

## 红芪精准煮散饮片 HPLC 指纹图谱建立及 3 种指标成分测定

李 硕<sup>1,2,3</sup>, 俱 蓉<sup>1</sup>, 杨秀娟<sup>1</sup>, 赵林华<sup>4</sup>, 仝小林<sup>4\*</sup>

1. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000

2. 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室, 甘肃 兰州 730000

3. 甘肃省中药质量与标准研究重点实验室培育基地, 甘肃 兰州 730000

4. 中国中医科学院广安门医院, 北京 100053

**摘要:** 目的 建立红芪精准煮散饮片高效液相色谱指纹图谱和 3 种指标成分的含量测定方法。方法 采用 HPLC 法测定红芪饮片与红芪精准煮散饮片中芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素的含量, 色谱柱为 Robusta C<sub>18</sub> 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相为乙腈-0.2%磷酸水溶液, 梯度洗脱, 检测波长为 254 nm; 体积流量 1.0 mL/min; 进样量 20 μL; 柱温 30 °C。结果 建立了红芪精准煮散饮片的特征指纹图谱, 并指出了 20 个共有峰中的 3 个主要峰芒柄花苷(峰 11)、毛蕊异黄酮(峰 13)和芒柄花素(峰 16), 3 种成分在各自范围内线性关系良好( $r \geq 0.9995$ ), 平均加样回收率 98.08%~99.33%, RSD 在 1.46%~2.37%。通过加权得分, 比较红芪精准煮散饮片与传统饮片中 3 种成分, 得到红芪精准煮散饮片 1.00 g 约相当于传统饮片 1.37 g。结论 建立的指纹图谱及含量测定方法可为红芪精准煮散饮片的质量控制与评价提供依据。

**关键词:** 红芪; 精准煮散饮片; HPLC; 指纹图谱; 芒柄花苷; 毛蕊异黄酮; 芒柄花素; 质量评价

中图分类号: R263.02 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2022)16-5020-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.16.011

## Establishment of HPLC fingerprint of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces and determination of three indicative components

LI Shuo<sup>1,2,3</sup>, JU Rong<sup>1</sup>, YANG Xiu-Juan<sup>1</sup>, ZHAO Lin-hua<sup>4</sup>, TONG Xiao-lin<sup>4</sup>

1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

2. Key Laboratory of Chemistry and Quality for Traditional Chinese Medicines of the College of Gansu Province, Lanzhou 730000, China

3. Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Quality and Standard, Lanzhou 730000, China

4. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Science, Beijing 100053, China

**Abstract: Objective** To establish the HPLC fingerprint and the content determination method of the three indicative components of Hongqi (*Hedysari Radix*) precision boiled powder decoction pieces. **Methods** HPLC was used to determine the contents of ononin, calycosin and formononetin in *Hedysari Radix* traditional decoction pieces and *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces. The chromatographic column was Robusta C<sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was acetonitrile-0.2% phosphoric acid solution, and the gradient elution was used. The detection wavelength was 254 nm; The flow rate is 1.0 mL/min; 20 μL of sample injection; Column temperature is 30 °C. **Results** The characteristic fingerprint of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces was established, and three main peaks of 20 common peaks, namely ononin (peak 11), calycosin (peak 13) and formononetin (peak 16), were identified. The linear relationship between the three components was good within their respective ranges ( $r \geq 0.9995$ ), with the average recovery rate of 98.08%—99.33% and RSD of 1.46%—2.37%. Through the weighted score, comparing these three components in the *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces with the traditional decoction

收稿日期: 2022-02-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81960713); 国家自然科学基金资助项目(82160755); 甘肃省高等学校创新基金项目(2021A-079); 甘肃省自然科学基金项目(18JR3RA201); 甘肃省青年科技基金项目(20JR10RA331); 甘肃省中医药科研课题项目(GZKZ-2021-7); 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室项目(zzy-2018-06); 敦煌医学与转化教育部重点实验室 2020 年度开放课题(DHYX20-10)

作者简介: 李 硕(1981—), 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事中药品质评价及产品开发研究。Tel: 13919824303 E-mail: 290608323@qq.com

\*通信作者: 仝小林(1956—), 男, 主任医师, 博士生导师, 中国科学院院士。Tel: 13910662116 E-mail: tongxiaolin@vip.163.com

pieces, it is found that 1 g of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces is about 1.37 g of the traditional decoction pieces. **Conclusion** The established fingerprint and content determination method can provide the basis for the quality control and evaluation of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces.

**Key words:** *Hedysari Radix*; precision boiled powder decoction pieces; HPLC; fingerprint; ononin; calycosin; formononetin; quality evaluation

红芪是豆科岩黄芪属植物多序岩黄芪 *Hedysarum polybotrys* Hand. -Mazz. 的干燥根<sup>[1]</sup>, 因其根皮为红棕色而得名, 最早记载于《神农本草经》<sup>[2]</sup>。其性微温、味甘, 归肺、脾经, 具有补气升阳、利水消肿、生津养血等功效, 主要成分有黄酮类、皂苷类、生物碱类、氨基酸类、有机酸类、甾醇、多糖、微量元素等<sup>[3-5]</sup>, 药理作用有提高免疫能力、强心利尿、抗自由基、抗病毒等<sup>[6-7]</sup>。

“煮散”一词最早见于唐代孙思邈的《备急千金要方》。中药煮散指原药材或饮片经加工粉碎成适当的粗颗粒, 用时用水煮后去渣取汁而得到的液体制剂。煮散既保留了汤方特色, 而较之汤剂, 在提高药物有效成分的煎出率、节省药材、降低成本等方面具有极大的优越性<sup>[8-11]</sup>。临床实践证明, 中药煮散的疗效确切, 且具有用药量少、所用原料的体积小、便于携带及服用等诸多的优点, 在临床上具有广阔的应用前景。

精准煮散饮片, 其实质是通过标准化和规范化工艺, 将中药饮片的形状规格微小化、均匀化处理, 使饮片批量规模稳定化、批内质量均一化, 实现准确、高效的自动化分装、调剂、煎煮流程, 提高临床汤剂用药的稳定有效<sup>[10]</sup>。基于此, 本课题组围绕红芪精准煮散饮片的研制及质量控制展开系列研究, 确定了红芪精准煮散饮片的最佳粒度为 0.200~0.400 cm。

中药指纹图谱是一种多指标的质量控制模式, 对红芪精准煮散饮片进行指纹图谱研究及指标性成分含量测定, 能够更加有效体现饮片的整体品质及综合质量<sup>[12-17]</sup>。本研究采用 HPLC 法对 10 批红芪精准煮散饮片进行指纹图谱研究及相似度评价, 并测定红芪指标成分芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素的含量, 得到精准煮散饮片与传统饮片“量”的对应关系, 为红芪精准煮散饮片的质量控制及开发利用提供参考依据。

## 1 材料、试剂与仪器

### 1.1 材料

红芪饮片, 批号 200801、200802、200803、200804、200805、200901、200902、200903、200904、

200905, 均来自甘肃康乐药业有限责任公司, 产于甘肃陇南, 经甘肃中医药大学李成义教授鉴定为豆科岩黄芪属植物多序岩黄芪 *H. polybotrys* Hand. -Mazz. 的干燥根。

红芪精准煮散饮片的制备: 取红芪饮片制备为 0.200~0.400 cm (5~10 目) 的煮散颗粒, 备用。批号 200801、200802、200803、200804、200805、200901、200902、200903、200904、200905 的红芪饮片分别对应精准煮散饮片 S1~S10。

样品通过四分法选取, 保证样品具有代表性。

### 1.2 试剂

对照品芒柄花苷 (批号 P03A10F84910)、芒柄花素 (批号 H06S9Z69494)、毛蕊异黄酮 (批号 Y05J11H115098), 质量分数均 ≥98%, 上海源叶生物科技有限公司; 乙腈、甲醇 (色谱纯), 磷酸 (分析纯), 天津大茂化学试剂厂; 水, 饮用纯净水, 596 mL, 杭州娃哈哈集团有限公司。

### 1.3 仪器

LC-20 型高效液相色谱仪、DAD 检测器, 日本岛津公司; BSA224S-CW 型电子天平、CPA224D 型十万分之一电子天平, 德国赛多利斯科学仪器有限公司; KQ500VDE 型超声波清洁器, 昆山市超声仪器有限公司; WF-300 CH-300 型粗碎机, 江阴市高宏机械制造有限公司。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱为 Robusta C<sub>18</sub> 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相为乙腈-0.2%磷酸水溶液, 梯度洗脱: 0~25 min, 19%~44%乙腈; 25~45 min, 44%乙腈; 45~45.01 min, 44%~19%乙腈; 45.01~50 min, 19%乙腈; 检测波长为 254 nm; 体积流量 1.0 mL/min; 进样量 20 μL; 柱温 30 °C。

### 2.2 对照品溶液制备

精密称取芒柄花苷、毛蕊异黄酮、芒柄花素对照品适量, 加甲醇分别制成质量浓度为 960.1、145.5、620.5 μg/mL 的对照品溶液。然后再分别吸取 1.00 mL 定容到 100 mL 棕色量瓶中制成混合对照品溶液。

### 2.3 供试品溶液制备

取红芪精准煮散饮片 1.000 g, 精密称定, 置锥形瓶中, 加入 70% 甲醇 25 mL, 称定质量, 超声 (功率 250 W、频率 40 kHz) 提取 40 min, 放冷, 用 70% 甲醇补足减失的质量, 滤过, 取续滤液。用 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜滤过, 取续滤液即为供试品溶液。

### 2.4 指纹图谱方法学验证

**2.4.1 精密度考察** 精密吸取 S1 样品的供试品溶液 20  $\mu\text{L}$ , 按照上述色谱条件连续进样 6 次, 记录指纹图谱。用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版软件进行相似度分析, 以芒柄花苷峰为参照, 多点校正后全峰匹配, 结果表明, 6 个供试品色谱图与其共有模式的相似度分别为 0.993、0.991、0.995、0.991、0.993、0.991, 说明该方法精密度较好。

**2.4.2 重复性考察** 取同一样品 (S1), 照“2.3”项下方法平行制备供试品溶液 6 份, 记录指纹图谱。用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版软件进行相似度分析, 以芒柄花苷峰为参照, 多点校正后全峰匹配, 结果表明, 6 个供试品色谱图与其共有模式的相似度分别为 0.997、0.998、0.996、0.997、0.996、0.992, 说明本方法重复性良好。

**2.4.3 稳定性考察** 取同一样品 (S1) 溶液, 分别在 0、4、8、12、16、24 h 进样, 按上述色谱条件记录指纹图谱。用中药色谱指纹图谱相似度评价系

统 2012 版软件进行相似度分析, 以芒柄花苷峰为参照, 多点校正后全峰匹配, 结果表明, 6 个供试品色谱图与其共有模式的相似度分别为 0.993、0.992、0.992、0.996、0.991、0.991, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

### 2.5 指纹图谱及技术参数

**2.5.1 不同批次红芪精准煮散饮片指纹图谱的建立及特征指纹峰的标定** 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件分析来自 10 个不同批次的红芪精准煮散饮片, 所得 10 批红芪精准煮散饮片 HPLC 指纹图谱见图 1。将 10 批红芪精准煮散饮片的 HPLC 数据导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版软件, 生成药材的对照指纹图谱及共有模式, 确定 20 个共有特征峰。通过与对照品溶液色谱图对比, 确定其中 11 号为芒柄花苷, 13 号为毛蕊异黄酮, 16 号为芒柄花素, 具体见图 2。

**2.5.2 不同批次红芪精准煮散饮片指纹图谱相似度评价** 高效液相指纹图谱可获得样品的整体信息, 通过图谱比较, 可反映样品与样品之间的亲疏程度。采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 2012 版软件, 对来自 10 个不同批次的红芪精准煮散饮片进行相似度评价分析。结果 (表 1) 显示, 相似度均在 97% 以上, 表明不同批次样品之间具有较高的相似性。

### 2.6 含量测定

**2.6.1 线性关系考察** 精密吸取“2.2”项混合对照

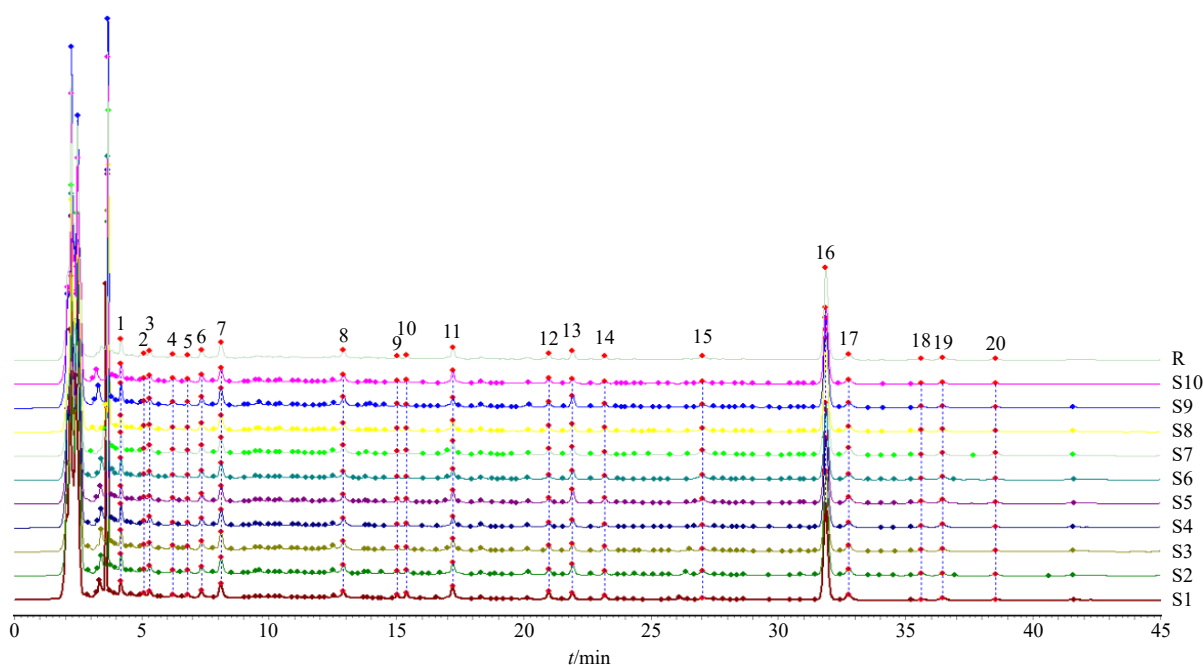


图 1 10 批红芪精准煮散饮片 HPLC 指纹图谱

Fig. 1 HPLC fingerprint of 10 batches of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces

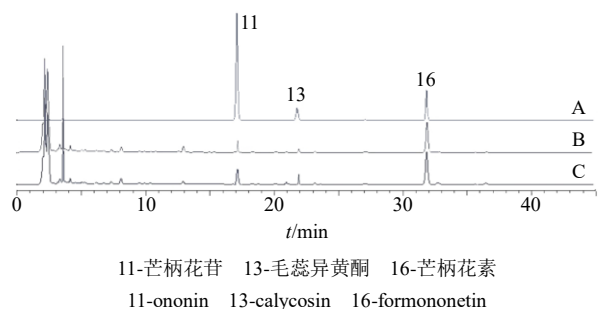


图2 混合对照品 (A)、红芪饮片样品 (B) 及红芪精准煮散饮片样品 (C) 的 HPLC 图

Fig. 2 HPLC of mixed reference substances (A) and *Hedysari Radix* decoction pieces (B), and *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces (C)

表1 10批红芪精准煮散饮片指纹图谱相似度评价

Table 1 Similarity evaluation of fingerprints of 10 batches of *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces

编号	相似度										对照
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
S1	1.000	0.993	0.991	0.995	0.988	0.988	0.997	0.995	0.981	0.991	0.996
S2	0.993	1.000	0.996	0.994	0.997	0.993	0.992	0.988	0.994	0.995	0.998
S3	0.991	0.996	1.000	0.998	0.995	0.998	0.993	0.985	0.994	0.997	0.998
S4	0.995	0.994	0.998	1.000	0.991	0.996	0.996	0.989	0.989	0.996	0.998
S5	0.988	0.997	0.995	0.991	1.000	0.993	0.989	0.985	0.994	0.99	0.996
S6	0.988	0.993	0.998	0.996	0.993	1.000	0.993	0.982	0.993	0.995	0.997
S7	0.997	0.992	0.993	0.996	0.989	0.993	1.000	0.995	0.982	0.992	0.997
S8	0.995	0.988	0.985	0.989	0.985	0.982	0.995	1.000	0.972	0.982	0.991
S9	0.981	0.994	0.994	0.989	0.994	0.993	0.982	0.972	1.000	0.994	0.993
S10	0.991	0.995	0.997	0.996	0.990	0.995	0.992	0.982	0.994	1.000	0.997

2.6.2 精密度试验 精密吸取“2.2”项下对照品溶液，按“2.1”项下色谱条件连续进样6次，记录峰面积，得到芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素峰面积的RSD分别为0.84%、1.02%、0.59%，表明仪器精密度良好。

2.6.3 重复性试验 取S1样品，按“2.3”项下方法平行制备6份供试品溶液，按“2.1”项下色谱条件进行测定，计算芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄化素的含量，结果芒柄花苷平均质量分数为59.40 μg/g，RSD为3.33%；毛蕊异黄酮平均质量分数为18.80 μg/g，RSD为2.90%；芒柄化素平均质量分数为213.93 μg/g，RSD为0.48%，结果表明该方法重复性良好。

2.6.4 稳定性试验 取同一样品(S1)供试品溶液，按“2.1”项下色谱条件，分别在制备后在0、2、4、10、16、24 h进行测定，记录峰面积，结果芒柄花

苷溶液0.5、1.0、1.5、2.0、3.0、4.0 mL，分别用甲醇稀释至10 mL，得不同质量浓度梯度的混合对照品溶液，各精密吸取10 μL，注入高效液相色谱仪中，记录色谱峰峰面积，以峰面积积分为纵坐标(Y)，质量浓度为横坐标(X)进行线性回归，得回归方程分别为芒柄花苷  $Y=8\ 849\ 769.642\ 9\ X+53\ 684.066\ 7$ ， $r=0.999\ 7$ ，线性范围48.0~384.0 μg/mL；毛蕊异黄酮  $Y=6\ 925\ 924.360\ 4\ X-20\ 334.783\ 5$ ， $r=0.999\ 5$ ，线性范围7.3~58.2 μg/mL；芒柄花素  $Y=7\ 619\ 655.299\ 5\ X+17\ 250.133\ 3$ ， $r=0.999\ 9$ ，线性范围31.0~248.2 μg/mL；结果表明，3种成分在各自质量浓度范围内线性关系良好。

苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素峰面积RSD分别为3.15%、1.89%、1.99%，表明供试品溶液在24 h内稳定。

2.6.5 加样回收率试验 称取已测定3个成分含量的样品(S1)6份，每份0.50 g，精密称定，分别加入与样品中含量相同的芒柄花苷、毛蕊异黄酮、芒柄花素对照品溶液，按“2.2”项下方法制备供试品溶液，按“2.1”项下色谱条件进样检测，得芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄化素的平均加样回收率分别为99.33%、98.08%、98.18%，RSD分别为1.46%、2.37%、1.80%。

2.6.6 样品含量测定 取红芪饮片和红芪精准煮散饮片，按取“2.3”项下制备供试品溶液，依照“2.1”项下色谱条件测定，计算红芪饮片和红芪精准煮散饮片中芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素含量，结果显示，10批次红芪精准煮散饮片中芒柄花苷、毛

毛蕊异黄酮和芒柄花素的平均质量分数分别为 85.18、25.02、290.57 μg/g, 较红芪饮片中 3 种指标成分平均质量分数分别高出 39.78%、42.97%、36.04%, 结果见表 2。

表 2 红芪精准煮散饮片和红芪饮片中芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素含量

Table 2 Content of ononin, calycosin and formononetin in *Hedysari Radix* precision boiled powder decoction pieces and *Hedysarum polybotrys* decoction pieces

红芪饮片	质量分数/(μg·g <sup>-1</sup> )			红芪精准 煮散饮片	质量分数/(μg·g <sup>-1</sup> )		
	芒柄花苷	毛蕊异黄酮	芒柄花素		芒柄花苷	毛蕊异黄酮	芒柄花素
200801	60.66	18.14	212.50	S1	83.67	29.03	288.75
200802	60.78	18.23	215.00	S2	86.16	22.49	293.75
200803	61.47	16.57	213.75	S3	84.24	25.29	290.00
200804	61.16	16.54	213.75	S4	85.60	25.42	290.83
200805	60.34	15.98	210.90	S5	85.44	24.29	289.58
200901	60.69	16.79	214.76	S6	85.87	25.28	285.76
200902	60.71	18.93	213.64	S7	84.30	25.09	290.40
200903	61.32	18.74	213.79	S8	84.46	25.14	290.53
200904	61.73	18.35	215.28	S9	86.83	23.57	292.67
200905	60.54	16.72	212.55	S10	85.19	24.59	293.41
平均值	60.94	17.50	213.59	平均值	85.18	25.02	290.57

### 2.7 独立性加权分析

独立性权重法数据之间相关性, 使用回归分析得到复相关系数 (*R*), 该值越大表明共线性越强, 则权重越低。以芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素含量为评价指标, 进行加权评分, 3 种成分的权重见表 3。取 10 批样品 3 种成分的平均值进行综合评分, 见表 4。结果表明红芪精准煮散饮片煎出效果优于传统饮片; 采用 SPSS 25.0 分析, 红芪精准煮散饮片各成分与传统饮片各对应成分有显著性差异, 红芪精准煮散饮片 1.00 g 约相当于传统饮片 1.37 g。

表 3 独立性权重法计算结果

Table 3 Calculation results of independence weight method

成分	<i>R</i>	1/ <i>R</i>	权重/%
芒柄花苷	0.998	1.002	32.65
毛蕊异黄酮	0.939	1.065	34.71
芒柄花素	0.998	1.002	32.64

表 4 红芪精准煮散饮片与红芪饮片综合得分比较

Table 4 Comparison of comprehensive scores between *H. polybotrys* precision boiled powder decoction pieces and *H. polybotrys* decoction pieces

样品	芒柄花苷	毛蕊异黄酮	芒柄花素	综合得分
红芪精准煮散饮片	85.18	25.02	290.57	131.34
红芪饮片	60.94	17.50	213.59	95.69

### 3 讨论

历代典籍对煮散和散剂的粒度描述有“粗末”“末”“细末”“如麻豆大”“粗散”等, 煮散粉碎粒度对中药有效成分的煎出影响较大, 而确定传统方剂中粒度描述与现代粒径计量标准的一一对应关系则是煮散和散剂“遵古”开发的关键步骤<sup>[18]</sup>。本课题组制备红芪精准煮散饮片的关键是确定其最佳粒度。经过反复试验, 比较不同粒度煮散饮片的煎煮效果及成分溶出度, 确定了最佳粒度为 0.200~0.400 cm。为了从实际可行性角度评估“遵古考证粒度”结果的可行性, 对红芪精准煮散饮片进行指纹图谱研究及指标性成分含量测定, 可为确定其与传统饮片临床用药量的换算关系提供实验证据。

本实验分别考察了不同提取溶剂(水、50%~90%甲醇、50%~90%乙醇)、提取方法(超声提取、回流提取)、提取时间(20、30、40、50 min)对红芪指纹图谱的影响, 结果显示, 70%甲醇提取时所得样品的指纹图谱出峰多, 杂峰干扰较少, 分离度好, 故选择 70%甲醇作为提取溶剂。不同提取方法、提取时间实验结果表明, 采用超声提取与回流提取没有显著性差别, 因回流提取操作较为复杂且转移样品易损失, 故采用超声提取; 超声 40 min 后色谱峰面积变化不大, 说明提取完全, 确定提取时间为 40 min。

色谱条件优化根据已有关于红芪药材指纹图谱

及指标成分含量测定的文献报道,采用乙腈-磷酸水系统作为流动相,254 nm 为检测波长。考察了 0.1% 甲酸、0.1%磷酸、0.2%磷酸对指纹图谱出峰情况及分离度的影响,结果显示,用乙腈-0.2%磷酸缓冲液进行梯度洗脱,色谱峰型较为理想。

本实验运用 HPLC 建立了红芪精准煮散饮片指纹图谱,对比红芪精准煮散饮片和红芪饮片 3 种指标成分的含量差异,并以芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄化素含量为评价指标,进行加权评分,得到红芪精准煮散饮片约相当于 1.37 g 传统饮片量的换算关系。本研究建立的指纹图谱及含量测定方法可为红芪精准煮散饮片的质量控制与评价提供依据。

煮散既保留了汤方特色,而较之汤剂,在提高药物指标成分的煎出率、节省药材、降低成本等方面具有极大的优越性,开发精准煮散饮片具有批量规模稳定化、批内质量均一化,可实现准确、高效自动化分装、调剂、煎煮流程,且用药量少、便于携带及服用等诸多优点,在临床上具有广阔应用前景。但煮散在煎煮过程中易出现糊锅现象,含挥发性成分的煮散药材在贮存过程中也存在成分易损失等问题。因此,对煮散的制备及其开发利用还需要进一步深入研究,如开展不同药用部位及含有特殊成分中药的煮散研究,进行针对煮散粗碎及贮存的专业仪器开发,以及煮散规范化制备及其质量控制标准研究等,为煮散的产业开发及临床应用提供科学依据。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 159.
- [2] 李俊岳,强正泽,李成义. 红芪的本草考证 [J]. 中国药房, 2015, 26(34): 4860-4862.
- [3] 冯慧敏,李成义,何军刚,等. 红芪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): 2831-2842.
- [4] 张淑娟,张育贵,辛二旦,等. 红芪研究进展及质量标志物的预测分析 [J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(1):

70-74.

- [5] 许京,叶迎,王瑞海,等. 甘肃红芪和黄芪血清移行成分对比研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2019, 25(2): 228-232.
- [6] 牛江涛,曹瑞,司昕蕾,等. 红芪与黄芪免疫调节和抗氧化作用对比研究进展 [J]. 中华中医药学刊, 2021, 39(4): 21-23.
- [7] 张淑娟. 基于中药质量标志物的炙黄芪和炙红芪质量控制研究 [D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2021.
- [8] 孙玉雯,仝小林,王菲,等. 中药煮散与饮片煎煮效率的对比研究 I. 部分根和根茎类、花类、叶类和全草类药材 [J]. 中药材, 2016, 39(3): 598-602.
- [9] 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): 2924-2927.
- [10] 陈士林,黄志海,丘小惠,等. 中药精准煮散饮片 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2016, 18(9): 1430-1440.
- [11] 李硕,王本欢,朱向东,等. 干燥时间对 9 种常用陇药煮散颗粒粉体学特性的影响 [J]. 中药材, 2021, 44(5): 1189-1195.
- [12] 李越峰,牛江涛,曹瑞,等. 甘肃道地药材红芪与炙红芪指纹图谱对比研究 [J]. 中国医院药学杂志, 2019, 39(16): 1634-1638.
- [13] 杨秀娟,李硕,杨志军,等. 甘肃不同产地红芪的 HPLC 指纹图谱及化学模式识别 [J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(7): 3070-3073.
- [14] 叶迎,王瑞海,包强,等. 甘肃一、二年生红芪与黄芪黄酮类成分指纹图谱分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(3): 83-89.
- [15] 柳小亚,李继平,陈心悦,等. HPLC 同时测定红芪中 8 个活性成分的含量及聚类分析 [J]. 药学学报, 2016, 51(5): 786-791.
- [16] 陆雪琴,赵亮,周洁,等. 多指标综合加权评分法优选复方夏枯草洗剂提取工艺研究 [J]. 天津中医药, 2020, 37(12): 1431-1435.
- [17] 李俊岳,强正泽,罗旭东,等. 甘肃不同产地、不同月份红芪中 4 种异黄酮的含量特征研究 [J]. 中药材, 2017, 40(3): 562-567.
- [18] 焦其树,郝丽霞,吴治丽,等. 经典名方中煮散和散剂粒度探讨 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(1): 1-6.

[责任编辑 郑礼胜]