

# HPSEC-ELSD法同时测定白及多糖的分子量和含量<sup>Δ</sup>

王川<sup>1\*</sup>, 张燕<sup>1</sup>, 李楠<sup>1</sup>, 李雅丽<sup>2</sup>, 刘江云<sup>1#</sup>, 蔡培烈<sup>1</sup>, 郝丽莉<sup>1</sup> (1. 苏州大学医学部药学院, 江苏苏州 215123; 2. 新疆医科大学第一附属医院VIP内科, 乌鲁木齐 830011)

中图分类号 R284.1; R917 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)09-1198-04  
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.09.11

**摘要** 目的: 建立同时测定白及多糖的分子量及其含量的方法。方法: 采用高效分子排阻色谱-蒸发光散射检测(HPSEC-ELSD)法。色谱柱为TSK-GEL G4000 PWXL, 流动相为纯水, 流速为0.6 mL/min, 柱温为30℃, 进样量为20 μL, 采用蒸发光散射检测器。采用建立的方法测定3批白及多糖的分子量及其含量。结果: 白及多糖的重均分子量测定线性范围为24.17~178.00 kD ( $R^2=0.9855$ ), BT07含量测定线性范围为0.5080~5.080 mg/mL ( $R^2=0.9984$ ), 检测限、定量限分别为0.1165、0.2740 mg/mL, 精密密度、稳定性、重复性试验的RSD均<2% ( $n=6$ 或 $n=7$ ); 白及多糖样品含量测定平均加样回收率为99.16%~100.20% (RSD=0.39%~0.64%,  $n=9$ )。3批样品的平均保留时间为14.28 min (RSD=4.35%,  $n=3$ ), 平均重均分子量为23.54 kD (RSD=3.78%,  $n=3$ ), 多分散系数( $D, M_w/M_n$ )范围为1.463~1.578, 样品平均含量为93.4% (RSD=4.22%,  $n=3$ )。结论: 建立的HPSEC-ELSD法操作简便、快速, 结果准确可靠, 可同时测定白及多糖的分子量和含量。

**关键词** 白及; 多糖; 高效分子排阻色谱-蒸发光散射检测法; 分子量; 含量

## Determination of Molecular Weight and Content of *Bletilla striata* Polysaccharide by HPSEC-ELSD

WANG Chuan<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1</sup>, LI Yali<sup>2</sup>, LIU Jiangyun<sup>1</sup>, CAI Peilie<sup>1</sup>, HAO Lili<sup>1</sup> (1. College of Pharmaceutical Sciences, Medical Section, Soochow University, Jiangsu Suzhou 215123, China; 2. VIP Dept. of Internal Medicine, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To set up a method for determination of molecular weight and content of polysaccharide in *Bletilla striata*. METHODS: HPSEC-ELSD method was adopted. The determination was performed on TSK-GEL G4000 PWXL column with mobile phase consisted of pure water at the flow rate of 0.6 mL/min. The column temperature was 30℃, and sample size was 20 μL. Evaporative light scattering detector was used. The molecular weight and content of polysaccharide in 3 batches of *B. striata* were established. RESULTS: The linear range of weight average molecular weight of *B. striata* polysaccharide were 24.17-178.00 kD ( $R^2=0.9855$ ). The linear range of BT07 content determination were 0.5080-5.080 mg/mL ( $R^2=0.9984$ ). The limits of detection and quantitation were 0.1165 and 0.2740 mg/mL. RSDs of precision, stability and reproducibility tests were all lower than 2% ( $n=6$  or  $n=7$ ). Average recoveries rate were 99.16%-100.20% (RSD=0.39%-0.64%,  $n=9$ ). Average retention time of 3 batches of samples was 14.28 min (RSD=4.35%,  $n=3$ ), and weight average molecular weight was 23.54 kD (RSD=3.78%,  $n=3$ ). Polydispersity coefficient  $D, M_w/M_n$  ranged 1.463-1.578. Average content of sample was 93.4% (RSD=4.22%,  $n=3$ ). CONCLUSIONS: HPSEC-ELSD method is simple, rapid, accurate and reliable, which can be used for simultaneous determination of *B. striata* polysaccharide.

**KEYWORDS** *Bletilla striata*; Polysaccharide; HPSEC-ELSD; Molecular weight; Content

多糖是自然界生物中广泛分布、用途广泛的一类高分子聚合物, 同时也是灵芝、铁皮石斛、黄精、枸杞子等众多常用中药的有效成分之一<sup>[1]</sup>。由于多糖的结构复杂而且存在微观不均一性, 其分子量及其分布主要采用高效分子排阻色谱(HPSEC)法测定<sup>[2]</sup>。由于糖类分子结构中缺乏发色团, 常规采用间接方法例如多糖经完全酸水解、衍生化反应后再选用比色法、气相法、液相法等对其单糖组成和含量进行测定。中药白及 [*Bletilla striata*

(Thunb.) Reichb. f.] 药用部位为其块茎, 具有收敛止血、补肺、消肿生肌之功效, 用于咯血、吐血、外伤出血、皮肤皴裂等病症。白及中含有多种特征性的非类衍生物、有机酚酸等复杂成分和多糖, 其中白及多糖是其有效成分之一<sup>[3-4]</sup>。白及多糖的含量测定常规选用比色法, 但该法测定的是总糖含量, 不能区别单糖和多糖纯度<sup>[5-6]</sup>。本课题组曾选用示差检测器, 采用HPSEC法可以直接同时测定白及多糖分子量及其含量<sup>[7]</sup>, 但该检测器灵敏度相对较低, 检测时容易受到流动相组成、柱温、样品中其他杂质等干扰。为此, 本文参考相关文献<sup>[8-12]</sup>, 采用HPSEC联用蒸发光散射检测器(ELSD)法进一步优化测定白及多糖的分子量及其含量的方法, 为其质量控制方

Δ 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No.U1603124)

\* 硕士研究生。研究方向: 天然产物活性成分分析。电话: 0512-65884301。E-mail: 736635627@qq.com

# 通信作者: 副教授, 博士。研究方向: 天然产物化学研究与开发。电话: 0512-65884301。E-mail: liujiangyun@suda.edu.cn

法提供参考。

## 1 材料

### 1.1 仪器

LC-20A 高效液相色谱仪(日本岛津公司); 2000 ELSD(美国奥泰公司); EC2000 GPC 软件(大连依利特分析仪器有限公司); XWK-3A 空气泵(天津市华生分析仪器厂); ME215S 电子天平(德国 Starorious 公司); MP2002 电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司)。

### 1.2 药品与试剂

已知分子量的白及多糖 BT01~BT07 7 个对照品(本实验室自制,纯度:均>95%),其分子量参数重均分子量( $M_w$ )、数均分子量( $M_n$ )、多分散系数( $D, M_w/M_n$ )采用多角激光光散射法测定(表 1)<sup>[7,13]</sup>;葡聚糖 T-2000(批号:17-0330-01,纯度:95.4%)购自北京拜尔迪生物公司。无水葡萄糖(批号:20130111,分析纯,纯度:98.2%)购自上海国药集团化学试剂有限公司;水为纯水;白及根茎(批号:BS171001)购自云南普洱市玉林林业开发有限公司。白及多糖试制样品 BP-1~BP-3(批号:BP171001、BP171101、BP171102),由本实验室自制<sup>[13]</sup>。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱:TSK- GEL G4000 PWXL(300 mm×7.8 mm, 10 μm);流动相:纯水;流速:0.6 mL/min;柱温:30℃;进样量:20 μL;ELSD 检测器。

### 2.2 溶液的制备

2.2.1 对照品溶液 精密称取白及多糖对照品 BT01~BT07、葡聚糖 T-2000、葡萄糖各 10 mg,置于 10 mL 量瓶中,用水加热溶解,定容,即得。精密称取 BT07 对照品 101.61 mg,置于 20 mL 量瓶中,用适量水加热溶解,定容,即得 BT07 贮备液(5.080 mg/mL)。

2.2.2 供试样品 取白及药材(100 g)于沸水中回流提取 1.5 h(1 L×2),加入两倍无水乙醇使沉淀,抽滤,干燥,得白及多糖提取物(15.6 g)。取所得白及多糖(2.0 g)溶于 96 mL 水中,加入 4 mL 0.10 mol/L 盐酸,于 90℃水浴恒温酸水解 3.5 h,用 1 mol/L 氢氧化钠调 pH 至 6~7,过滤,滤液加入 200 mL 无水乙醇使沉淀,抽滤,60℃干燥,得白及多糖试样 BP-1(1.24 g)。同法制备获得试样 BP-2 和 BP-3。

2.2.3 供试品溶液 精密称取试样 BP-1~BP-3 各约 20 mg,置于 10 mL 量瓶中,分别加入适量水加热溶解,定容,即得。

### 2.3 系统适用性试验

根据分子排阻色谱的要求,测定样品的保留时间应在最大分子量和最小分子量对照品之间;应选择与测定样品结构和分子量最相近的对照品<sup>[2]</sup>。在此色谱条件下,测定葡聚糖 T-2000、葡萄糖的保留时间( $t_R$ )分别为 8.38、17.54 min,葡萄糖理论板数为 5 685。系列白及多

糖对照品  $t_R$  值均在该范围内,方法可行。代表性对照品 BT07 与样品 BP-1 的色谱图见图 1。

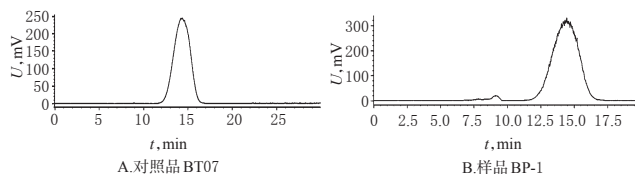


图 1 高效分子排阻色谱图

Fig 1 HPSEC chromatograms

### 2.4 线性关系考察

2.4.1 分子量线性关系的建立 吸取“2.2.1”项下 BT01~BT07 对照品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样,记录色谱峰  $t_R$ ,结果见表 1。以  $t_R$  为横坐标,对照品  $M_w$  的对数值( $\lg M_w$ )为纵坐标,计算回归方程为  $\lg M_w = -0.224 4 t_R + 4.574 9 (R^2 = 0.985 5)$ 。结果表明,在该色谱条件下白及多糖分子量线性关系良好( $M_w$  24.17~178.0 kD)。

表 1 白及多糖对照品分子量参数及保留时间

Tab 1 Molecular weight parameters and retention time of *B. striata* polysaccharide control

对照品	BT01	BT02	BT03	BT04	BT05	BT06	BT07
$M_w$ , kD	178.00	113.90	110.20	69.90	56.05	41.29	24.17
$M_n$ , kD	142.10	92.45	80.50	48.54	38.47	27.61	19.13
$D, M_w/M_n$	1.252	1.232	1.369	1.440	1.457	1.496	1.263
$t_R$ , min	10.55	11.08	11.35	12.21	12.33	13.18	14.34

2.4.2 BT07 含量线性关系 精密量取 BT07 贮备液(5.080 mg/mL)0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 mL,分别置于 5 mL 量瓶中,用水稀释至刻度,按“2.1”项下色谱条件分别进样,记录色谱峰面积  $A$ 。以质量浓度的对数值为横坐标( $x$ ),以峰面积  $A$  的对数值为纵坐标( $y$ )进行线性回归,获得两者之间的线性回归方程为  $y = 1.492 4x + 0.748 2 (R^2 = 0.998 4)$ 。结果表明,BT07 在该色谱条件下含量与峰面积线性关系良好,线性范围为 0.508 0~5.080 mg/mL。

### 2.5 检测限与定量限考察

取“2.4.2”项下 BT07 对照品溶液(1.016、2.032、3.048、4.064 mg/mL)各 0.5 mL,分别置于 5 mL 量瓶中,用水稀释至刻度,制得一系列质量浓度 BT07 溶液,按“2.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱峰峰高  $H$ 。当信噪比为 3:1 时,得检测限质量浓度为 0.116 5 mg/mL;当信噪比为 10:1 时,得定量限质量浓度为 0.274 0 mg/mL。

### 2.6 精密度试验

取“2.2.1”项下 BT07 对照品溶液适量,按“2.1”项下色谱条件重复进样 6 次,记录色谱峰  $t_R$  和峰面积  $A$ 。计算得到 BT07 平均  $t_R$  为 14.28 min( $RSD = 0.54\%$ ,  $n = 6$ ),平均  $A$  为  $1.314 \times 10^7$  ( $RSD = 1.67\%$ ,  $n = 6$ )。结果表明,该法精密度良好。

### 2.7 稳定性试验

取 BP-1 供试品溶液,分别于室温放置 0、2、4、6、8、

10、12 h时,按“2.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱峰 $t_R$ 、峰面积 $A$ 。计算得到BP-1平均 $t_R$ 为14.25 min(RSD=0.94%, $n=7$ ),平均 $A$ 为 $1.345 \times 10^7$ (RSD=1.69%, $n=7$ )。结果表明,该法12 h内稳定性良好。

## 2.8 重复性试验

取BP-1供试品,共6份,按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录色谱峰 $t_R$ 、峰面积 $A$ 。计算得到BP-1平均 $t_R$ 为14.22 min(RSD=0.83%, $n=6$ ),平均 $A$ 值为 $1.392 \times 10^7$ (RSD=1.41%, $n=6$ )。结果表明,该法重复性良好。

## 2.9 加样回收率试验

分别精密称取10 mg BP-1供试品9份,加入到5 mL量瓶中,再精密加入配制好的BT07对照品溶液(10.05 mg/mL)0.5、1.0、1.5 mL各3份,加入适量水加热溶解,定容。按“2.1”项下色谱条件进样分析,并计算加样回收率。结果表明,低、中、高3种加入量的回收率分别为99.16%、100.20%、99.91%,RSD分别为0.64%、0.64%、0.39%( $n=3$ ),见表2。

表2 加样回收率试验结果( $n=9$ )

Tab 2 Results of recovery tests( $n=9$ )

BP-1称样量, mg	样品含量, mg	BT07加入量, mg	测得量, mg	加样回收率, %	平均加样回收率, %	RSD, %
10.15	9.81	5.026	14.81	99.44	99.16	0.64
10.08	9.74	5.026	14.75	99.60		
10.12	9.78	5.026	14.73	98.43		
10.09	9.75	10.05	19.76	99.60	100.20	0.64
10.03	9.69	10.05	19.83	100.88		
10.13	9.79	10.05	19.85	100.11		
10.14	9.80	15.08	24.89	100.08	99.91	0.39
10.06	9.72	15.08	24.83	100.19		
10.07	9.73	15.08	24.73	99.47		

## 2.10 样品测定

取BP-1~BP-3共3批次样品,按“2.2.3”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录色谱峰保留时间 $t_R$ 、峰面积 $A$ ,计算各批次样品的 $M_w$ 和含量。结果,BP-1~BP-3样品的平均 $t_R$ 为14.28 min(RSD=4.35%, $n=3$ ),平均 $M_w$ 为23.54 kD(RSD=3.78%, $n=3$ ),D值范围1.463~1.578,样品平均含量为93.4%(RSD=4.22%, $n=3$ )。表明所建立的分析方法适用于该样品分子量和含量分析。

## 3 讨论

ELSD是一种通用性质量分析检测器,具有稳定性好、特异性强、灵敏度高等优点,流动相可以进行梯度洗脱,尤其适用于复杂多组分的分析<sup>[14-16]</sup>。近年来,HPSEC色谱在麦冬、甘草等植物多糖的定性定量分析中也获得成功应用<sup>[8-12]</sup>。本文研究结果表明,该法可直接测定白及多糖分子量及其含量,同时不同分子量规格的多糖也可获得有效分离,方法简便、快捷,准确度高,适用于白及多糖的分析。

对缺乏紫外特征吸收的糖和苷类等成分分析,常规可选用示差检测器和ELSD等质量型检测器。传统糖类检测中使用的示差检测器容易受环境温度、流动相组成、柱温、样品中其他杂质等干扰。故本试验中,采用ELSD法对白及多糖进行检测,检测限为0.116 5 mg/mL,比前期所用的示差检测器检测限(1.133 mg/mL)<sup>[5]</sup>约高10倍,表明本法灵敏度较高,在应用于生物样品分析中具有一定优势。此外,HPSEC分析方法中所用色谱柱的适用分子量测定范围、样品浓度、流动相选择等影响因素也很重要,应在方法学研究中进行考察和优化。

综上,本研究建立的方法操作简便、快速,结果准确可靠,可同时测定白及多糖的分子量和含量。

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S]. 2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:188-189、249、282-283、306-307.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:四部[S]. 2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:62-63.
- [3] 王大群,赵仁全,刘海,等.白及的成分、药理作用和临床应用研究进展[J].中国药业,2017,26(2):93-96.
- [4] HE X, WANG X, FANG J, et al. Bletilla striata: medicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities[J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 195(1):20-38.
- [5] 陶平德,常明泉,李德福,等.蒽酮-硫酸法测定复方白及乳膏中白及多糖的含量[J].儿科药理学杂志,2012,18(9):40-43.
- [6] 刘福强,王艳萍,韩丹,等.白及多糖的提取及其相对分子质量测定和结构研究[J].中成药,2013,35(10):2291-2293.
- [7] 李楠,李卓,张燕,等.高效分子排阻色谱法同时测定白及多糖分子量和含量[J].药物分析杂志,2012,32(10):1801-1803.
- [8] KAZŁOWSKI B, KAZŁOWSKA K, PAN CL, et al. Evaluation of HPSEC-ELSD method for precise measurement of  $\beta$ -agarase activity [J]. *Biomed Chromatogr*, 2011, 25(5):570-578.
- [9] 罗立梅,陈朝银,李时琪,等.高效液相色谱-蒸发光散射法测定皂荚壳多糖的单糖组分及其含量[J].理化检验:化学分册,2013,49(3):270-273.
- [10] 胡坪,乔晚芳,王楠,等.麦冬多糖相对分子质量测定方法的研究[J].中成药,2013,35(12):2684-2689.
- [11] 赵颖,宋新波,张丽娟,等.高效凝胶色谱法测定甘草多糖分子量及其分子量分布[J].天津中医药,2015,32(1):46-48.
- [12] PATEL SG, BUMMER PM. Development of a robust method for simultaneous quantification of polymer (HPMC) and surfactant (dodecyl  $\beta$ -D-maltoside) in nanosuspensions[J]. *AAPS PharmSciTech*, 2016, 17(5):1182-1191.
- [13] 张燕,米银花,殷殷,等.白及多糖Mark-Houwink方程的建立[J].苏州大学学报(自然科学版),2010,26(4):80-83.

# 新仙灵骨葆胶囊对大鼠骨折愈合的影响研究<sup>△</sup>

刘明<sup>1\*</sup>, 刘杨<sup>1</sup>, 张永萍<sup>2#</sup>, 徐剑<sup>2</sup>, 孙宜春<sup>3</sup>, 白志文<sup>3</sup>[1. 贵阳中医学院基础医学院, 贵阳 550025; 2. 贵阳中医学院药学院, 贵阳 550025; 3. 国药集团同济堂(贵州)制药有限公司, 贵阳 550009]

中图分类号 R285.5 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)09-1201-04  
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.09.12

**摘要** 目的: 研究新仙灵骨葆胶囊对大鼠骨折愈合的影响, 为寻求“减量增效(减量等效)”新组方提供参考。方法: 将大鼠随机分为假手术组(蒸馏水)、模型组(蒸馏水)、仙灵骨葆胶囊组(350 mg/kg)和新仙灵骨葆胶囊低、中、高剂量组(53、105、210 mg/kg), 每组14只。除假手术组外, 其余各组大鼠均在麻醉状态下制作右侧股骨中段骨折模型。待大鼠术后清醒, 各组大鼠灌胃相应药物10 mL/kg, 每天给药1次, 连续4周。末次给药后, 测定大鼠体质量, 观察骨折处骨痂形成及组织病理学变化, 进行骨折侧生物力学(骨折应力、骨压碎力)测量, 并采用酶联免疫吸附法检测血清中炎症因子[肿瘤坏死因子 $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )、白细胞介素1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )]水平。结果: 与假手术组比较, 模型组大鼠体质量和骨折侧骨折应力、骨压碎力明显降低( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ), 血清中TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 水平明显升高( $P < 0.01$ ); 模型组大鼠骨折周围可见明显骨痂形成, 骨小梁不成熟, 排列混乱。与模型组比较, 新仙灵骨葆胶囊高剂量组和仙灵骨葆胶囊组大鼠体质量明显增加( $P < 0.05$ ), 新仙灵骨葆胶囊中、高剂量组和仙灵骨葆胶囊组大鼠骨折侧骨折应力明显升高( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ), 各给药组大鼠血清中TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 水平均明显降低( $P < 0.01$ ); 且新仙灵骨葆胶囊各剂量组与仙灵骨葆胶囊组比较上述指标差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。各给药组大鼠骨痂面积均变小, 骨折线变模糊, 骨折痕迹基本消失, 骨小梁数量增多; 骨折处皮质层增厚, 骨髓腔见大量毛细血管植入。结论: 新仙灵骨葆胶囊具有明显的促进骨折愈合作用, 可有效提高骨生物力学强度, 抑制炎症反应。

**关键词** 新仙灵骨葆胶囊; 大鼠; 骨折; 骨生物力学; 炎症因子

## Study on the Effects of New Xianling Gubao Capsule on Fracture Healing in Rats

LIU Ming<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>, ZHANG Yongping<sup>2</sup>, XU Jian<sup>2</sup>, SUN Yichun<sup>3</sup>, BAI Zhiwen<sup>3</sup> (1. Basic Medical School, Guiyang College of TCM, Guiyang 550025, China; 2. School of Pharmacy, Guiyang College of TCM, Guiyang 550025, China; 3. Sinopharm Group Tongjitang (Guizhou) Pharmaceutical Co., Ltd., Guiyang 550009, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To study the effects of new Xianling gubao capsule on fracture healing in rats, and to provide reference for seeking new formula of “to reduce stockpiles and increase efficiency (to reduce stockpiles and constant efficiency)”. METHODS: Rats were randomly divided into sham operation group (distilled water), model group (distilled water), Xianling gubao capsule group (350 mg/kg), new Xianling gubao capsule low-dose, medium-dose and high-dose groups (53, 105, 210 mg/kg), with 14 rats in each group. Except for sham operation group, right middle femur fracture model was established under the anesthetic state. Rats were given relevant medicine 10 mL/kg intragastrically after woken, once a day, for consecutive 4 weeks. After last administration, body weights of rats were determined; the formation of callus and histopathological changes in fracture were observed; biomechanics of fracture side (fracture stress and bone crushing force) was measured. The levels of inflammatory factors (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ ) in serum were detected by ELISA. RESULTS: Compared with sham operation group, body weight, fracture stress and bone crushing force of fracture side were decreased significantly ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), while the serum levels of TNF- $\alpha$  and IL-1 $\beta$  were increased significantly ( $P < 0.01$ ). In model group, the scab was visible around the fracture, and the trabecular bone was not mature and arranged in confusion. Compared with model group, body weights of rats were increased significantly in new Xianling gubao capsule high-dose group and Xianling gubao capsule group ( $P < 0.05$ ); fracture stress of

[14] 朱晓璐, 林昀, 李霞. 蒸发光散射-HPLC法测定硫酸妥布

△ 基金项目: 国家科技重大专项项目(No. 2011ZX09201-201-05); 贵州省协同创新中心建设项目(No. 黔教合协同创新字[2013]02号); 贵州省普通高等学校工程研究中心建设项目(No. 黔教合KY字[2014]22号)

\* 副教授, 硕士生导师。研究方向: 中药、民族药防治心脑血管疾病药理研究。E-mail: 393617518@qq.com

# 通信作者: 教授, 硕士生导师。研究方向: 药物新制剂与新剂型的开发。E-mail: 642055255@qq.com

霉素注射液中的有关物质[J]. 中国药房, 2012, 23(16): 1527-1528.

[15] 马涵涛, 沈新伦, 杜雄军. HPLC-ELSD法测定补气口服液中黄芪甲苷的含量[J]. 中国药房, 2012, 23(36): 3444-3445.

[16] 魏晓雨, 姜国栋, 陈泓, 等. 贞芪扶正颗粒的HPLC指纹图谱研究[J]. 中国药房, 2017, 28(33): 4691-4694.

(收稿日期: 2018-02-06 修回日期: 2018-03-15)  
(编辑: 余庆华)