

## 质量分析

## 基于“辨状论质”的玄参饮片质量等级评价研究\*

张米娜<sup>1</sup>, 金言<sup>1</sup>, 陈凯先<sup>1,2</sup>, 李医明<sup>1\*\*</sup>, 张刘强<sup>1\*\*</sup>

(1. 上海中医药大学中药学院, 上海 201203; 2. 中国科学院上海药物研究所, 上海 201203)

**摘要 目的:**以市场上收集的37批玄参饮片为研究对象,初步建立基于量化的外观性状与内在质量相关联的玄参饮片质量等级评价方案。**方法:**按传统质量评价方法将玄参饮片分别分为A、B两等,在量化A、B两等玄参饮片外观性状指标的同时,开展水分、灰分、浸出物和内在质量指标成分检测,并进行独立样本 $t$ 检验分析、正交偏最小二乘判别分析(OPLS-DA)和Pearson相关性分析。**结果:**在满足2020年版《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)玄参质控标准的基础上,发现水溶性浸出物和醇溶性浸出物为玄参饮片分类的关键指标,并且玄参饮片色度值越小,密度( $\rho$ )越大,则其水溶性浸出物含量越高,醇溶性浸出物含量越低。初步拟定玄参饮片“选货”和“统货”的等级划分标准:玄参饮片“选货”色泽( $E^*ab$ ) $\leq 5.5$ ,  $\rho \geq 1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,水溶性浸出物含量 $\geq 77\%$ ;玄参饮片“统货” $E^*ab$ 分布需在5.5~14,  $\rho$ 大小应位于0.8~1.4  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,水溶性浸出物含量 $\geq 60\%$ 。**结论:**玄参饮片的外观性状与内在质量相关,且符合玄参“大而肉坚黑润者佳”的传统观点,便于从外观性状对玄参饮片的内在质量做出科学合理的判断。

**关键词:**玄参饮片;外观性状;内在质量;质量等级标准;密度( $\rho$ );色度;水溶性浸出物;醇溶性浸出物

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2025)02-0304-14

doi: 10.16155/j.0254-1793.2024-0503

## Study on quality grade standard of Scrophulariae Radix decoction pieces based on “quality evaluation through morphological identification”\*

ZHANG Mi-na<sup>1</sup>, JIN Yan<sup>1</sup>, CHEN Kai-xian<sup>1,2</sup>, LI Yi-ming<sup>1\*\*</sup>, ZHANG Liu-qiang<sup>1\*\*</sup>

(1. School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China;

2. Shanghai Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Science, Shanghai 201203, China)

**Abstract Objective:** To collect 37 batches of Scrophulariae Radix decoction pieces from the market as the research object, and to establish a quality grade standard of Scrophulariae Radix decoction pieces based on the correlation between quantitative appearance characteristics and intrinsic quality. **Methods:** According to the

\* 上海市中医药三年行动计划基金项目[ZY(2021-2023)-0215];国家自然科学基金项目(No.81973458)

\*\* 通信作者 李医明 Tel:(021)51322191; E-mail: ymlius@163.com

张刘强 Tel:(021)51322207; E-mail: 04100217@163.com

第一作者 Tel:(021)51323198; E-mail: mina1215737003@163.com

traditional quality evaluation method, 37 batches of Scrophulariae Radix decoction pieces were divided into two grades—A and B. Their appearance characteristics were quantified while their moisture, ash, leaching and intrinsic quality indexes were detected, respectively. Finally, the independent sample *t* test analysis, orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA) and Pearson correlation analysis were carried out to reveal the correlation between appearance characteristics and intrinsic quality. **Results:** On the basis of meeting the quality control standard of Scrophulariae Radix recorded in the 2020 edition of the Pharmacopoeia of the People’s Republic of China (referred to as Chinese Pharmacopoeia, ChP), it was found that water-soluble extractives and alcohol-soluble extractives were the key indexes for the grades classification of Scrophulariae Radix decoction pieces. In summary, the lower the chromatic value and the greater the density ( $\rho$ ) of Scrophulariae Radix decoction pieces, the higher the water-soluble extractives and the lower the alcohol-soluble extractives. The grading quality standard of “selected goods” and “gradeless and uniformly priced goods” of Scrophulariae Radix decoction pieces were preliminarily drawn up: the chromatic value ( $E_{ab}^*$ ) of “selected goods” of Scrophulariae Radix decoction pieces should be less than or equal to 5.5, the  $\rho$  of Scrophulariae Radix decoction pieces should be greater than or equal to  $1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , and the content of water-soluble extractives should be greater than or equal to 77%, the value of  $E_{ab}^*$  of “gradeless and uniformly priced goods” of Scrophulariae Radix decoction pieces should be between 5.5 and 14, the value of  $\rho$  should be between  $0.8$  and  $1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , and the content of water-soluble extractives should be greater than or equal to 60%. **Conclusion:** The appearance characteristics of Scrophulariae Radix decoction pieces are related with the internal quality, which is consistent with the traditional quality evaluation method, and it is convenient to scientifically judge the internal quality of Scrophulariae Radix decoction pieces from its appearance characteristics. **Keywords:** Scrophulariae Radix decoction pieces; appearance characteristics; internal quality; grading quality standard; density ( $\rho$ ); chromatic value; water-soluble extractives; alcohol-soluble extractives

玄参为玄参科玄参属植物玄参 *Scrophularia ningpoensis* Hemsl. 的干燥根,味甘、苦、咸,性微寒,归肺、胃、肾经,具有清热凉血、滋阴降火、解毒散结之效<sup>[1]</sup>。玄参作为单基源药材,其道地产区为浙江磐安,为著名的“浙八味”之一。近几十年来,随着各地经济结构调整,湖北、重庆、贵州、湖南等地相继大规模种植玄参,玄参种质混乱、质量良莠不齐的问题层出不穷<sup>[2-3]</sup>。中药材作为一种特殊商品,辨状论质、按质论价是在市场流通过程中的主要评价手段<sup>[4]</sup>。随着中药流通市场的演变与发展,中药商品规格等级逐渐成为判别中药材质量优劣的标志,“看货评级,分档议价”的经验方法也大受推崇<sup>[5]</sup>。然而,无论是1984年我国卫生部制定的《76种中药材商品规格标准》,还是近年来中华中医药学会发布的《中药材商品规格等级》团体标准,都只是规定了玄参药材的规格等级,即按照每1 kg玄参所含的支数,有无空泡,将玄参分为1~3等或统货<sup>[6-7]</sup>,并无相应的法规标准对玄参饮片进行等级划分。

目前,玄参饮片多按照外形、色泽、断面等传统经

验来鉴别其质量,但传统评价方法缺乏现代科学技术的支撑,不能客观、有效地评判玄参饮片质量的优劣。同时,以常规质控成分为主导的中药材及其饮片质量等级划分手段虽客观、准确,但因其烦琐、不便捷,在药材流通过程中不具优势。因此,以传统经验鉴别为主导的“辨状论质”更具实用性。“辨状论质”作为中药材及其饮片经验鉴别的精髓,可以根据药材外观性状所表现出来的特点判断中药材及其饮片的优劣真伪<sup>[8]</sup>。本研究将开展玄参饮片内在成分与传统性状划分之间的相关性研究,旨在为建立基于外观性状及内在成分相关性的玄参饮片等级分类标准提供科学依据,为提升玄参药材、饮片的质量标准水平和市场流通秩序规范化,保障中药用药安全有效起到积极的促进作用。

## 1 仪器与试药

### 1.1 仪器

Agilent 1260 高效液相色谱仪 (Agilent 公司); BSY-200T 直立多功能粉碎机 (永康市石柱铂欧五金厂); 50 目不锈钢筛 (上海泰坦科技股份有限公司); OSB-2100 水浴锅 (上海爱郎仪器有限公司); CP313

千分之一电子天平(奥豪斯仪器上海有限公司); XSE105 十万分之一电子天平(梅特勒-托利多国际贸易有限公司); ADCI-60-C 全自动测色色差计(实用型,北京辰泰克仪器技术有限公司); SXL-1008 程控箱式电炉(上海精宏实验设备有限公司); DHG 9203A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); Alpha1-2 LD plus 冷冻干燥机(Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH); CQ-100 超声波清洗器(上海生析超声仪器有限公司); IP54 电子数显卡尺(南京苏测计量仪器有限公司)。

## 1.2 试药

对照品哈巴苷(批号 5239)、安格洛苷 C(批

号 5471)、哈巴俄苷(批号 10463)和肉桂酸(批号 6648)购于上海诗丹德生物技术公司,经 HPLC 检测纯度均大于 98%;磷酸(85%,批号: P1558221, Fisher 公司);乙腈(色谱级,上海泰坦科技股份有限公司);甲醇(色谱级,上海泰坦科技股份有限公司);水为娃哈哈纯净水;其余所用试剂均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。

通过对玄参道地产区(浙江磐安)及主要产区(湖北恩施等地)所生产的饮片进行实地采集、网络采购、药材市场采购和主要生产企业采购的方式共收集 37 批玄参饮片,经上海中医药大学李医明教授鉴定均为玄参饮片,具体收集情况见表 1。

表 1 玄参饮片信息

Tab. 1 The information of *Scrophulariae Radix* decoction pieces

序号 (No.)	药材编号 (herb No.)	产地 (place of origin)	生产批号 (production batch No.)	采购厂家/采购方式 (purchasing manufacturer/purchasing method)	规格* (specification)
1	SHYP-1	浙江(Zhejiang)	210802	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
2	SHYP-2	浙江(Zhejiang)	220701	上海华浦中药饮片有限公司(Shanghai Huapu Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
3	SHYP-3	浙江(Zhejiang)	2021122108	上海德华国药制品有限公司(Shanghai Dehua State Medicine Products Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
4	SHYP-4	浙江(Zhejiang)	21122101	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货(selected goods)
5	SHYP-5	浙江(Zhejiang)	21122102	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货(selected goods)
6	SHYP-6	浙江(Zhejiang)	21122103	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货(selected goods)
7	SHYP-7	浙江(Zhejiang)	21122104	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
8	SHYP-8	浙江(Zhejiang)	21122105	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
9	SHYP-9	浙江(Zhejiang)	191003	浙江俞同春药业有限公司(Zhejiang Yutongchun Drug Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
10	SHYP-10	浙江(Zhejiang)	190901	海南蔺氏盛泰药业有限公司(Hainan Linshi Shengtaidrug Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
11	SHYP-11	湖北(Hubei)	190920	网络采购(network procurement)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
12	SHYP-12	湖南(Hunan)	200101	邵东冰清商贸有限公司(Shaodong Bingqing Trading Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
13	SHYP-13	云南(Yunnan)	200108	河北康安生物科技有限公司(Hebei Kangan Biology Science and Technology Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
14	SHYP-14	浙江(Zhejiang)	191018	上海康桥中药饮片有限公司(Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	统货(gradeless and uniformly priced goods)
15	SHYP-15	河南(Henan)	23021001	药材市场采购(medicinal materials market procurement)	统货(gradeless and uniformly priced goods)

表 1 (续)

序号 (No.)	药材编号 (herb No.)	产地 (place of origin)	生产批号 (production batch No.)	采购厂家 / 采购方式 (purchasing manufacturer/purchasing method)	规格* (specification)
16	SHYP-16	河南 (Henan)	23021002	药材市场采购 (medicinal materials market procurement)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
17	SHYP-17	湖北 (Hubei)	23021003	药材市场采购 (medicinal materials market procurement)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
18	SHYP-18	湖北 (Hubei)	23021004	药材市场采购 (medicinal materials market procurement)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
19	SHYP-19	安徽 (Anhui)	23021005	药材市场采购 (medicinal materials market procurement)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
20	SHYP-20	安徽 (Anhui)	23021006	药材市场采购 (medicinal materials market procurement)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
21	SHYP-21	安徽 (Anhui)	A220906	亳州市永刚饮片厂有限公司 (Bozhou Yonggang Traditional Chinese Medicine Factory Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
22	SHYP-22	浙江 (Zhejiang)	221001	浙江中医药大学中药饮片有限公司 (Zhejiang University of Chinese Medicine and Chinese Drinking Pieces Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
23	SHYP-23	浙江 (Zhejiang)	220501	浙江中医药大学中药饮片有限公司 (Zhejiang University of Chinese Medicine and Chinese Drinking Pieces Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
24	SHYP-24	安徽 (Anhui)	23031901	同仁堂 (京东商城) [Tongrentang (JD.COM Shopping Mall)]	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
25	SHYP-25	安徽 (Anhui)	23031902	同仁堂 (京东商城) [Tongrentang (JD.COM Shopping Mall)]	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
26	SHYP-26	安徽 (Anhui)	23031903	同仁堂 (京东商城) [Tongrentang (JD.COM Shopping Mall)]	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
27	SHYP-27	安徽 (Anhui)	A221229	亳州市永刚饮片厂有限公司 (Bozhou Yonggang Traditional Chinese Medicine Factory Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
28	SHYP-28	江苏 (Jiangsu)	23031904	亳州曦药会商贸有限公司 (Bozhou Xiyahui Trading Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
29	SHYP-29	安徽 (Anhui)	23032001	安国市广盛商贸有限公司 (Anguo Guangsheng Trading Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
30	SHYP-30	安徽 (Anhui)	23032002	亳州市佩庆堂药业有限公司 (Bozhou Peiqingtang Drug Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
31	SHYP-31	安徽 (Anhui)	23032003	亳州市泽信堂药业有限公司 (Bozhou Zexintang Drug Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
32	SHYP-32	湖北 (Hubei)	221200039	康美 (亳州) 世纪国药有限公司 (Kangmei (Bozhou) Century National Medicine Co., Ltd.)	统货 (gradeless and uniformly priced goods)
33	SHYP-33	浙江 (Zhejiang)	23032501	上海康桥中药饮片有限公司 (Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货 (selected goods)
34	SHYP-34	浙江 (Zhejiang)	23032502	上海康桥中药饮片有限公司 (Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货 (selected goods)
35	SHYP-35	浙江 (Zhejiang)	23032503	上海康桥中药饮片有限公司 (Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货 (selected goods)
36	SHYP-36	浙江 (Zhejiang)	23032504	上海康桥中药饮片有限公司 (Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货 (selected goods)
37	SHYP-37	浙江 (Zhejiang)	23032505	上海康桥中药饮片有限公司 (Shanghai Kangqiao Traditional Chinese Medicine Co., Ltd.)	选货 (selected goods)

注 (note): \*. 规格中选货和统货的分类信息为商家包装上所提供的信息 (the classification information of the selected goods and the gradeless and uniformly priced goods in the specification is the information provided on the package of the goods)

## 2 方法与结果

### 2.1 基于外观的玄参饮片传统分类方法

玄参呈类圆柱形,中间略粗或上粗下细,有的微弯曲,长6~20 cm,直径1~3 cm;表面灰黄色或灰褐色,有不规则的纵沟、横长皮孔样突起、稀疏的横裂纹和须根痕;质坚实,不易折断,断面黑色,微有光泽;气特异似焦糖,味甘、微苦<sup>[1]</sup>。在药材流通市场,玄参以传统鉴别方法进行药材的分级,即按照质量大小、个头大小、是否空泡进行玄参药材规格等级划分。优质玄参根条粗壮、皮细薄、肉肥厚、体重不空泡、质坚性糯、外表灰色,断面碴口乌黑油

润<sup>[9]</sup>。因此,目前虽未出台相应的法规标准对玄参饮片进行质量等级划分,仍可相对地按照玄参饮片的大小、外观形态、色泽、断面质地以及气味等传统性状特征,对玄参饮片的规格、质量进行等级划分。

根据外观质地差异,对收集到的37批玄参饮片进行初步等级划分——A等玄参饮片质坚性糯,不空泡;B等玄参饮片质空泡,存在较多孔隙。其中,SHYP-11和SHYP-12批次的玄参饮片外观较为统一,不空泡,故全划分为A等,代表性玄参饮片传统分类结果见图1。

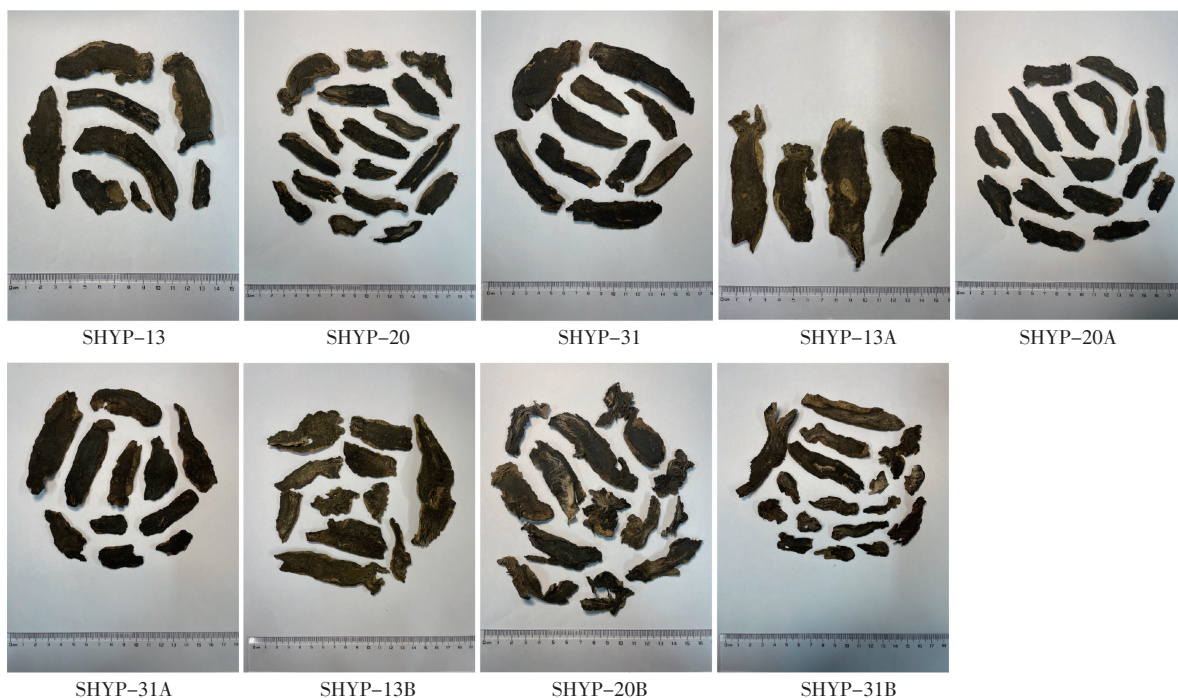


图1 基于外观的代表性玄参饮片传统分类结果

Fig. 1 Traditional classification results of representative *Scrophulariae Radix*'s decoction pieces based on appearance

### 2.2 外观性状指标的选择与测定

根据中药传统的“辨状论质”理论,结合2020年版《中华人民共和国药典》(《中国药典》)对玄参的形状描述及历代本草典籍对玄参药材品质的评价沿革,针对优质玄参药材“根条粗壮”“质坚性糯”以及“断面碴口乌黑油润”等特性<sup>[9]</sup>,选取短径长度、密度和色度作为玄参饮片的外观性状指标进行量化测定。

**2.2.1 玄参饮片短径长度考察** 在玄参加工炮制过程中,由于方法和切制角度等方面存在差异,所以各药材厂家生产的玄参饮片的长径长度会存在较大差异,但饮片的厚度差异则较小,故饮片的长径长度和

厚度只可作为饮片均匀度指标而不能反映饮片质量优劣;相对而言,药材饮片的短径长度则可更为合理地反映原药材根茎的粗细,故选择短径长度作为玄参饮片的外观性状评价指标。

以2020年版《中国药典》四部0211法中的四分法,对每批玄参样品进行取样,反复数次,最终抽取5g左右的玄参饮片进行短径长度的测量,每枚饮片平行测量5次后取平均值,最后再计算每枚饮片的平均值。结果显示,A等玄参饮片的短径长度分布在13.759~23.870 mm,B等玄参饮片的短径长度分布在11.054~26.080 mm,见图2。

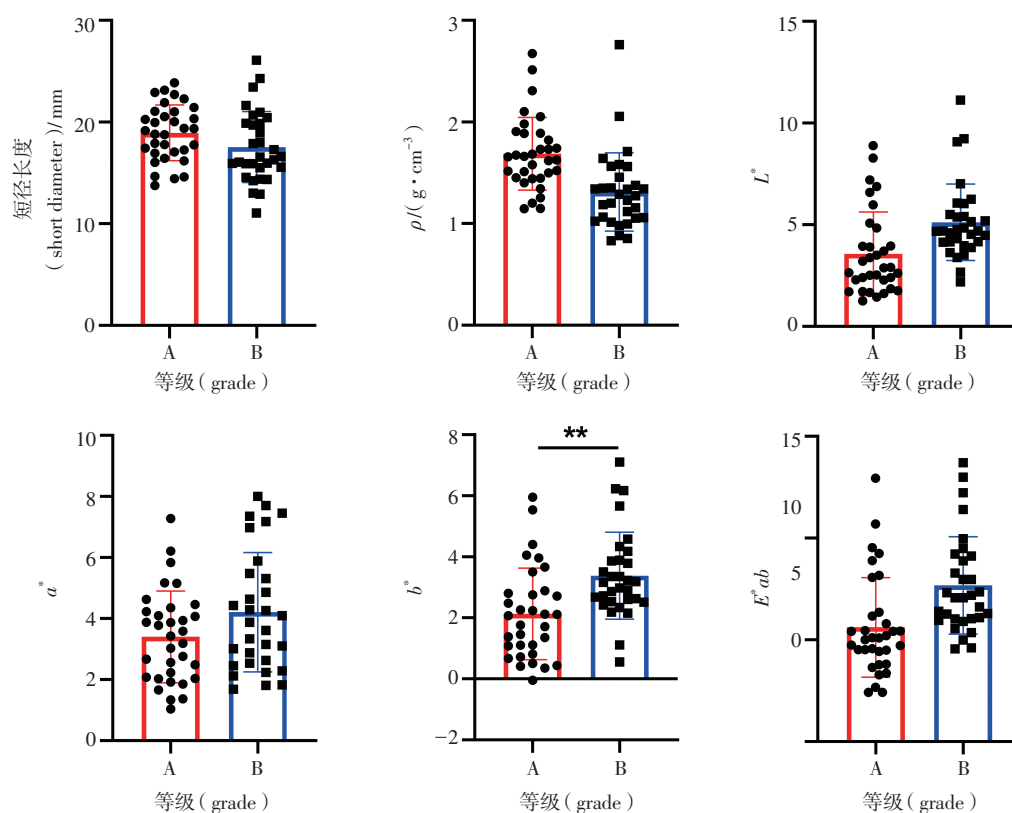


图2 A、B两等玄参饮片的外观性状指标的检测结果

Fig. 2 Detection results of appearance characteristics of Scrophulariae Radix decoction pieces A and Scrophulariae Radix decoction pieces B

**2.2.2 玄参饮片密度考察** 选取适量的 100~200 目硅胶粉末装于 100 mL 量筒中, 振匀硅胶粉, 使其间不存在空隙, 记录体积为  $V_1$ ; 将随机抽取的 5 枚玄参饮片, 置于电子天平上称取药材质量为  $M$ ; 倾斜量筒, 装入随机抽取的 5 枚玄参饮片, 将饮片完全埋于硅胶粉中, 直立量筒, 振匀硅胶粉末与饮片, 使其间不存在空隙, 记录体积为  $V_2$ , 则玄参饮片密度  $\rho(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}) = M/(V_2 - V_1)$ 。结果显示, A 等玄参饮片的密度分布在  $1.146 \sim 3.341 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , B 等玄参饮片的密度分布在  $0.831 \sim 2.761 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 见图 2。

**2.2.3 玄参饮片色度考察** CIELAB 色度空间技术是基于一种颜色不可能同时既是绿色又是红色、既是蓝色又是黄色的理论而建立起来的, 利用  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  3 个不同坐标轴指示颜色在几何坐标图中位置的一种颜色表现技术<sup>[10]</sup>。其中,  $L^*$  表示颜色明度, 即  $L^*$  越大则越亮, 反之则越黑(当  $L^*=100$ ,  $a^*$ 、 $b^*$  都为 0 时, 为白色;  $L^*=0$ ,  $a^*$ 、 $b^*$  都为 0 时, 为黑色);  $a^*$  代表红绿方向,  $a^* < 0$ , 为绿色方向,  $a^* > 0$ , 为红色方向;  $b^*$  代表蓝黄方向,  $b^* < 0$ , 为蓝色方向,  $b^* > 0$ , 为黄色方向<sup>[11-13]</sup>。

取玄参饮片粉末(过 2 号筛) 3 g, 混合均匀后, 平

铺于粉末测试盒内, 用已进行黑白板矫正的色差仪测试口对准粉末测试盒, 测定玄参饮片样品的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ , 随机扫描 3 次, 取平均值, 根据公式  $E^*ab = (L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ <sup>[14]</sup> 计算样品的色度( $E^*ab$ )。结果显示, A 等玄参饮片的  $L^*$  分布在  $1.26 \sim 8.99$ ,  $a^*$  分布在  $1.04 \sim 8.04$ ,  $b^*$  分布在  $-0.05 \sim 6.44$ ,  $E^*ab$  分布在  $2.42 \sim 12.94$ ; B 等玄参饮片的  $L^*$  分布在  $2.19 \sim 11.13$ ,  $a^*$  分布在  $1.69 \sim 8.00$ ,  $b^*$  分布在  $0.55 \sim 7.24$ ,  $E^*ab$  分布在  $4.56 \sim 13.71$ , 见图 2。

**2.3 玄参饮片的质量常规检查**

根据 2020 年版《中国药典》一部玄参项下相关规定, 分别按照通则 0832 第二法测定玄参饮片的水分, 通则 2302 测定玄参饮片的总灰分和酸不溶性灰分, 通则 2201 热浸法测定玄参饮片的水溶性浸出物和醇溶性浸出物, 每份样品重复 2 次。

图 3 为 72 批 A、B 两等玄参饮片的水分、总灰分、酸不溶性灰分、水溶性浸出物和醇溶性浸出物等 5 项指标的测定结果。其中, A 等玄参饮片的水分在  $7.28\% \sim 13.57\%$ , B 等玄参饮片的水分在  $6.15\% \sim 13.17\%$ , 均小于药典规定的  $16.0\%$ ; A 等玄参饮片的总灰分在  $2.82\% \sim 4.60\%$ , B 等玄参饮片的总灰

分在 3.27%~4.68%, 均低于药典规定的 5.0%; A 等玄参饮片的酸不溶性灰分在 0.52%~1.20%, B 等玄参饮片的酸不溶性灰分在 0.62%~1.55%, 均低于药典规定的 2.0%; A 等玄参饮片的水溶性浸出物含量在 65.35%~81.34%, B 等玄参饮片的水溶性浸出物含量

在 63.69%~74.31%, 均高于药典规定的 60.0%; A 等玄参饮片的醇溶性浸出物含量在 14.61%~22.00%, B 等玄参饮片的醇溶性浸出物含量在 15.32%~26.20%, 均高于文献规定的 10.0%<sup>[15]</sup>。结果显示, 72 批玄参饮片样品的质量常规检查结果均符合规定。

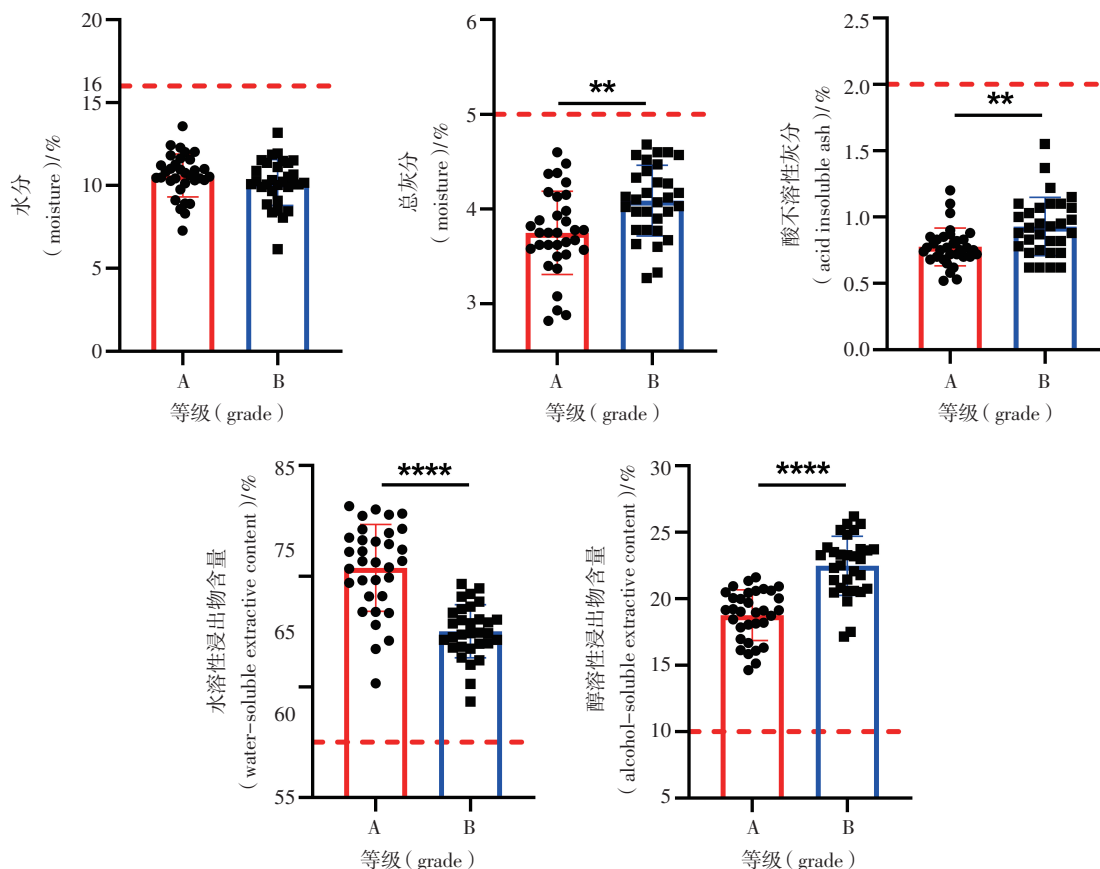


图3 A、B 两等玄参饮片的质量常规检测结果

Fig. 3 Quality routine test results of *Scrophulariae Radix* decoction pieces A and *Scrophulariae Radix* decoction pieces B

## 2.4 玄参饮片的活性成分含量测定

**2.4.1 色谱条件** 采用 Agilent 公司 Extend-C<sub>18</sub> (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) 色谱柱, 以乙腈 (A)~0.1% 磷酸水溶液 (B) 为流动相, 梯度洗脱 (0~8 min, 3%A → 6%A; 8~18 min, 6%A → 15%A; 18~25 min, 15%A → 20%A; 25~35 min, 20%A → 25%A; 35~38 min, 25%A → 47%A; 38~45 min, 47%A → 75%A; 45~50 min, 75%A → 80%A), 流速 1 mL · min<sup>-1</sup>, 检测波长 210 nm (哈巴苷)、280 nm (哈巴俄苷和肉桂酸)、330 nm (安格洛昔 C), 柱温 30 °C, 进样量 20 μL。

**2.4.2 供试品溶液制备** 取玄参样品粉末 (过 3 号筛) 约 0.5 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入 50% 甲醇水溶液 50 mL, 密塞, 称定, 浸泡 1 h, 超声

(功率 500 W, 频率 40 kHz) 处理 45 min, 放冷, 50% 甲醇水溶液补足减失的量, 摇匀, 过滤, 取续滤液, 过 0.22 μm 微孔滤膜, 即得。

**2.4.3 混合对照品溶液制备** 分别取哈巴苷、安格洛昔 C、哈巴俄苷和肉桂酸的对照品适量, 精密称定, 用 30% 甲醇水溶液配制成每 1 mL 含哈巴苷 0.497 mg、安格洛昔 C 0.167 mg、哈巴俄苷 0.183 mg、肉桂酸 0.063 mg 的混合对照品溶液。

**2.4.4 专属性试验** 由图 4 可知, HPLC 图谱中哈巴苷 (1)、安格洛昔 C (2)、哈巴俄苷 (3) 和肉桂酸 (4) 出峰时间稳定, 峰形佳, 分离度良好, 均大于 1.5, 专属性良好。

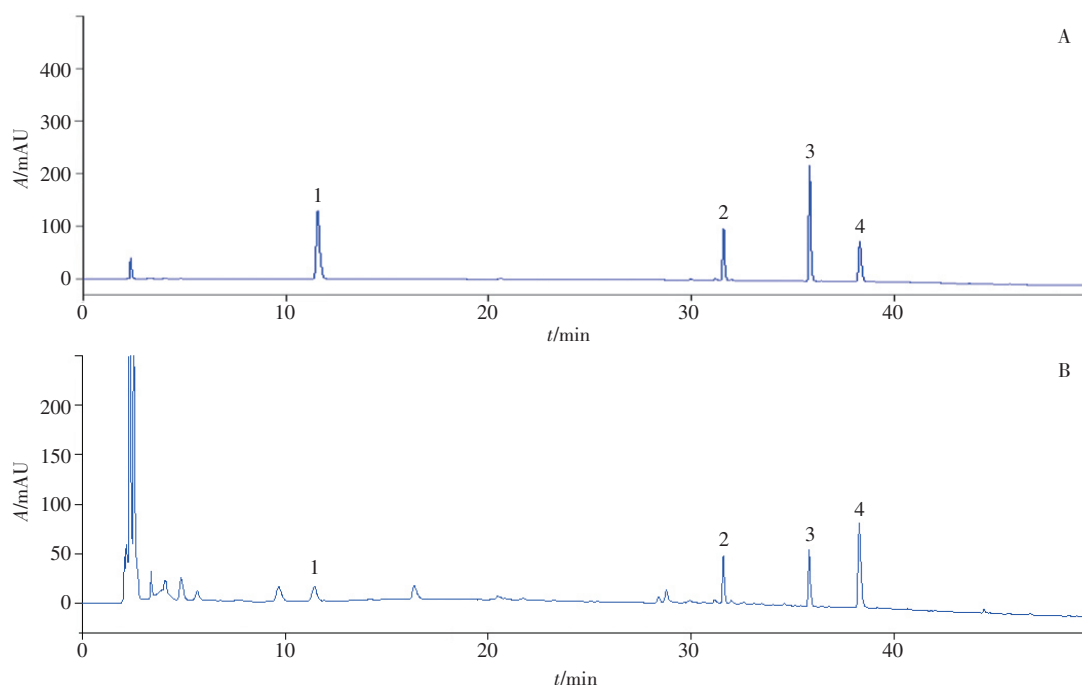


图4 混合对照品溶液(A)和供试品溶液(B)的色谱图

Fig. 4 Chromatograms of mixed reference substances solution (A) and test sample solution (B)

**2.4.5 线性关系考察** 分别精密吸取“2.4.3”项下的混合对照品溶液,用30%甲醇水溶液依次按照1:1、2:3、1:1、1:1、2:3、1:1、1:1的比例稀释,

按“2.4.1”项下的色谱条件进行测定,以对照品质量浓度  $X$  为横坐标,色谱峰峰面积  $Y$  为纵坐标,绘制标准曲线并进行线性回归,结果见表2。

表2 4种活性成分的线性方程、线性范围、LOD和LOQ

Tab. 2 Regression equation, linear range, LOD and LOQ of the 4 active compounds

成分 (component)	线性方程 (regression equation)	$r$	线性范围 (linear range) / ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	LOD / ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	LOQ / ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )
哈巴昔 (harpagide)	$Y = 6.663 X + 10.83$	0.999 9	2.49~497.00	1.66	2.49
安格洛昔 C (angoroside C)	$Y = 15.75 X + 3.493$	0.999 9	0.83~166.50	0.48	0.72
哈巴俄昔 (harpagoside)	$Y = 47.159 X + 9.980 3$	1.000	0.46~182.50	0.16	0.38
肉桂酸 (cinnamic acid)	$Y = 120.55 X + 9.532$	1.000	0.32~63.00	0.09	0.11

**2.4.6 检测限与定量限** 按信噪比  $S/N=3$  和  $S/N=10$  时分别计算哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸的检测限 (limit of detection, LOD) 和定量限 (limit of quantification, LOQ), 结果见表2。

**2.4.7 精密度试验** 精密吸取“2.4.3”项的混合对照品溶液,按“2.4.1”项下的色谱条件重复进样6次,测定峰面积并计算RSD。结果哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸峰面积的RSD ( $n=6$ ) 分别为0.57%、0.061%、0.064%、0.25%,表明仪器精密度良好。

**2.4.8 稳定性试验** 按“2.4.2”项下方法制备供试品溶液(样品批号 SHYP-13-A),分别在0、3、6、9、12、15、18、21、24 h,按“2.4.1”项下的色谱条件进样测

定峰面积,并计算RSD。结果哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸峰面积的RSD分别为0.46%、0.40%、0.37%、2.59%,表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

**2.4.9 重复性试验** 精密称取同一批号样品(批号 SHYP-13-A)6份,分别按“2.4.2”项下方法制备供试品溶液,并在“2.4.1”的色谱条件下进样测定峰面积,分别计算含量和RSD。结果哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸的含量值分别为7.025、1.246、0.875、1.222  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,RSD分别为0.44%、0.80%、0.82%、0.71%,表明该方法的重复性良好。

**2.4.10 加样回收率试验** 取已知含量的玄参粉末样品(批号 SHYP-13-A)50.00 mg共6份,精密称

定,分别按已知含量的 100% 浓度水平精密加入对照品溶液,再加入 50% 甲醇水溶液。密塞,称定,浸泡 1 h,超声(功率 500 W,频率 40 kHz)处理 45 min,放冷,用 50% 甲醇水溶液补足减失的量,摇匀,滤过,取续滤液,过 0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜,即得加样回收试液。按“2.4.1”项下色谱条件进样测定峰面积,计算加样回收率和 RSD。结果哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸的平均加样回收率分别为 99.3%、99.3%、101.3%、103.0%,RSD 分别为 2.4%、2.6%、3.0%、0.85%,表明该方法准确度良好。

**2.4.11 样品含量测定** 按“2.4.2”项下方法制备 72 批玄参饮片的供试品溶液,并按“2.4.1”项下色谱条件进样测定峰面积,计算各批次玄参饮片中哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔、肉桂酸的含量,每份样品重复 2 次,结果见图 5。批号为 SHYP-3-A、SHYP-4-A、SHYP-6-A、SHYP-16-A 和 SHYP-16-B 的样品中,哈巴昔和哈巴俄昔总量没有达到药典所规定的下限(0.45%),因此,在后续的分析过程中剔除相应不合格玄参饮片样品批次(SHYP-3、SHYP-4、SHYP-6 及 SHYP-16)所对应的 A、B 两等玄参饮片样品。

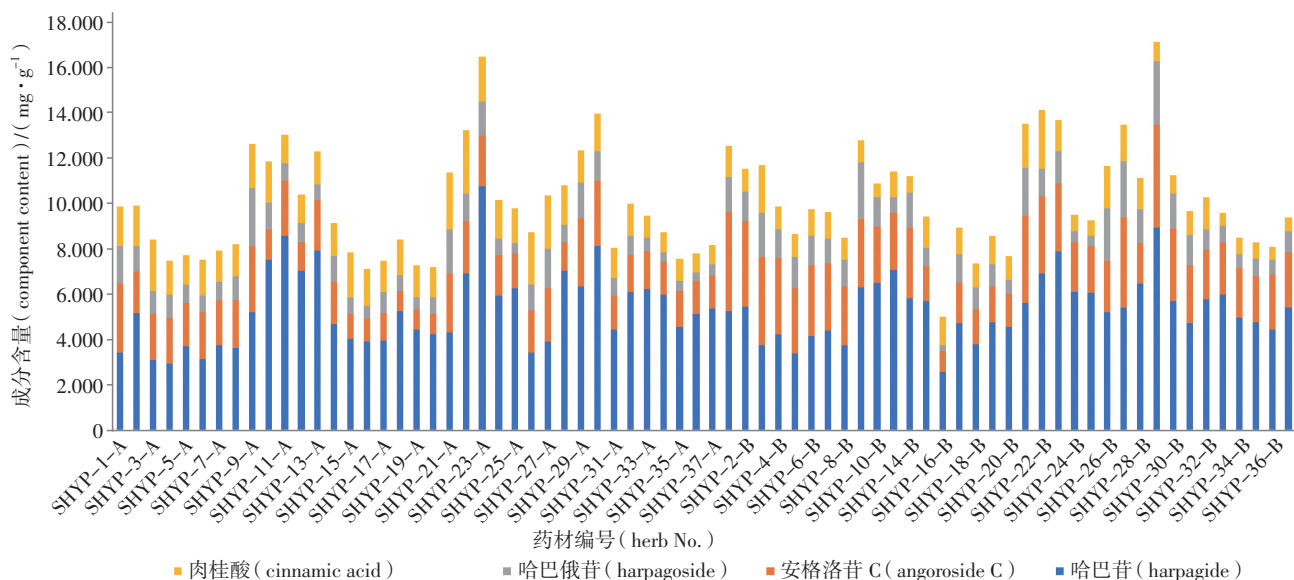


图 5 玄参饮片中 4 个成分的含量测定结果

Fig. 5 Determination of four component in *Scrophulariae Radix's* decoction pieces

## 2.5 数据分析

将目前获得的 33 批合格玄参饮片样品的外观性状及内在质量数据进行汇总和整理,即 33 组 A 等玄参饮片和 31 组 B 等玄参饮片,进行后续研究。

**2.5.1 独立样本  $t$  检验** 利用 SPSS 26.0 软件对 64 组玄参饮片的外观性状指标和内在质量指标进行独立样本  $t$  检验,分析 A 等和 B 等玄参饮片的短径长度、密度、色度、水分、总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶性浸出物、哈巴昔、安格洛昔 C、哈巴俄昔和肉桂酸含量的差异性,结果如表 3 所示, A 等和 B 等玄参饮片的密度、色度、总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶性浸出物、安格洛昔 C、哈巴俄昔和肉桂酸含量差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ),而 A 等和 B 等玄参饮片的短径长度、水分和哈巴昔含量差异不存在统计学意义( $P > 0.05$ )。因此,考虑将密度、色度、总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、

醇溶性浸出物、安格洛昔 C、哈巴俄昔和肉桂酸含量作为玄参饮片等级划分的分级指标。

**2.5.2 正交偏最小二乘判别分析** 正交偏最小二乘判别分析(orthogonal partial least squares discrimination analysis, OPLS-DA)是一种有监督的判别分析统计方法,是在已知样品分组关系的前提下,对数据进行降维处理,可以将不同组别样品的差异最大化,从而更好地筛选出区分样品的指标成分<sup>[16-17]</sup>。

将 7 个在 A 等和 B 等玄参饮片中存在显著性差异的内在质量指标(总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶性浸出物、安格洛昔 C 含量、哈巴俄昔、肉桂酸含量)数据导入 Simca 14.0 软件中,采用 OPLS-DA 统计法对其进行分析,结果见图 6。该模型的  $R^2X=0.549$ ,  $R^2Y=0.792$ ,说明该模型对变量  $X$  的解释能力为 54.9%、对因变量  $Y$  的解释能力为 79.2%,  $Q^2=0.741$  则表示该模型的预测能力较为理想。通

表 3 独立样本 *t* 检验

Tab. 3 Independent sample *t*-test

指标 (index)	<i>t</i>	<i>d<sub>f</sub></i>	<i>P</i>	平均值差值 (average difference)	标准误差差值 (standard error difference)	95% 置信区间 (95% confidence interval)	
						下限 (lower limit)	上限 (upper limit)
短径长度 (short diameter)	1.796	62	0.077	1.403	0.781	-0.158	2.964
密度 (density)	4.061	62	0.000*	0.378	0.093	0.192	0.563
色度 (chromatic value)	-3.141	62	0.003*	-1.550	0.494	-2.537	-0.564
水分 (moisture)	1.277	62	0.207	0.004	0.003	-0.002	0.011
总灰分 (total ash)	-3.321	62	0.002*	-0.003	0.001	-0.005	-0.001
酸不溶性灰分 (acid insoluble ash)	-3.322	62	0.002*	-0.002	0.000	-0.002	-0.001
水溶性浸出物含量 (water-soluble extractive content)	7.000	62	0.000*	0.057	0.008	0.041	0.074
醇溶性浸出物含量 (alcohol-soluble extractive content)	-7.210	62	0.000*	-0.037	0.005	-0.047	-0.027
哈巴昔含量 (harpagide content)	0.041	62	0.967	0.015	0.372	-0.728	0.759
安格洛昔 C 含量 (angoroside C content)	-4.458	62	0.000*	-0.813	0.182	-1.178	-0.449
哈巴俄昔含量 (harpagoside content)	-2.000	62	0.050*	-0.278	0.139	-0.556	0.000
肉桂酸含量 (cinnamic acid content)	3.895	62	0.000*	0.453	0.116	0.220	0.685

注 (note): 在 0.05 级别, 相关性显著 (at 0.05 level, \**p* < 0.05)

过 OPLS-DA 分析, A 等和 B 等玄参饮片可以明显分为 2 组, 这表明 A 等和 B 等的玄参饮片在总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶浸出物、安格洛昔 C、哈巴俄昔和肉桂酸含量方面存在一定的差异, 而这 7 个成分指标的差异可以将 A 等和 B 等的玄参饮片分为 2 组。图 7 中的变量投影重要度 (variable importance for the projection, VIP) 代表了每个指标

在对每组样品进行区分时所做出的贡献程度, 并且  $VIP > 1$  的指标在对样品进行分类时起到主导作用<sup>[16]</sup>。因此, 可得知水溶性浸出物含量 ( $VIP=1.341$ ) 和醇溶性浸出物含量 ( $VIP=1.213$ ) 这 2 个指标在对 A 等和 B 等的玄参饮片进行分类时起到关键性作用, 可为后续筛选玄参饮片等级划分的外在性状指标提供依据。

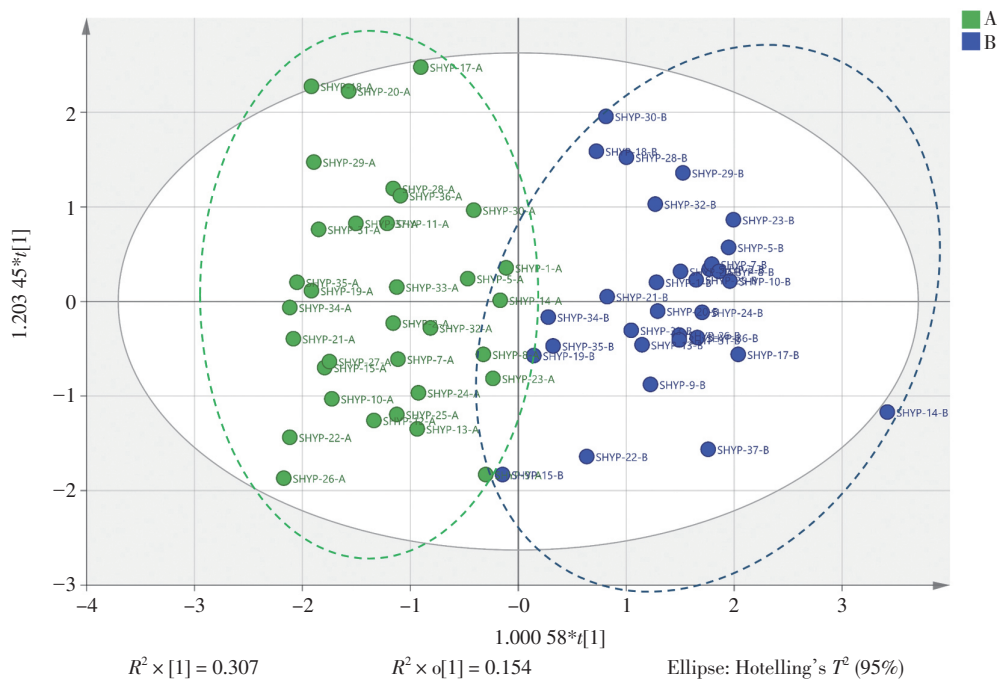


图 6 A、B 两等玄参饮片的 OPLS-DA 得分图

Fig. 6 OPLS-DA score plot of Scrophulariae Radix decoction pieces A and Scrophulariae Radix decoction pieces B

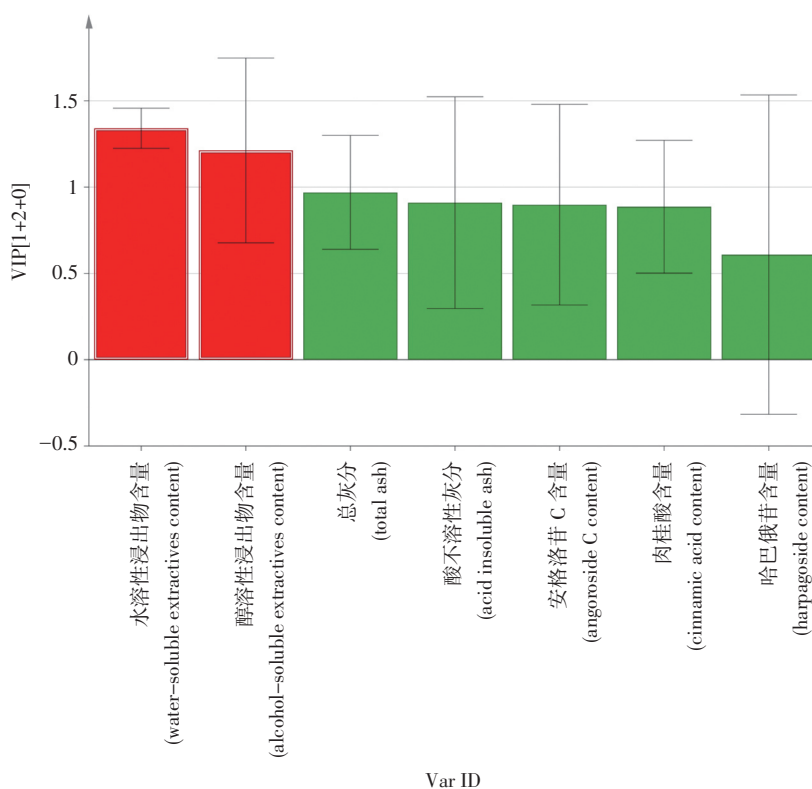


图7 A、B 两等玄参饮片的 OPLS-DA VIP 图

Fig. 7 OPLS-DA VIP plot of *Scrophulariae Radix* decoction pieces A and *Scrophulariae Radix* decoction pieces B

**2.5.3 外观性状指标和内在质量指标的相关性分析** 为了进一步探究玄参饮片的外观性状与内在质量之间的相关性,将玄参饮片的外观性状指标和内在质量指标导入 SPSS 26.0 软件进行两两相关的 Pearson 相关性分析,结果见图 8。表和图中的数字为这 2 个指标之间的 Pearson 相关系数,数值为负数代表负相关,数值为正数代表正相关,\* 代表 2 个指标之间有显著性关系 ( $P < 0.05$ ),\*\* 代表 2 个指标之间的关系极为显著 ( $P < 0.01$ )。结果显示,玄参饮片的短径长度与酸不溶性灰分、安格洛昔 C 含量呈显著负相关,与哈巴俄昔含量呈极显著负相关,表明玄参饮片越大,则酸不溶性灰分及安格洛昔 C、哈巴俄昔含量越低;玄参饮片的密度与醇溶性浸出物含量呈显著负相关,与总灰分、安格洛昔 C 含量呈极显著负相关,与水溶性浸出物含量呈显著正相关,表明玄参饮片越“质坚”,则其水溶性浸出物含量越高,而醇溶性浸出物含量、总灰分、安格洛昔 C 含量越低;玄参饮片的色度与酸不溶性灰分呈显著正相关,与醇溶性浸出物、哈巴俄昔含量呈极显著正相关,与水分和水溶性浸出物含量呈极显著负相关,表明玄参饮片色度

越暗,即色泽越黑,其水分和水溶性浸出物含量越高,而其酸不溶性灰分及醇溶性浸出物、哈巴俄昔的含量则越低。从相关性分析结果可知,玄参饮片的外观性状(短径长度、密度及色度)与玄参饮片的内在指标(水分、总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶性浸出物、安格洛昔 C 和哈巴俄昔的含量)存在着一定的显著相关性,结合独立样本 *t* 检验和 OPLS-DA 结果,选择密度和色度作为快速辨别玄参饮片内在质量的外观性状指标。同时,密度、色度与水溶性浸出物含量的显著性关系最符合玄参“大而肉坚黑润者佳”的传统经验描述。因此可知,通过对玄参饮片进行快速的外观性状考察,可以有效地评价其内在质量的好坏。

**2.5.4 基于外观的玄参饮片等级划分标准** 结合上述的分析结果,最终选择密度和色度作为快速辨别玄参饮片内在质量的外观性状指标,并将与二者存在显著相关性的水溶性浸出物含量作为玄参饮片“统货”和“选货”的关键划分指标。结合行业内药材分级情况和实际应用的可行性,以玄参饮片样品数前 20% 的比例要求制定标准,本研究拟定玄参饮片“选货”

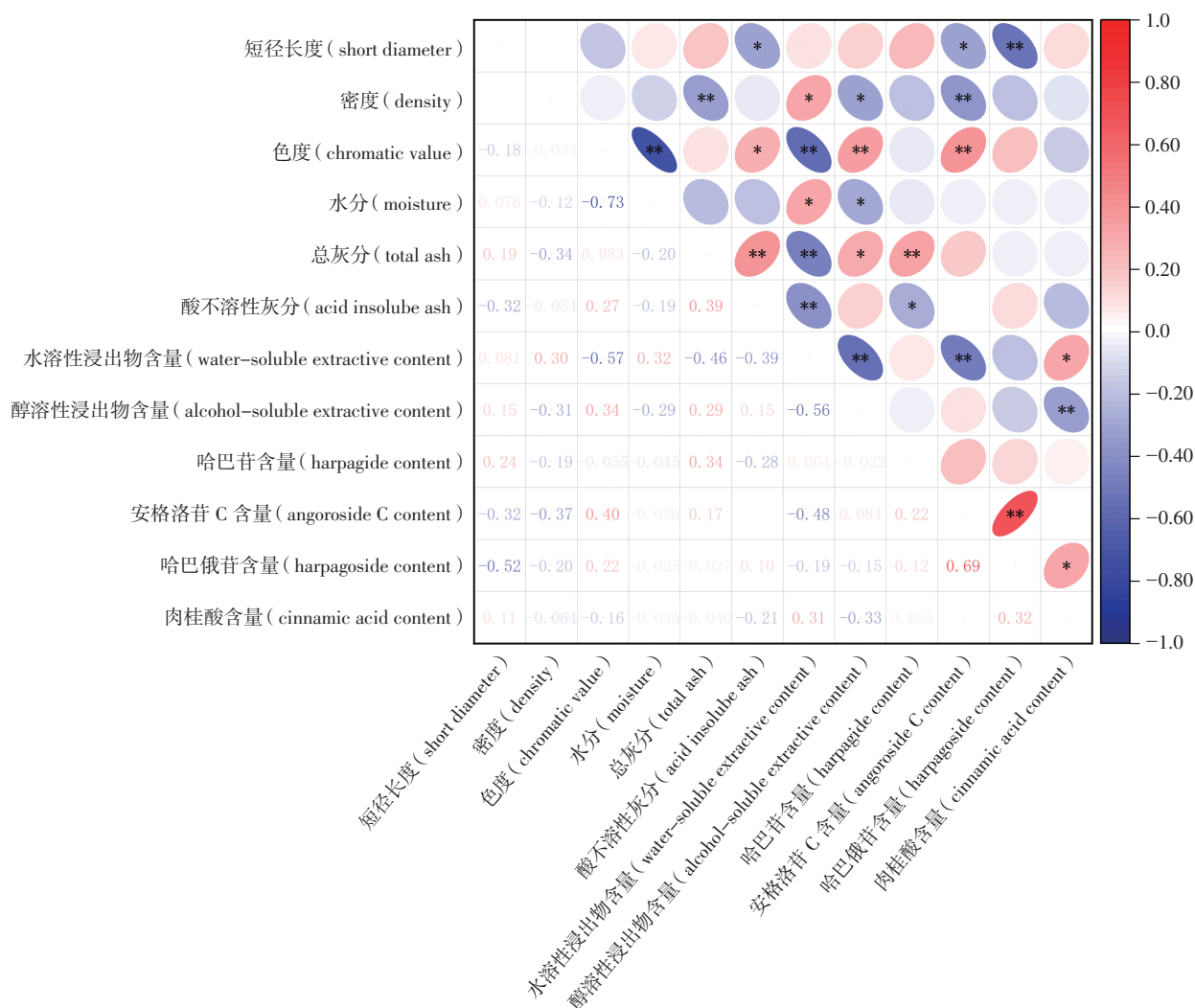


图 8 玄参饮片各项指标相关性热图 (\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ )  
 Fig. 8 Correlation heatmap of various indexes of Scrophulariae Radix decoction pieces

和“统货”的等级划分标准,具体见表 4。其中最低标准参照 2020 年版《中国药典》和该检查项实验数据最小值。

### 3 讨论

明代《药品化义》记载,玄参为“取大而肉坚黑润者佳”<sup>[18]</sup>;1963 年版《中国药典》评价玄参“以支条肥大、皮细、质坚、芦头修尽,内色乌黑者为佳,支条小、皮粗糙、带短芦者质次,支条很小、芦头大、折断显柴性者不可入药。”<sup>[19]</sup>;《中华本草》描述玄参“以条粗壮、质坚实、断面色黑者为佳”<sup>[20]</sup>。可见,历代对于优质玄参的划分均以个头大、质坚实、断面黑润为佳。因此,为了与传统优质玄参划分标准相一致,本课题在探究玄参饮片的等级划分标准时,首先对多途径收集到的 37 批玄参饮片进行简单的基于外观的分类,

并对其外观性状——短径长度、密度和色度,展开量化研究。

在质控成分方面,2020 年版《中国药典》规定玄参药材、饮片均仅以哈巴苷和哈巴俄昔为指标性成分,但前期研究和大量的文献报道表明,玄参中的安格洛昔 C 和肉桂酸在抗氧化、抗炎等多方面具有显著的活性<sup>[21-22]</sup>。因此,本研究将哈巴苷、安格洛昔 C、哈巴俄昔和肉桂酸这 4 个活性成分作为探讨玄参饮片等级的指标性成分,同时依据 2020 年版《中国药典》玄参饮片的质控标准,剔除不达标的玄参饮片。OPLS-DA 结果表明,水溶性浸出物和醇溶性浸出物的含量是对玄参等级起到关键分类作用的 2 个内在指标,尤其以水溶性浸出物的含量与中药煎煮过程紧密相关,因此本研究着重将水溶性浸出物含量作为玄

表 4 玄参饮片等级量表

Tab. 4 Grading quality standard of *Scrophulariae Radix* decoction pieces

项目 ( item )		分级 ( classification )	
		选货 ( selected goods )	统货 ( gradeless and uniformly priced goods )
基本信息 ( basic information )	基源 ( source )	玄参科植物玄参 <i>Scrophularia ningpoensis</i> Hemsl. 的干燥根 ( the dried root of <i>Scrophularia ningpoensis</i> Hemsl. )	
感官 ( senses )	形态 ( morphology )	类圆形或椭圆形的均匀薄片 ( thin, homogeneous slices of orbicular or elliptic shape )	
	$E^{ab}$	断面呈黑色 ( black in cross section )	断面呈黑褐色 ( blackish brown in cross section )
其他 ( others )	$\rho$	( $\leq 5.5$ )	( 5.5~14 )
	气味 ( odor )	质坚实 ( firm texture ) ( $\geq 1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	质空泡, 多孔隙 ( vacuous, porous ) ( $0.8\sim 1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
其他 ( others )	产地 ( place of origin )	道地产区和其他产区 ( authentic producing areas and other producing areas )	
检查 ( inspection )	水分 ( moisture )		$\leq 16\%$
	总灰分 ( total ash )	$\leq 4\%$	4%~5%
	酸不溶性灰分 ( acid insoluble ash )	$\leq 1\%$	1%~2%
含量测定 ( content determination )	水溶性浸出物含量 ( water-soluble extractive content )	$\geq 77\%$	$\geq 60\%$
	醇溶性浸出物含量 ( alcohol-soluble extractive content )		$\geq 10\%$
	哈巴苷和哈巴俄苷含量 ( harpagide and harpagoside content )		$\geq 0.45\%$
	安格洛苷 C 含量 ( angoroside C content )		$\geq 0.08\%$
	肉桂酸含量 ( cinnamic acid content )		$\geq 0.05\%$

参饮片“统货”和“选货”的关键内在划分指标。

最后,对 64 批玄参饮片进行外观性状与内在质量指标的相关性分析。结果显示,玄参饮片的外观性状(短径长度、密度及色度)与玄参饮片的内在指标(水分、总灰分、酸不溶性灰分及水溶性浸出物、醇溶性浸出物、哈巴苷、安格洛苷 C 和哈巴俄苷的含量)存在着一定的显著相关性,并且尤以密度和色度与水溶性浸出物含量的显著性关系最符合玄参“大而肉坚黑润者佳”的传统经验描述。

综上,将玄参饮片的密度和色度作为快速辨别饮片质量优劣的外在性状特征,并与其存在显著相关性的水溶性浸出物含量作为关键的内在质量等级划分指标。较传统的等级标准而言,此类等级划分标准研究能够充分考虑到药材饮片的外观性状与内在质量之间的相关性,更符合实际情况,结果也更有科学性,有助于日常中药材流通过程中对玄参饮片的优质优价做出快速的等级划分指导。

参考文献

[ 1 ] 中华人民共和国药典 2020 年版. Vol I [ S ]. 2020: 121

ChP 2020. Vol I [ S ]. 2020: 121

[ 2 ] 张米娜,陈凯先,李医明,等. 道地药材浙玄参的现状调研及展望 [ J ]. 中华中医药杂志, 2022, 37 ( 8 ): 4845  
ZHANG MN, CHEN KX, LI YM, *et al.* Investigation of production status and prospect analysis of Zhejiang Daodi herb: *Scrophulariae Radix* [ J ]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2022, 37 ( 8 ): 4845

[ 3 ] 刘芳,周小江,袁志鹰,等. 基于指纹图谱结合多指标测定的玄参药材等级质量研究 [ J ]. 中草药, 2019, 50 ( 5 ): 1238  
LIU F, ZHOU XJ, YUAN ZY, *et al.* Grade quality of *Scrophulariae Radix* based on fingerprints and quantitative analysis of multi-index [ J ]. Chin Tradit Herb Drugs, 2019, 50 ( 5 ): 1238

[ 4 ] 胡慧芳,席少阳,曹后康,等. 基于辨状论质的蛇床子商品等级质量评价 [ J ]. 中国中药杂志, 2023, 48 ( 4 ): 900  
HU HF, XI SY, CAO HK, *et al.* Quality evaluation of *Cnidii Fructus* in commodity grade based on theory of “quality evaluation through morphological identification” [ J ]. China J Chin Mater Med, 2023, 48 ( 4 ): 900

[ 5 ] 丁若雯,魏惠珍,吕尚,等. 基于多元统计分析的车前子药材质量等级研究 [ J ]. 中国现代应用药学, 2021, 38 ( 6 ): 673  
DING RW, WEI HZ, LÜ S, *et al.* Study on quality grade of *Plantaginis Semen* based on multivariate statistical analysis [ J ]. China J Mod Appl Pharm, 2021, 38 ( 6 ): 673

[ 6 ] 国药联材字 ( 84 ) 第 72 号文附件. 76 种药材商品规格标准 [ S ].

- 1984  
Attachment of No. 72 Document of National Medicine Liancaizi (84). Commodity Specification Standard of 76 Kinds of Medicinal materials [S]. 1984
- [ 7 ] T/CACM 1021.40 中药材商品规格等级玄参 [S]. 2018  
T/CACM 1021.40 Commodity Specifications and Grades of Chinese Herbal Medicines *Scrophulariae Radix* [S]. 2018
- [ 8 ] 谢宗万. 中药品种传统经验鉴别“辨状论质”论 [J]. 时珍国药研究, 1994, 5(3): 19  
XIE ZW. Traditional experience identification of traditional Chinese medicine varieties “differentiation of symptoms and quality” [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 1994, 5(3): 19
- [ 9 ] 卢赣鹏. 500 味常用中药材的经验鉴别 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 1999: 250  
LU GP. Empirical Identification of 500 Commonly Used Chinese Herbal Medicines [M]. Beijing: China Traditional Chinese Medicine Press, 1999: 250
- [ 10 ] 赵秀萍. CIELAB 色空间及应用 [J]. 印刷质量与标准化, 2003 (5): 11  
ZHAO XP. CIELAB color space and its application [J]. *Print Qual Stand*, 2003 (5): 11
- [ 11 ] 刘天睿, 金艳, 孟虎彪, 等. 论中药“辨状论质”之辨色泽与品质评价的生物学内涵研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(19): 4545  
LIU TR, JIN Y, MENG HB, *et al.* Biological research of color and quality evaluation in “quality discrimination by character” of Chinese medicine [J]. *China J Chin Mater Med*, 2020, 45(19): 4545
- [ 12 ] APETREI C, APETREI IM, VILLANUEVA S, *et al.* Combination of an e-nose, an e-tongue and an e-eye for the characterisation of olive oils with different degree of bitterness [J]. *Anal Chim Acta*, 2010, 663(1): 91
- [ 13 ] 武艳雪, 翁丽丽, 姜雨昕, 等. 基于色差原理分析黄芩化学成分含量与色度相关性 [J]. 世界科学技术 - 中医药现代化, 2020, 22(8): 2839  
WU YX, WENG LL, JIANG YX, *et al.* Analysis of the correlation between chemical composition content and chromaticity of *Scutellaria baicalensis* Georgi based on the principle of chromatic aberration [J]. *World Sci Technol Mod Tradit Chin Med*, 2020, 22(8): 2839
- [ 14 ] 罗传红, 廖维, 袁瑞芳, 等. 基于颜色 - 成分关联的余甘子商品等级划分分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(11): 171  
LUO CH, LIAO W, YUAN RF, *et al.* Preliminary study on commodity grade classification of *Phyllanthi Fructus* based on color component correlation [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2021, 27(11): 171
- [ 15 ] 徐思思. 玄参饮片规格及其质量评价标准研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2014  
XU SS. Study on Specifications and Quality Evaluation Standards of *Scrophulariae Radix* [D]. Wuhan: Hubei University of Chinese Medicine, 2014
- [ 16 ] HU J, WANG JL, QIN BB, *et al.* Chemometric analyses for the characterization of raw and stir-frying processed *Drynariae Rhizoma* based on HPLC Fingerprints [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021(11): 6651657
- [ 17 ] LUCIO-GUTIERREZ JR, COELLO J, MASPOCH S. Enhanced chromatographic fingerprinting of herb materials by multi-wavelength selection and chemometrics [J]. *Anal Chim Acta*, 2012, 710: 40
- [ 18 ] 贾所学. 药品化义 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 71  
JIA SX. *Pharmaceutical Interpretation* [M]. Beijing: China Press of Chinese Medicine, 2015: 71
- [ 19 ] 中华人民共和国药典 1963 年版. Vol I [S]. 1963: 58  
ChP 1963. Vol I [S]. 1963: 58
- [ 20 ] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998: 1750  
Editorial Board of State Administration of Traditional Chinese Medicine *Chinese Materia Medica*. *Chinese Materia Medica* [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1998: 1750
- [ 21 ] SHIN H, MEDRIANO CA, PARK B, *et al.* Screening and identification of neuroprotective compounds from *Scrophularia buergeriana* using cell extraction coupled with LC-MS [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2018, 148: 355
- [ 22 ] ZHANG CC, GU WL, WU XM, *et al.* Active components from *Radix Scrophulariae* inhibits the ventricular remodeling induced by hypertension in rats [J]. *Springerplus*, 2016, 5: 358

(本文于 2024 年 8 月 3 日收到)