

## 基于“辨色论质”的新疆紫草质量评价研究\*

连超杰<sup>1</sup>, 戴胜云<sup>1\*\*</sup>, 刘杰<sup>1</sup>, 过立农<sup>1</sup>, 乔菲<sup>1</sup>, 杨锐<sup>1</sup>, 王会娟<sup>1</sup>, 郑健<sup>1\*\*</sup>, 刘杰<sup>2</sup>

(1. 中国食品药品检定研究院, 北京 102629; 2. 伊犁哈萨克自治州检验检测认证研究院, 伊犁 835000)

**摘要** 目的: 测量紫草的色泽, 测定紫草中6个主要紫色素类成分(乙酰紫草素、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁、异戊酰紫草素)的含量, 研究新疆紫草色泽与6个主要紫色素成分含量的相关性。方法: 采用分光测色仪测定样品粉末的 $L, a, b$ 值用于表征紫草的色泽。国际照明委员会(CIE)制定了Lab颜色模型, 是人类视觉的数字化描述,  $L$ 值越大表示亮度越大,  $a$ 值增大表示偏红减小表示偏绿,  $b$ 值增大表示偏黄减小表示偏蓝; 采用高效液相色谱法(HPLC)测定紫色素类成分的含量, 使用SPSS软件计算 $L, a, b$ 值与6个主要紫色素含量的相关程度。结果: 135批样品乙酰紫草素的含量为0.01%~3.39%,  $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁含量为0.00%~1.95%, 去氧紫草素含量为0.00%~0.23%, 异丁酰紫草素含量为0.01%~1.13%, 异戊酰紫草素含量为0.02%~2.88%,  $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁含量为0.01%~2.17%。紫草药材的 $L$ (黑\_白)色度值与乙酰紫草素、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁和异丁酰紫草素3个成分的含量呈显著负相关关系, 斯皮尔曼相关系数在-0.138和-0.222之间;  $a$ (绿\_红)色度值与 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁、异戊酰阿卡宁的含量均呈现显著的正相关, 斯皮尔曼相关系数在0.176和0.355之间;  $b$ (蓝\_黄)色度值与乙酰紫草素、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁、异戊酰阿卡宁均呈现显著的相关性, 其中, 与 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁呈正相关, 系数为0.290, 与其余4个成分呈负相关, 系数在-0.325和-0.633之间。结论: 建议紫草(新疆紫草)的含量测定项修订为 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁不得少于0.30%并且异丁酰紫草素不得少于0.29%。  
**关键词:** 紫草; 色泽; 乙酰紫草素;  $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁; 去氧紫草素; 异丁酰紫草素;  $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁; 异戊酰紫草素; 相关性分析

中图分类号: R 917 文献标识码: A 文章编号: 0254-1793(2024)05-0766-06  
doi: 10.16155/j.0254-1793.2024.05.04

Study on quality control of Arnebiae Radix based on  
“color discrimination grading”\*LIAN Chao-jie<sup>1</sup>, DAI Sheng-yun<sup>1\*\*</sup>, LIU Jie<sup>1</sup>, GUO Li-nong<sup>1</sup>,  
QIAO Fei<sup>1</sup>, YANG Rui<sup>1</sup>, WANG Hui-juan<sup>1</sup>, ZHENG Jian<sup>1\*\*</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>(1. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 102629, China;  
2. Yili Institute of Inspection, Testing and Certification, Yili 835000, China)**Abstract Objective:** To determine the color of Arnebiae Radix, and the contents of six main purple pigment

\* 中国食品药品检定研究院学科带头人培养基金(2021X4); 国家药品监督管理局药品监管科学体系建设重点项目“新技术新方法在中药质量控制中的应用”(RS2024Z006-116); 新疆维吾尔自治区药品监督管理局智力援疆创新拓展人才计划——“新疆特色民族药研究(以新疆紫草为例)团队”项目

\*\* 通信作者 郑健 Tel: (010)53852080; E-mail: zhengjian@nifdc.org.cn

戴胜云 Tel: (010)53852078; E-mail: daisy@nifdc.org.cn

第一作者 Tel: (010)53852075; E-mail: lianchaojie@nifdc.org.cn

components (acetylshikonin,  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin, deoxyshikonin, isobutylshikonin,  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin and isovalerylshikonin) in *Arnebiae Radix*, and to study on the correlation between the color of *Arnebiae Radix* and the contents of six main purple pigment components. **Methods:** The  $L$ ,  $a$ , and  $b$  values of the sample powder were determined using a spectrophotometer to characterize the color of *Arnebiae Radix*. The International Commission on Illumination (CIE) had developed a Lab color model, which was a digital description of human vision. A higher  $L$  value indicated greater brightness, a higher  $a$  value indicated redness and a lower  $a$  value indicates greenness, and a higher  $b$  value indicated yellowing and a lower  $b$  value indicates blueness. The contents of purple pigment components were determined using high performance liquid chromatography (HPLC), and the correlation between  $L$ ,  $a$ , and  $b$  values and the contents of six main purple pigments was calculated using SPSS software. **Results:** The contents of acetylshikonin in 135 batches of samples ranged from 0.01% to 3.39%. The contents of  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin ranged from 0.00% to 1.95%. The contents of deoxyshikonin ranged from 0.00% to 0.23%. The contents of isobutylshikonin ranged from 0.01% to 1.13%. And the contents of isovalerylshikonin ranged from 0.02% to 2.88%. The contents of  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin ranged from 0.01% to 2.17%. There was a significant negative correlation between the contents of acetylshikonin,  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin and isobutylshikonin and the  $L$  (black\_white) chromaticity value of *Arnebiae Radix*, with a Spearman correlation coefficients between  $-0.138$  and  $-0.222$ . The chromaticity value of  $a$  (red\_green) was related to the five components other than acetylshikonin, which were  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin, deoxyshikonin, isobutylshikonin,  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin, and isovalerylshikonin, with a spearman correlation coefficients between  $0.176$  and  $0.355$ ;  $b$  (blue\_yellow) chromaticity value was related to the five components other than  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin, which were acetylshikonin, deoxyshikonin, and isobutylshikonin,  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin.  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin was positively correlated with a coefficient of  $0.290$ , and negatively correlated with the other four components with a coefficients between  $-0.325$  and  $-0.633$ . **Conclusion:** It is recommended that the assay limits of *Arnebiae Radix* be revised to  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin not less than  $0.30\%$  and isovalerylshikonin not less than  $0.29\%$ .

**Keywords:** *Arnebiae Radix*; color and lustre; acetylshikonin;  $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin; deoxyshikonin; isovalerylshikonin;  $\beta$ ,  $\beta'$ -dimethylacrylalkannin; isovalerylshikonin; correlation analysis

紫草为紫草科植物新疆紫草 *Arnebia euchroma* (Royle) Johnston. 或内蒙紫草 *Arnebia guttata* Bunge 的干燥根<sup>[1]</sup>。《中华人民共和国药典》(简称 ChP) 最早收录紫草含量测定项的是 ChP 1990<sup>[2]</sup>, 使用紫外分光光度法检测左旋紫草素最大吸收波长  $516\text{ nm}$  处的吸收度, 沿用至 ChP 2020。ChP 2005<sup>[3]</sup> 增设含量测定项(2), 使用高效液相色谱法检测  $\beta$ ,  $\beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁 ( $\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{O}_6$ ) 这一萘醌类成分的含量, 沿用至 ChP 2020。ChP 1963<sup>[1]</sup> 首次收录紫草品种, 并提出紫草“……色紫者为佳”。历版药典<sup>[1-10]</sup> 对紫草各部位的描述均围绕颜色展开, 使用的词详见表 1。

经统计, 上述 10 个版本 ChP 的紫草标准正文中共提到紫色相关的词 99 次, 其中, 紫红色 44 次、

紫褐色 19 次、深紫色 18 次、紫黑色 11 次、暗紫色 7 次; 提到黄白色相关的词 56 次, 其中黄白色 26 次、黄色 20 次、灰黄色 10 次, 这些颜色词汇比较接近, 肉眼观察难以区分, 有很大的主观性。近年来, 药材市场上出现了紫草的混伪品, 但这些混伪品按照药典含量测定项方法检测大多都合格, 因此, 很多研究者对紫草含量测定提出了改进意见, 建议增加羟基萘醌为母核的天然紫色素类成分指标, 如乙酰紫草素、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁、去氧紫草素、异丁酰紫草素或异戊酰紫草素等。因此, 如何客观地描述紫草的颜色, 并且探究备选多个紫色素类指标成分与颜色之间的相关性, 最终做到“辨色论质”, 成为紫草质量评价亟待解决的问题。

表 1 历版 ChP 描述紫草颜色的词表

Tab. 1 Terms for describing the color of *Arnebiae Radix* in the ChPs

名称 (name)	表面 (surface)	皮部 (phloem)	木部 (xylem)	ChP 版本 (ChP version)
内蒙紫草 [ <i>Arnebia euchroma</i> (Royle) Johnst. ]	紫红色或暗紫色 (purplish red or dark purple)	紫红色 (purplish red)	黄白色 (yellowish white)	ChP 1990
				ChP 1995
				ChP 2000
				ChP 2005
				ChP 2010
				ChP 2015
内蒙紫草切片 ( <i>A. euchroma</i> slices)	紫红色或紫褐色 (purplish red or purplish brown)	深紫色 (deep purple)	黄白色或黄色 (yellowish white or yellow)	ChP 2020
				ChP 2005
				ChP 2010
				ChP 2015
				ChP 2020
				新疆紫草 (软紫草) ( <i>A. guttata</i> Bunge)
ChP 1977				
ChP 1985				
ChP 1990				
ChP 1995				
ChP 2000				
ChP 2005				
ChP 2010				
ChP 2015				
ChP 2020				
新疆紫草切片 (软紫草) ( <i>A. guttata</i> slices)	紫红色或紫褐色 (purplish red or purplish brown)	深紫色 (deep purple)	黄白色或黄色 (yellowish white or yellow)	ChP 1995
				ChP 2000
				ChP 2005
				ChP 2010
				ChP 2015
				ChP 2020
紫草 (硬紫草) ( <i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb. et Zucc.)	紫红色或紫黑色 (purplish red or purplish black)	无描述 (no description) 深紫色 (deep purple)	灰黄色 (grayish yellow) 灰黄色 (grayish yellow)	ChP 1963
				ChP 1977
				ChP 1985
				ChP 1990
				ChP 1995
				ChP 2000
紫草切片 (硬紫草) ( <i>L. erythrorhizon</i> slices)	紫红色或紫黑色 (purplish red or purplish black)	深紫色 (deep purple)	灰黄色 (grayish yellow)	ChP 2005
				ChP 1995
				ChP 2000
				ChP 2005

色泽是药材鉴别的重要内容,通过色泽可直观快速地判断药材的优劣。研究表明,色泽的测定数据可以用于药材的质量评价<sup>[11-12]</sup>。现代色彩分析技术的发展,特别是测色仪器的使用,使得色泽测量

和分析更加精密和准确<sup>[13-14]</sup>,且可以将人的主观判断客观量化。在传统的色泽评价指标中引入现代的色彩分析技术,对于中药材及饮片的质量评价具有极为重要的意义。

近年来,紫草内在质量控制方面开展了较多的研究<sup>[15-18]</sup>,但同时结合传统性状进行客观分析尚未见报道。本文采用分光测色仪测定紫草的色泽,采用 HPLC 法测定乙酰紫草素、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁及异戊酰紫草素含量,对色泽与化学成分之间相关性进行分析,为紫草质量的分析、评价与提高奠定了基础。

### 1 仪器与试剂

DC850 分光测色仪(德塔公司);Waters e2695 型液相色谱仪-2998 二极管阵列检测器(沃特世科技有限公司);MSE125S 型十万分之一电子天平、QUINTIX313-1CN 型万分之一电子天平(Sartorius 公司);KQ-500DV 型超声波清洗器(江苏昆山市超声仪器有限公司);Milli-Q 去离子水发生器(密理博公司)。

紫草(新疆紫草)对照药材(批号 121430-201705)和  $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁对照品(批号 111689-201805,纯度 $\geq 98\%$ )由中国食品药品检定研究院提供;对照品  $\beta$ -羟基异戊酰紫草素(批号 STC9420105,纯度 $\geq 98\%$ )、乙酰紫草素(批号 ST78820120,纯度 $\geq 98\%$ )、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁(批号 ST17190120,纯度 $\geq 98\%$ )、去氧紫草素(批号 ST17160120,纯度 $\geq 98\%$ )由上海诗丹德科技有限公司提供;对照品异丁酰紫草素(批号 T02D6Z6828,纯度 $\geq 98\%$ )和异戊酰紫草素(批号 Z1357B20931,纯度 $\geq 98\%$ )由上海源叶生物技术有限公司提供。135 批药材(标记为 001~135)中,001~077 批为

2022 年国家药品抽检项目的合格样品;078~135 批为市场收集及实地采集的样品,经中国食品药品检定研究院郑健研究员鉴定为紫草科软紫草属新疆紫草 *Arnebia euchroma*(Royle)Johnst. 的干燥根。

### 2 实验方法

色度测量:样品粉碎后过 6 号筛,取样量 2 g,使用 D65 光源,30 mm 孔径,平行测量 2 次,取平均值。

色谱条件:采用文献[17]的方法,使用 Waters Xbridge C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm $\times$ 250 mm,5  $\mu$ m),流动相为乙腈-0.05% 甲酸水溶液(70:30),流速 1.0 mL $\cdot$ min<sup>-1</sup>,柱温 30  $^{\circ}$ C,检测波长 275 nm,进样量 10  $\mu$ L。

### 3 结果

135 批样品 CIE 色彩空间 Lab 值测量结果:L 值(黑\_白)最小值 19.65,最大值 41.41;a 值(绿\_红)最小值 5.85,最大值 15.79;b 值(蓝\_黄)最小值 3.46,最大值 10.54。含量测定结果:乙酰紫草素含量为 0.01%~3.39%, $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁含量为 0.00%~1.95%,去氧紫草素含量为 0.00%~0.23%,异丁酰紫草素含量为 0.01%~1.13%,异戊酰紫草素含量为 0.02%~2.88%, $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁含量为 0.01%~2.17%。

### 4 紫草药材色度值紫草素类成分含量间的相关系数计算

使用 SPSS 25.0 软件中的相关分析法,分别计算上述紫草样品中紫草素类成分的含量与其 b 值(蓝\_黄)、L 值(黑\_白)、a 值(绿\_红)之间的相关系数,结果见表 2、3。

表 2 紫草药材色度值与紫草素类成分含量间的肯德尔相关性计算表

Tab. 2 Kendall correlation calculation table between the chromaticity value of *Arnebiae Radix* and the contents of components

成分 (content)	L		a		b	
	r	显著性-双尾 [Sig. (2-tailed)]	r	显著性-双尾 Sig. (2-tailed)	r	显著性-双尾 Sig. (2-tailed)
乙酰紫草素(acetylshikonin)	-0.176**	0.003	0.036	0.541	-0.470**	0.000
$\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁( $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin)	-0.138*	0.019	0.240**	0.000	-0.065	0.270
去氧紫草素(deoxyshikonin)	-0.105	0.105	0.261**	0.000	-0.262**	0.000
异丁酰紫草素(isobutylshikonin)	-0.222**	0.000	0.121*	0.039	-0.303**	0.000
$\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁( $\beta, \beta'$ -dimethylacrylalkannin)	-0.057	0.330	0.239**	0.000	0.192**	0.001
异戊酰紫草素(isovalerylshikonin)	-0.103	0.077	0.251**	0.000	-0.205**	0.000

注(note): \*\*. 在 0.01 级别(双尾),相关性显著[at the 0.01 level (two tailed), the correlation is significant]; \*. 在 0.05 级别(双尾),相关性显著[at the 0.05 level (two tailed), the correlation is significant]

表3 紫草药材色度值与紫草素类成分含量间的斯皮尔曼相关性计算表

Tab. 3 Spearman correlation calculation table between the chromaticity value of *Arnebiae Radix* and the contents of components

成分 (content)	<i>L</i>		<i>a</i>		<i>b</i>	
	<i>r</i>	显著性-双尾 [Sig. (2-tailed)]	<i>r</i>	显著性-双尾 [Sig. (2-tailed)]	<i>r</i>	显著性-双尾 [Sig. (2-tailed)]
乙酰紫草素(acetylshikonin)	-0.198 *	0.021	0.079	0.365	-0.633 **	0.000
$\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁( $\beta$ -acetoxyisovalerylalkannin)	-0.205 *	0.017	0.355 **	0.000	-0.104	0.231
去氧紫草素(deoxyshikonin)	-0.115	0.183	0.340 **	0.000	-0.343 **	0.000
异丁酰紫草素(isobutylshikonin)	-0.298 **	0.000	0.176 *	0.041	-0.431 **	0.000
$\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁( $\beta, \beta'$ -dimethylacrylalkannin)	-0.064	0.463	0.347 **	0.000	0.290 **	0.001
异戊酰紫草素(isovalerylshikonin)	-0.130	0.132	0.340 **	0.000	-0.325 **	0.000

注(note): \*\*. 在0.01级别(双尾),相关性显著(at the 0.01 level (two tailed), the correlation is significant); \*. 在0.05级别(双尾),相关性显著[at the 0.05 level (two tailed), the correlation is significant]

## 5 讨论

从上述相关分析可见,紫草(新疆紫草)的 *L* (黑\_白)色度值与乙酰紫草素、 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁和异丁酰紫草素3个成分的含量呈显著负相关,斯皮尔曼相关系数在-0.138到-0.222之间;*a* (绿\_红)色度值与除乙酰紫草素之外的5个成分( $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁、异戊酰阿卡宁)均呈现显著的正相关,斯皮尔曼相关系数在0.176到0.355之间;*b* (蓝-黄)色度值与除 $\beta$ -乙酰氧基异戊酰阿卡宁之外的5个成分(乙酰紫草素、去氧紫草素、异丁酰紫草素、 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁、异戊酰阿卡宁)均呈现显著的相关性,其中,与 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁呈正相关,相关系数为0.290,与其余4个成分呈负相关,相关系数在-0.325到-0.633之间。

按照色彩混合原理,紫色为红色加蓝色的混合色,因此,与ChP描述新疆紫草“紫红色或紫褐色”“深紫色”等词汇接近的色度应为*L*值(黑\_白)低、*a*值(绿\_红)高和*b*值(蓝-黄)低的模式。6个紫草素类成分中, $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁与*a*值(绿\_红)呈显著的正相关,与*L*值(黑\_白)存在负相关,说明药典选择该成分作为紫草含量测定项的指标成分在颜色相关性上有一定合理性,与传统观点紫草“色紫者佳”有一致之处。但是, $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁与*L*值(黑\_白)的负相关关系不显著,且与*b*值(蓝-黄)呈显著的正相关,因

此,建议增加与*L*值(黑\_白)呈显著负相关且与*b*值(蓝-黄)呈显著负相关的成分,即乙酰紫草素和异丁酰紫草素作为含量测定项的指标,同时,考虑到只有异丁酰紫草素与*a*值(绿\_红)同时呈显著的正相关,因此,新增的最佳含量测定指标成分为异丁酰紫草素。

根据135批样品的含量计算异丁酰紫草素含量平均值为0.27%,同时,计算 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁不少于0.30%的115批样品,其异丁酰紫草素含量平均值为0.29%。综合考虑,建议紫草(新疆紫草)的含量测定项修订为 $\beta, \beta'$ -二甲基丙烯酰阿卡宁不得少于0.30%并且异丁酰紫草素不得少于0.29%。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国药典2020年版.一部[S]. 2020:355  
ChP 2020. Vol I [S]. 2020:355
- [2] 中华人民共和国药典1990年版.一部[S]. 1990:306  
ChP 1990. Vol I [S]. 1990:306
- [3] 中华人民共和国药典2005年版.一部[S]. 2005:238  
ChP 2005. Vol I [S]. 2005:238
- [4] 中华人民共和国药典1963年版.一部[S]. 1963:280  
ChP 1963. Vol I [S]. 1963:280
- [5] 中华人民共和国药典1977年版.一部[S]. 1977:587  
ChP 1977. Vol I [S]. 1977:587
- [6] 中华人民共和国药典1985年版.一部[S]. 1985:302  
ChP 1985. Vol I [S]. 1985:302
- [7] 中华人民共和国药典1995年版.一部[S]. 1995:303  
ChP 1995. Vol I [S]. 1995:303

- [ 8 ] 中华人民共和国药典 2000 年版. 一部[S]. 2000:280  
ChP 2000. Vol I [S]. 2000:303
- [ 9 ] 中华人民共和国药典 2010 年版. 一部[S]. 2010:320  
ChP 2010. Vol I [S]. 2010:320
- [10] 中华人民共和国药典 2015 年版. 一部[S]. 2015:340  
ChP 2015. Vol I [S]. 2015:340
- [11] 刘杰,徐佳,杨瑶璐,等. 基于色度分析原理的防风有效成分含量与颜色值相关性研究[J]. 现代中药研究与实践,2015,29(2):20  
LIU J, XU J, YANG YJ, *et al.* Study of the correlation between effective components content and color values of *Saposhnikovia Radix* based on chromatometry[J]. *Res Pract Chin Med*, 2015, 29(2):20
- [12] 李辰荃,倪琳,张诗华,等. 基于色差原理分析土茯苓断面颜色与成分之间的相关性[J]. 药物分析杂志,2023,43(3):422  
LI CQ, NI L, ZHANG SH, *et al.* Correlation between cross section color and composition in *Smilacis Glabrae Rhizoma* based on chromatic aberration theory[J]. *Chin J Pharm Anal*, 2023, 43(3):422
- [13] 李瑞琦,吴翠,徐靓,等. 附子色泽与化学成分含量的相关性研究[J]. 药物分析杂志,2019,39(7):1315  
LI RQ, WU C, XU L, *et al.* Correlation between color and contents of chemical constituents in *Aconiti Lateralis Radix Praeparata* [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2019, 39(7):1315
- [14] 沈晓君,史勇,赵红菲,等. 五味子果核的色泽与化学成分的相关性研究[J]. 中草药,2017,48(6):1216  
SHEN XJ, SHI Y, ZHAO HF, *et al.* Correlation between color and chemical constituents of fruits of *Schisandra chinensis* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2017, 48(6):1216
- [15] 李静,李耀磊,于健东,等. 一测多评法结合特征图谱的新疆紫草质量控制研究[J]. 药物分析杂志,2020,40(7):1209  
LI J, LI YL, YU JD, *et al.* Quality control of *Arnebiae Radix* based on characteristic chromatogram and QAMS [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2020, 40(7):1209
- [16] 马留纯,马生军,朱金芳,等. 新疆紫草的 HPLC 指纹图谱建立、化学模式识别分析及其含量测定[J]. 中国药房,2020,31(14):1732  
MA LC, MA SJ, ZHU JF, *et al.* HPLC fingerprint establishment, chemistry pattern recognition analysis and content determination of *Arnebia euchroma* [J]. *China Pharm*, 2020, 31(14):1732
- [17] 咎珂,郑凰雅,刘杰,等. HPLC 测定新疆紫草不同部位中 8 种羟基萘醌的含量[J]. 中国中药杂志,2017,42(13):2532  
ZAN K, ZHENG HY, LIU J, *et al.* Simultaneous determination of eight hydroxyl naphthoquinones in different parts of *Arnebia euchroma* by HPLC [J]. *China J Chin Mater Med*, 2017, 42(13):2532
- [18] 咎珂,苏蕊,滕爱君,等. 新疆紫草 HPLC 特征图谱和紫草类药材 6 种萘醌类成分含量测定[J]. 药物分析杂志,2016,36(9):1526  
ZAN K, SU R, TENG AJ, *et al.* HPLC specific chromatogram of *Arnebia euchroma* and determination of six naphthoquinones in *Boraginaceae* herbs [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2016, 36(9):1526

(本文于 2023 年 11 月 27 日收到)