12、24 h 在“2.1”项色谱条件下进样测定, 测得松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 峰面积 RSD 分别为 0.87%、1.59%、0.52%、1.44%、3.83%、2.39%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.4.5 重复性试验 精密称取生品粉末 6 份, 每份 0.7 g, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1”项色谱条件下进样测定, 测得松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 含量 RSD 分别为 1.84%、2.76%、1.64%、1.44%、2.97%、2.61%, 表明该方法重复性良好。

2.4.6 加样回收率试验 精密称取生品粉末 6 份, 每份 0.35 g, 按 100% 水平加入对照品溶液, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1”项色谱条件下进样测定, 计算回收率。结果, 松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 平均加样回收率分别为 104.49%、99.91%、98.26%、98.63%、99.50%、100.56%, RSD 分别为 4.43%、2.47%、4.58%、3.20%、2.51%、4.13%。

2.5 指标成分权重确定

2.5.1 指标成分筛选 由于松果菊苷、毛蕊花糖苷均为 2020 年版《中国药典》肉苁蓉质量控制的关键指标, 而异毛蕊花糖苷、管花苷 A、管花苷 B、2-乙酰基洋丁香酚苷为药材所含成分, 并且均具有良好的药理作用, 故将其含量作为评价指标。

根据各苯乙醇苷类成分含量占比、功能主治结合课题研究目标进行赋值，最终确定松果菊苷、毛蕊花糖苷含量各占比30%，其余成分含量各占比10%。

2.5.2 总评“归一值”(OD值)计算 按“2.5.1”项下权重，得方程为 $OD值 = 30 \times Y_1 / Y_{1max} + 10 \times Y_2 / Y_{2max} + 30 \times Y_3 / Y_{3max} + 10 \times Y_4 / Y_{4max} + 10 \times Y_5 / Y_{5max} + 10 \times Y_6 / Y_{6max}$ ，其中 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 、 Y_5 、 Y_6 分别为松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 含量， Y_{1max} 、 Y_{2max} 、 Y_{3max} 、 Y_{4max} 、 Y_{5max} 、 Y_{6max} 分别为上述成分含量的最大值。

2.6 单因素试验

2.6.1 切片厚度 取生品洗净，分别切片 2、4、6、8、10 mm，文火蒸制 2 h，置于 60 ℃ 中烘箱烘干，按“2.1”项下方法测定松果菊苷、管花苷

A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 的含量，计算 OD 值，结果见图 2A。由此可知，切片厚度为 6 mm 时 OD 值最高。

2.6.2 蒸制时间 取生品洗净，切片 6 mm，文火分别蒸制 1.0、1.5、2.0、3.0、5.0 h，置于 60 ℃ 中烘箱烘干，按“2.1”项下方法测定松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 的含量，计算 OD 值，结果见图 2B。由此可知，蒸制 2 h 时 OD 值最高。

2.6.3 烘干温度 取生品洗净，切片 6 mm，文火蒸制 2 h，分别置于 40、50、60、70、80 ℃ 烘箱中烘干。按“2.1”项下方法测定松果菊苷、管花苷 A、毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷、2-乙酰基洋丁香酚苷、管花苷 B 的含量，计算 OD 值，结果见图 2C。由此可知，烘干温度为 60 ℃ 时 OD 值最高。

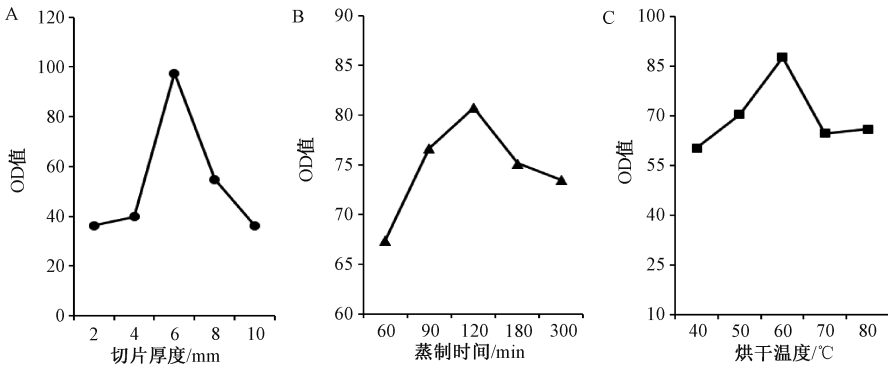


图 2 单因素试验结果

2.7 Box-Bohnken 响应面法 在单因素试验的基础上，以切片厚度 (X_1)、蒸制时间 (X_2)、烘干温度 (X_3) 为影响因素，OD 值为评价指标，Box-Bohnken 响应面法优化趁鲜蒸制工艺，因素水平见表 2，结果见表 3。

表 2 Box-Bohnken 响应面法因素水平

水平	因素		
	X_1 切片厚度/mm	X_2 蒸制时间/h	X_3 烘干温度/°C
-1	2	1	50
0	6	2	60
1	10	3	70

表 3 Box-Bohnken 响应面法设计与结果

试验号	X_1 切片厚度/mm	X_2 蒸制时间/h	X_3 烘干温度/°C	含量/(mg·g ⁻¹)						OD 值
				松果菊苷	管花苷 A	毛蕊花糖苷	异毛蕊花糖苷	2-乙酰基洋丁香酚苷	管花苷 B	
1	2	1	60	103.99	3.29	19.33	5.25	0.81	0.14	39.93
2	10	1	60	118.23	5.72	35.47	18.92	0.82	0.65	60.59
3	2	3	60	104.67	3.63	28.72	14.06	0.94	0.34	49.53
4	10	3	60	134.90	6.30	34.73	17.08	0.72	0.35	61.08
5	2	2	50	85.92	2.79	21.28	16.03	0.61	0.30	39.62
6	10	2	50	149.88	2.74	20.67	8.34	0.33	0.30	48.13
7	2	2	70	97.73	2.92	26.85	14.76	0.91	0.38	46.73
8	10	2	70	131.86	5.79	30.60	20.61	0.74	0.55	60.01
9	6	1	50	92.48	4.15	32.20	19.24	1.21	0.51	53.31
10	6	3	50	105.14	6.92	34.24	19.89	2.01	0.97	67.05
11	6	1	70	120.28	9.06	33.48	22.01	1.18	1.12	69.25
12	6	3	70	140.44	7.18	38.03	13.67	1.03	0.64	67.49
13	6	2	60	119.45	5.15	35.72	41.72	1.64	1.51	75.59
14	6	2	60	157.91	5.79	45.95	24.04	1.01	0.49	74.95
15	6	2	60	124.17	7.02	37.59	41.95	1.29	0.88	73.65
16	6	2	60	129.34	5.16	56.19	19.54	1.09	0.75	75.30
17	6	2	60	121.06	5.30	29.95	40.90	1.83	1.27	72.09

采用 Design Expert 13.0 软件对表 3 数据进行处理, 得方程为 $OD \text{ 值} = 74.31 + 6.75X_1 + 2.76X_2 + 4.42X_3 - 2.28X_1X_2 - 1.19X_1X_3 - 3.87X_2X_3 - 18.59X_1^2 - 2.94X_2^2 - 7.10X_3^2$, 方差分析见表 4。由此可知, 模型 $P < 0.05$, 具有高度显著性; 失拟项 $P > 0.05$, 表明模型拟合程度良好, 实验误差较小; 预测 R^2_{pre} 为 0.990 7, 与调整 R^2_{adj} 的 0.978 8 接近, 表明模型可行性较高; 差异系数为 2.99%, 表明模型可信度、准确度较高; 各因素影响程度依次为切片厚度 (X_1) > 烘干温度 (X_3) > 蒸制时间 (X_2)。

表 4 方差分析结果

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	2 479.48	9	275.50	83.05	<0.000 1
X_1	364.37	1	364.37	109.84	<0.000 1
X_2	60.91	1	60.91	18.36	0.003 6
X_3	156.31	1	156.31	47.12	0.000 2
X_1X_2	20.73	1	20.73	6.25	0.041 0
X_1X_3	5.68	1	5.68	1.71	0.232 0
X_2X_3	60.03	1	60.03	18.10	0.003 8
X_1^2	1 455.15	1	1 455.15	438.66	<0.000 1
X_2^2	36.38	1	36.38	10.97	0.012 9
X_3^2	212.25	1	212.25	63.98	<0.000 1
残差	23.22	7	3.32	—	—
失拟项	14.85	3	4.95	2.36	0.212 2
纯误差	8.37	4	2.09	—	—
总误差	2 502.71	16	—	—	—

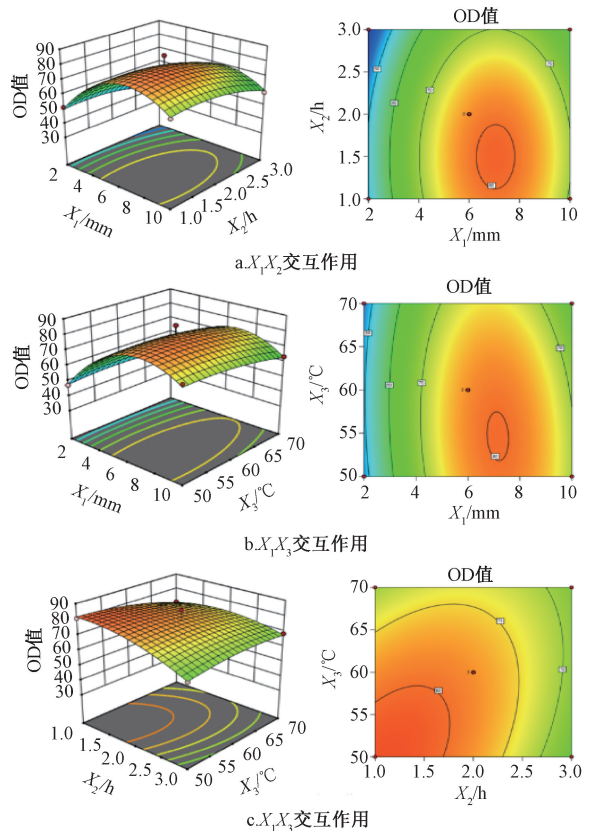
响应面分析见图 3。由此可知, 切片厚度与蒸制时间、烘干温度的三维曲面图坡度较陡, 表明其交互作用较强, 对 OD 值影响显著; 蒸制时间与烘干温度的三维曲面图坡度较缓, 表明其交互作用较弱, 对 OD 值影响不显著。

表 5 验证试验结果 ($n=3$)

试验号	含量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)						OD 值
	枞果菊苷	管花苷 A	毛蕊花糖苷	异毛蕊花糖苷	2-乙酰基洋丁香酚苷	管花苷 B	
1	132.19	6.18	38.66	17.81	1.88	0.32	68.31
2	150.82	8.01	37.09	9.02	1.15	0.60	69.13
3	148.23	8.00	47.19	8.98	1.09	0.44	72.68
平均值	143.75	7.40	40.98	11.94	1.37	0.45	70.04

2.9 指标评价

2.9.1 外观性状 生品呈圆形或椭圆形, 土黄色, 无光泽, 表面凹凸不平, 质地轻脆, 无韧性, 易折断, 断面呈淀粉状, 无黏性, 味苦, 质厚不透光, 粉末呈暗黄色; 趁鲜蒸制品形状与生品相似, 棕黑色, 亮有光泽, 表面平滑, 质地较柔软, 有韧性, 不易折断, 沾水有黏性, 味略苦带淡香味, 质薄而



注: 左图为三维曲面图, 右图为等高线图。 X_1 、 X_2 、 X_3 分别为切片厚度、蒸制时间、烘干温度。

图 3 各因素响应面图

2.8 验证试验 采用 Design Expert 13.0 软件, 确定最优工艺条件为切片厚度 8.780 mm、蒸制时间 1.947 h、烘干温度 63.835 $^{\circ}\text{C}$, OD 值为 71.003, 结合生产实际, 将其修正为切片厚度 8 mm、蒸制时间 2 h、烘干温度 60 $^{\circ}\text{C}$ 。按上述优化工艺进行 3 批验证试验, 结果见表 5, 可知该工艺稳定可靠。

透光, 粉末呈灰白色。

2.9.2 苯乙醇苷类成分含量 取生品及按“2.8”项下最优工艺制备的趁鲜蒸制品适量, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1”项下色谱条件进样测定, 计算含量, 结果见表 6。由此可知, 趁鲜蒸制后, 除 2-乙酰基洋丁香酚苷含量降低外, 其余苯乙醇苷类成分含量均升高。

表6 生品、趁鲜蒸制品中各苯乙醇苷类成分含量比较

样品	含量/(mg·g ⁻¹)					
	松果菊苷	管花苷 A	毛蕊花糖苷	异毛蕊花糖苷	2-乙酰基洋丁香酚苷	管花苷 B
生品	75.97	3.40	22.36	7.93	1.51	0.40
趁鲜蒸制品	150.82	8.01	37.09	9.02	1.15	0.60

2.9.3 蒸制时间对毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷含量的影响 由图4可知,随着蒸制时间延长,毛蕊花糖苷与异毛蕊花糖苷有转化趋势,转化率在5%~10%之间。以蒸制时间为横坐标(X),各时间点毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷含量占比的差值为纵坐标(Y)进行回归,得方程 $Y = -0.295 2X + 52.279$ 。

2.9.4 聚类分析 将生品(S1)与17批趁鲜蒸制品(Q1~Q17)中各苯乙醇苷类成分含量导入科研绘图平台 Hiplot (<https://hiplot.com.cn/>),选择 ward 法,以欧氏距离为量度,按列标准化绘制含量聚类热图,结果见图5。由此可知,S1、Q1、

Q3、Q5~Q7、Q9聚为一类,Q2、Q4、Q8、Q10~Q17聚为一类,表明生品、趁鲜蒸制品中各苯乙醇苷类成分含量差异较小,但后者中其含量存在明显差异。

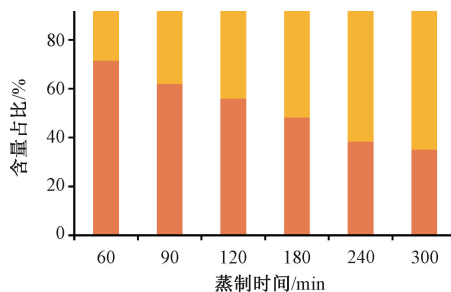


图4 不同蒸制时间下毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷含量占比

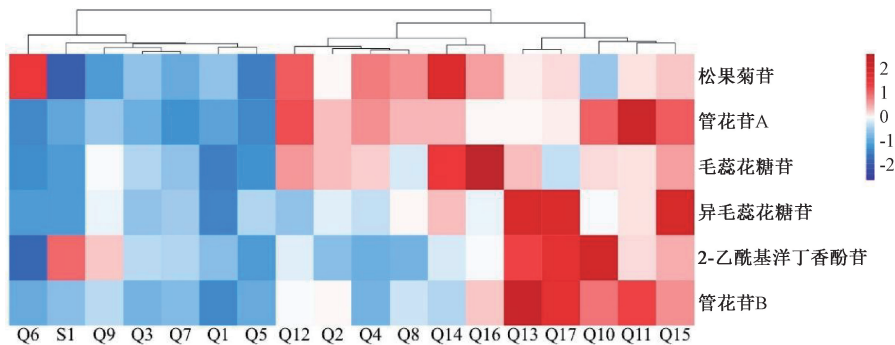


图5 趁鲜蒸制前后各苯乙醇苷类成分含量聚类分析图

3 讨论与结论

管花肉苁蓉根部、尖部含量差异大,为保证平行操作稳定可靠,在工艺考察中选择大小均一的药材,适当切除尖部后按根尖分组,分别切制后以相同比例分组混匀进行工艺考察。另外,新鲜管花肉苁蓉趁鲜蒸制后黏性增加,切片过薄则粘结成团,过厚则不易蒸透而影响含量;干燥温度过低时,干燥时间延长,而且为了防止霉变需及时翻动,故不同参数水平需结合实际操作设置合理可控的参数范围。

本实验发现,管花肉苁蓉生品、趁鲜蒸制品中苯乙醇苷类成分含量与外观颜色均有差异,故性状鉴别即可明显区分;趁鲜蒸制后,苯乙醇苷类成分含量明显升高,聚类分析也能明显区分生品与趁鲜蒸制品,与黄林芳等^[21]报道一致;随着蒸制时间延长,毛蕊花糖苷含量降低,异毛蕊花糖苷含量升高,上述现象在地黄^[22]、车前子^[23]等药材中也存

在,在后续研究中应引起重视。另外,毛蕊花糖苷、异毛蕊花糖苷之间的转化途径及规律已被文献^[24-26]报道。

综上所述,新鲜管花肉苁蓉含水率可达80%,故趁鲜加工在保留有效成分、缩短生产周期、节约生产成本等方面具有一定优势。本实验确定管花肉苁蓉最优趁鲜蒸制工艺为切片厚度8 mm、蒸制时间2 h、烘干温度60℃,并且该工艺可操作性强,重复性好,具有较强的实践意义,可为该药材趁鲜加工生产和技术规范的形成提供科学依据。

参考文献:

[1] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 140.
[2] 姚辛敏, 周晓洁, 周妍妍. 肉苁蓉化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医药学报, 2021, 49(2): 93-97.
[3] 支雅婧, 甄亚敏, 田伟, 等. 肉苁蓉化学成分和药理作用研究进展及质量标志物(Q-Marker)的预测分析[J].

- 中草药, 2021, 52(9): 2758-2767.
- [4] Zhang S G, Ma Y W, Chen J, *et al.* Chemical composition, pharmacological effects, and parasitic mechanisms of *Cistanche deserticola*: An update[J]. *Phytomedicine*, 2024, 132: 155808.
- [5] 毕萃萃, 刘银路, 魏芬芬, 等. 肉苁蓉的主要化学成分及生物活性研究进展[J]. *药物评价研究*, 2019, 42(9): 1896-1900.
- [6] Morikawa T, Xie H H, Pan Y N, *et al.* A review of biologically active natural products from a desert plant *Cistanche tubulosa*[J]. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*, 2019, 67(7): 675-689.
- [7] 盛 文, 何清湖. 谭新华治疗少弱精子症临床药对浅析[J]. *中华中医药杂志*, 2020, 35(8): 3997-3999.
- [8] 王启新. 肉苁蓉抗疲劳与促生殖作用的补肾阳活性筛选与机制初探[D]. 北京: 北京中医药大学, 2020.
- [9] Tureyen A, Demirel H H, Demirkapi E N, *et al.* Tubuloside A, a phenylethanoid glycoside, alleviates diclofenac induced hepato nephro oxidative injury via Nrf2/HO-1[J]. *J Cell Mol Med*, 2023, 27(21): 3404-3413.
- [10] Lei H B, Xin J Y, Lv Y H, *et al.* Effects of processing on the efficacy and metabolites of *Cistanche tubulosa* using ultra performance liquid chromatography coupled with quadrupole time of flight mass spectrometry[J]. *Biomed Chromatogr*, 2023, 37(6): e5621.
- [11] 亓照耀, 许源慧, 刘金存, 等. 肉苁蓉苯乙醇苷对 ALD 小鼠肠道黏膜屏障和肠道菌群的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(9): 65-73.
- [12] 段晓宇, 范 颀, 祝康杰, 等. 松果菊苷对便秘小鼠的通便作用及其机制[J]. *中成药*, 2024, 46(4): 1162-1167.
- [13] Liao Y C, Wang J W, Guo C, *et al.* *Cistanche tubulosa* alleviates ischemic stroke-induced blood-brain barrier damage by modulating microglia-mediated neuroinflammation[J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 309: 116269.
- [14] Ding Y H, Zhang Y, Wang Z H, *et al.* Echinacoside from *Cistanche tubulosa* ameliorates alcohol-induced liver injury and oxidative stress by targeting Nrf2[J]. *FASEB J*, 2023, 37(3): e22792.
- [15] Chen Y, Li Y Q, Fang J Y, *et al.* Establishment of the concurrent experimental model of osteoporosis combined with Alzheimer's disease in rat and the dual-effects of echinacoside and acteoside from *Cistanche tubulosa*[J]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 257: 112834.
- [16] Li Y Q, Chen Y, Fang J Y, *et al.* Integrated network pharmacology and zebrafish model to investigate dual-effects components of *Cistanche tubulosa* for treating both Osteoporosis and Alzheimer's disease[J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 254: 112764.
- [17] 瞿雅懿, 何金晓, 王浩涵, 等. 黄丝郁金产地趁鲜加工关键技术及质量影响[J]. *中华中医药杂志*, 2023, 38(9): 4129-4135.
- [18] 辛二旦, 司昕蕾, 边甜甜, 等. 产地加工炮制一体化与传统大黄饮片化学成分的比较研究[J]. *华西药学杂志*, 2020, 35(5): 505-508.
- [19] 辛雪颖, 景佳麟, 高双荣, 等. 制何首乌产地加工炮制一体化新方法的优劣分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(8): 167-175.
- [20] 朱志鹏, 白羽嘉. 肉苁蓉保鲜贮藏及加工研究进展[J]. *食品与机械*, 2023, 39(12): 208-213.
- [21] 黄林芳, 李文涛, 王冬梅, 等. 基于 UPLC-Q-TOF/MS 技术研究酒苁蓉增效的物质基础[J]. *中草药*, 2013, 44(24): 3471-3475.
- [22] 马灵珍. 砂仁酒制熟地黄不同炮制工艺与毛蕊花糖苷含量比较[J]. *皖西学院学报*, 2022, 38(5): 82-86.
- [23] 孙钰婧, 霍志鹏, 王 玉, 等. 基于 UPLC-Q-TOF/MS^E 分析不同炮制时间炒车前子的化学成分变化规律[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2022, 28(4): 146-153.
- [24] 张留记, 王建霞, 屠万倩, 等. 生地黄与熟地黄中 5 个苷类成分和总多糖的含量比较[J]. *天然产物研究与开发*, 2019, 31(4): 566-571.
- [25] 于文娜, 张振凌, 张 颖, 等. 地黄炮制过程中异毛蕊花糖苷含量的动态变化[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(18): 22-26.
- [26] 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.