

HPLC 法测定玉屏风颗粒中黄芪甲苷及甘露醇的含量

谷 华 丁孝良 孙宝军

(郑州大学附属郑州中心医院, 郑州, 450006)

摘要 目的:采用高效液相-蒸发光散射检测(HPLC-ELSD)玉屏风散颗粒中黄芪甲苷和甘露醇的含量,为玉屏风散的质量控制提供实验基础。方法:采用色谱柱出自 Waters 公司,型号为 XBridge-Amide,规格:4.6 mm×150 mm,色谱柱填料颗粒直径 3.5 μm;流动相:乙腈(A)-水溶液(B,其中含少量甲醇),流速 1 mL/min;梯度洗脱流程见表 1;柱温 30℃;蒸发光检测器:以氮气为载气,流速 202.7 kPa,漂移管温度 110℃,撞击器为“on”。常规对高效液相色谱仪进行方法学的严谨考察,包括专属性试验、精密度试验、稳定性试验、重复性试验、线性回归试验和加样回收试验。在高效液相色谱仪方法学严谨的前提下,对玉屏风散颗粒进行样品分析研究,并测定其中黄芪甲苷和甘露醇的含量。结果:1)专属性试验结果显示:阴性对照品溶液 1 在与甘露醇对照品溶液和玉屏风散供试品溶液色谱图相同时间处未见相同色谱峰;阴性对照品 2 在与黄芪甲苷对照品溶液和供试品溶液色谱图相同时间处未见相同色谱峰。提示甘露醇和黄芪甲苷均具有良好的专属性。2)线性回归结果显示:黄芪甲苷的线性范围为 1.1~5.1 mg,其回归方程为:Y=0.732X-4.136(r=0.9997);同黄芪甲苷线性回归方法得,甘露醇在 1.967~19.674 μg 范围内具有良好的线性关系,得到甘露醇回归方程为 Y=1.587X+4.983(r=0.9996)。3)精密度试验结果显示,黄芪甲苷 RSD=0.58%,甘露醇 RSD=0.36%表明高效液相仪器精密度良好。4)本研究稳定性结果显示黄芪甲苷峰面积的 RSD=0.84%,甘露醇峰面积的 RSD=0.70%,符合色谱峰相对峰面积的 RSD<3%则说明稳定性良好,提示玉屏风散供试品溶液 24 h 内稳定性良好。5)本研究结果显示色谱峰相对峰面积 RSD 平均值 1.76%,各色谱峰相对峰面积的 RSD<3%表示重复性良好,提示玉屏风散供试品溶液的重复性良好。6)结果显示黄芪甲苷对照品溶液、甘露醇对照品溶液平均回收率分别为 100.608%、103.487%,RSD 分别为 0.93%、0.47%,提示高相液相检测方法所测加样回收率结果可靠。7)3 个不同批次的玉屏风散中黄芪甲苷成分和甘露醇成分的含量未见明显差异,黄芪甲苷和甘露醇含量平均值分别为 0.961 mg/g 和 0.099 mg/g。结论:高效液相-蒸发光散射检测方法操作简便准确,重复性和稳定性均良好,可作为测定玉屏风散颗粒中黄芪甲苷和甘露醇含量的测定方法。

关键词 高效液相;蒸发光散射检测;玉屏风散;黄芪甲苷;甘露醇;含量测定;专属性;重复性

Determination of Contents of Astragaloside and Mannitol in Yupingfeng Granules by HPLC

Gu Hua, Ding Xiaoliang, Sun Baojun

(Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450006, China)

Abstract Objective: To determine the contents of astragaloside A and mannitol in Yupingfeng powder granules by high performance liquid chromatography-Evaporative Light Scattering (HPLC-ELSD), and to provide experimental basis for the quality control of Yupingfeng Powder. **Methods:** The chromatographic column of XBridge-Amide was produced by Waters Company with specifications of 4.6 mm×150 mm and packing particle diameter of 3.5 μm. The mobile phase was acetonitrile (A)-aqueous solution (B, containing a small amount of methanol) with flow rate of 1 mL/min. The gradient elution process was shown in Table 1. Column temperature was 30℃. The evaporative light detector was based on nitrogen. The carrier gas flow rate is 202.7 kPa, the drift tube temperature was 110 degrees, and the impactor was “on”. Routine rigorous methodological investigation of high performance liquid chromatography (HPLC) instrument included specificity test, precision test, stability test, repeatability test, linear regression test and sample addition recovery test. On the premise of rigorous methodology of high performance liquid chromatography, Yupingfeng Powder granules were analyzed, and the contents of astragaloside A and mannitol were determined. **Results:** 1) Specific test results showed that the negative reference solution 1 did not have the same chromatographic peak at the same time as mannitol reference solution and Yuping Powder sample solution chromatogram; the negative reference solution 2 did not have the same chromatographic peak at the same time as astragaloside reference solution and sample solution chromatogram. It was suggested that mannitol and astragaloside had good specificity. 2) The linear regression results showed that the linear range of astragaloside A was 1.1-5.1 mg, and the regression equation was Y=0.732X-4.136 (r=0.9997). The linear regression method with astragaloside A showed that mannitol had a good linear relationship in the range of 1.967~19.674 μg, and the regression equation of mannitol was Y=1.587X+4.983 (r=0.9996). 3) The precision test results showed that astragaloside RSD=0.58%, mannitol RSD=0.36%,

基金项目:河南省医药卫生重点科研课题研究项目(2015-183)

作者简介:谷华(1972.01—),女,本科,副主任药师,研究方向:中药药理学,E-mail:guhual@sohu.com

indicating that the precision of high performance liquid chromatography instrument was good. 4) The results of this study showed that the RSD of baicalin peak area was 0.84%, and that of mannitol peak area was 0.70%. The RSD < 3% which accorded with the relative peak area of chromatographic peak indicated that the stability of Yupingfeng Powder solution was good within 24 h. 5) The results showed that the average RSD of relative peak area was 1.76%. RSD < 3% of relative peak area indicated good repeatability, suggesting that the solution of Yupingfeng Powder had good repeatability. 6) The results showed that the average recoveries of astragaloside A reference solution and mannitol reference solution were 100.608% and 103.487% respectively, and RSD were 0.93% and 0.47% respectively, suggesting that the recoveries of samples determined by high-phase liquid chromatography were reliable. 7) There was no significant difference in the contents of astragaloside IV and mannitol in 3 batches of Yupingfeng powder. The average contents of astragaloside IV and mannitol were 0.961 mg/g and 0.099 mg/g, respectively. **Conclusion:** The method is simple, accurate, reproducible and stable. It can be used for the determination of astragaloside A and mannitol in Yupingfeng Powder Granules.

Key Words High performance liquid chromatography; Evaporative light scattering detection; Yupingfeng powder; Astragaloside IV; Mannitol; Content determination; Specificity; Repeatability

中图分类号: R284.1 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1673-7202.2019.04.010

玉屏风散是中医学中的经典名方,具有益气固表的作用,在临床上常用于表虚自汗者。全方最早见于《世医得效方》,又有一说始见于《丹溪心法》全方由黄芪、白术、防风等3味中药所组成,用药精简,疗效显著^[1]。历代医家对其药物的组成和功效均进行了大量的研究,现代药理学表明^[2-4],在玉屏风散中提取主要具有抗病毒及增强免疫力功效的有效苷类活性成分。同时在对玉屏风散复方中单味药材进行 HPLC 指纹图谱研究中表明^[5-6],玉屏风散复方中的君药黄芪的主要活性成分为黄芪甲苷。防风则为玉屏风散复方的主要配伍药物之一,对全方的药性有着重大的意义,古语有云:“黄芪得防风,则固表不留邪,防风得黄芪,则祛邪不伤正”,防风中的有效药物成分包含挥发油、β-谷甾醇、以及甘露醇等,通常对黄芪甲苷及甘露醇等成分^[7],通常运用 HPLC 对复方中的药物成分含量测定方法有 HPLC-ELSD (高效液相-蒸发光散射检测)^[8]、比色法^[9]、薄层扫描法^[10],紫外可见吸收法 (UV)^[11]等,本研究选择采用 HPLC-ELSD 法对中的黄芪甲苷及甘露醇含量进行测定,以期从多个成分分析的角度,对玉屏风散复方的相关可靠结果和良好重复性,有助于玉屏风散的质量评价。

1 仪器与试药

1.1 仪器 高效液相色谱仪 (型号: Prominence LC-20A, 产地: 日本岛津), 系统控制器 (型号: 系统控制器 Prominence CBM-20Alite, 产地: 日本岛津), 梯度系统 (型号: LC-20AT, 规格: 高压 GE, 产地: 日本岛津); 型蒸发光散射检测器 (ELSD, 型号: SEDEX-55, 产地: 法国); 购买于北京盛博协同科技有限责任公司 的电子分析天平 (型号: SB-C1003); 购买于深圳

市洁盟清洗设备有限公司 超声波清洗器 (型号: JP-100plus); 购买于法国 MILIPORE 公司的超纯水系统 (型号: Mili-RO Plus 型)。

1.2 试药 对照品: 黄芪甲苷 (纯度为 99% 以上, 批号: 110781-200608), 甘露醇 (纯度为 99% 以上, 批号: 100533-201002), 购自中国药品生物制品检定所。于上海星可生化有限公司购买的色谱纯乙腈 (批号: 20110012), 于美国 Fisher 公司购买甲醇 (批号: 101437)。

1.3 分析样品 玉屏风散 (云南白药集团股份有限公司, 国药准字 Z53021556), 批次号分别为: 1080429、1080507、1080613。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 采用色谱柱出自 Waters 公司, 型号为 XBridge-Amide, 规格: 4.6 mm × 150 mm, 色谱柱填料颗粒直径 3.5 μm; 流动相: 乙腈 (A)-水溶液 (B, 其中含少量甲醇), 流速 1 mL/min; 梯度洗脱流程见表 1; 柱温 30 ℃; 蒸发光检测器: 以氮气为载气, 流速 202.7 kPa, 漂移管温度 110 ℃, 撞击器为“on”。

表 1 梯度洗脱程序 (190 nm)

时间 (min)	流动相 A (%)	流动相 B (%)
0 ~ 10	15→20	85→80
10 ~ 15	20→30	80→70
15 ~ 25	30→35	70→65
25 ~ 35	35→60	65→40
35 ~ 50	60→75	40→25
50 ~ 55	75→80	25→20
55 ~ 60	80→90	20→10

2.2 对照品溶液配制 精密称取适量黄芪甲苷对照品置于 10 mL 量瓶中, 加甲醇溶解并定容, 制成 1.563 mg/mL 的黄芪甲苷对照品溶液。精密称取适

量甘露醇对照品,加水制成 0.3 mg/mL 的溶液,作为甘露醇对照品溶液。取适量黄芪甲苷对照品溶液和甘露醇对照品溶液,充分混合均匀,即得混合对照品溶液。

2.3 供试品溶液配制 取 2.5 g 玉屏风散样品粉末精密称定后,采用 3 号筛过筛后,置具塞锥形瓶中,精密加入甲醇 25 mL,塞上软木塞密封后,称定重量,超声处理 30 min,超声时设置参数为 250 W 和 40 kHz;打开软木塞放至室温进行充分冷却后,塞上软木塞再称定重量,用甲醇补足减失的重量,摇匀,滤过,采用 3 000 r/min 进行高速离心 3 min,并用 0.45 μm 的微孔滤膜,即得玉屏风散供试品溶液。阴性对照品溶液 1,玉屏风散去防风后同供试品溶液提取方法即得;阴性对照品溶液 2,玉屏风散去黄芪后同供试品溶液提取方法即得。

2.4 专属性试验 取 10 μL 甘露醇对照品溶液、黄芪甲苷对照品溶液、玉屏风散供试品溶液和各自对应的阴性对照品溶液,根据 2.1 的色谱条件进行专属性试验,结果显示阴性对照品溶液 1 在与甘露醇对照品溶液和玉屏分散供试品溶液色谱图相同时间处未见相同色谱峰;阴性对照品 2 在与黄芪甲苷对照品溶液和供试品溶液色谱图相同时间处未见相同色谱峰。提示甘露醇和黄芪甲苷均具有良好的专属性。见图 1。

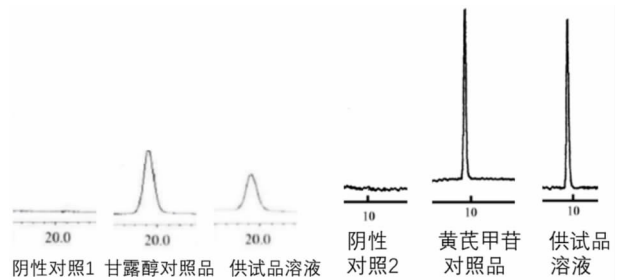


图 1 样品与属性验证

2.5 线性关系考察 精密吸取甘露醇对照品溶液和黄芪甲苷对照品溶液,分别精密吸取上述对照品溶液 5.0,10.0,15.0,20.0,25.0 μL,注入液相色谱仪中,按上述色谱条件测定峰面积,以峰面积的自然对数(lg Y)为纵坐标,以浓度的自然对数(lg X)为横坐标,线性回归,结果显示:黄芪甲苷的线性范围为 1.1 ~ 5.1 mg,其回归方程为:Y = 0.732X - 4.136 (r = 0.999 7);同黄芪甲苷线性回归方法得,甘露醇在 1.967 ~ 19.674 μg 范围内具有良好的线性关系,得到甘露醇回归方程为 Y = 1.587X + 4.983 (r = 0.999 6)。

2.6 精密度试验 精密吸取同一对照品溶液,在一

组相同的测量程序、相同测试地点和相同的色谱条件等情况下,单次进样量为 10 μL,连续进样 6 次,计算黄芪甲苷和甘露醇的峰面积相对标准偏差(Relative Standard Deviation, RSD)值,并取 6 次 RSD 的平均值记为结果。结果显示,黄芪甲苷 RSD = 0.58%,甘露醇 RSD = 0.36% 表明高效液相仪器精密度良好。

2.7 稳定性试验 由于固定相的有限稳定性,为确保每一次研究之间的结果误差最小,取同一批号(1080429)玉屏风散供试品溶液进行稳定性试验,分别将同一批号的玉屏风散供试品溶液室温放置 0、4、8、12、24 h 后进行 HPLC 检测,本研究稳定性结果显示黄芪甲苷峰面积的 RSD = 0.84%,甘露醇峰面积的 RSD = 0.70%,符合色谱峰相对峰面积的 RSD < 3% 则说明稳定性良好,提示玉屏风散供试品溶液 24 h 内稳定性良好。见表 2、表 3。

表 2 黄芪甲苷稳定性相似度评价结果

指标	稳定性 1	稳定性 2	稳定性 3	稳定性 4	稳定性 5	平均值	RSD (%)
稳定性 1	1.000	0.997	0.998	0.999	0.997	0.998	0.79
稳定性 2	0.997	1.000	0.996	0.997	0.998	0.998	0.81
稳定性 3	0.997	0.999	1.000	1.000	0.999	0.999	0.83
稳定性 4	0.999	0.999	0.996	0.999	1.000	0.999	0.91
稳定性 5	0.997	0.994	1.000	1.000	0.997	0.998	0.87

表 3 甘露醇稳定性相似度评价结果

指标	稳定性 1	稳定性 2	稳定性 3	稳定性 4	稳定性 5	平均值	RSD (%)
稳定性 1	1.000	0.997	0.994	0.999	0.997	0.997	0.70
稳定性 2	0.997	1.000	0.994	0.997	0.999	0.997	0.73
稳定性 3	0.997	0.999	1.000	1.000	0.998	0.999	0.68
稳定性 4	0.999	0.999	0.999	0.994	1.000	0.998	0.74
稳定性 5	0.997	0.999	1.000	1.000	0.997	0.999	0.67

2.8 重复性试验 为确保研究的客观性,需要进行短时间内的 HPLC 连续重复性测试,精密量取同一批号(1080429)玉屏风散供试品溶液,进样量 10 μL,连续进样,本研究结果显示色谱峰相对峰面积 RSD 平均值 1.76%,各色谱峰相对峰面积的 RSD < 3% 表示重复性良好,提示玉屏风散供试品溶液的重复性良好。具体详见表 4。

2.9 回收率试验 精密吸取已知含量的玉屏风散供试品溶液 6 份,每份均为 1 mL,分别置于 10 mL 容量瓶中,每一份均精密加入等量已知浓度的 0.405 3 mg/mL 黄芪甲苷对照品溶液、0.217 3 mg/mL 甘露醇对照品溶液,加入超纯水稀释至刻度定容混合均匀后,进行加样回收试验的检测,根据 2.1 的色谱条件进行检测并计算加样回收率。

表 4 重复试验相似度评价结果

指标	重复度 1	重复度 2	重复度 3	重复度 4	重复度 5	重复度 6	平均值	RSD(%)
重复度 1	1.000	0.994	0.997	0.992	0.995	0.994	0.995	1.766
重复度 2	0.996	1.000	0.995	0.992	0.994	0.998	0.996	1.748
重复度 3	0.995	0.997	1.000	0.995	0.998	0.994	0.997	1.772
重复度 4	0.994	0.997	0.995	1.000	0.995	0.994	0.996	1.765
重复度 5	0.992	0.998	0.998	0.995	1.000	0.996	0.997	1.747
重复度 6	0.997	0.996	0.995	0.994	0.992	1.000	0.996	1.768

表 5 加样回收试验结果

成分	样品中含量 (mg)	添加量 (mg)	测得量 (mg)	回收率 (%)	平均值 (%)	RSD(%)
黄芪甲苷	12.834	9.543	22.348	99.731	99.522	0.93
	12.834	9.543	22.329	99.474		
	12.834	9.543	22.297	99.362		
	12.834	12.861	25.813	100.481	100.436	
	12.834	12.861	26.028	100.236		
	12.834	12.861	26.304	100.592		
	12.834	16.670	29.291	101.734	101.865	
	12.834	16.670	29.305	101.912		
	12.834	16.670	29.316	101.948		
甘露醇	2.175	1.820	3.948	101.790	103.315	0.47
	2.175	1.826	3.897	99.688		
	2.175	1.819	3.914	104.005		
	2.175	2.386	4.123	101.797	102.401	
	2.175	2.379	3.985	101.174		
	2.175	2.408	4.099	102.603		
	2.175	3.691	5.217	102.293	104.744	
	2.175	3.672	5.223	100.425		
	2.175	3.685	5.198	101.916		

结果显示黄芪甲苷对照品溶液、甘露醇对照品溶液平均回收率分别为 100.608%、103.487%，RSD 分别为 0.93%、0.47%，提示高相液相检测方法所测加样回收率结果可靠。见表 5。

2.10 样品检测结果 取 1080429、1080507、1080613 等 3 个不同批次号的玉屏风散，根据 2.2 供试品溶液配制，每批样品都根据 2.1 的色谱条件进行重复测试 3 次，玉屏风散中成分的含量取 3 次测定的平均值，结果显示如表 5 所示，3 个不同批次的玉屏风散中黄芪甲苷成分和甘露醇成分的含量未见明显差异，黄芪甲苷和甘露醇含量平均值分别为 0.961 mg/g 和 0.099 mg/g。见表 6。

表 6 3 个不同批次玉屏风散中成分的含量 (mg/g)

成分	批次号 1080429	批次号 1080507	批次号 1080613
黄芪甲苷	0.959	0.964	0.961
甘露醇	0.099	0.098	0.100

3 讨论

本研究中检测玉屏风散中黄芪甲苷和甘露醇的成分含量，而高效液相 (HPLC) 常规的检测器多有

紫外可见吸收检测器 (Ultraviolet-visible detector, UVD)、光电二极管阵列检测器 (Photo-diode Array Detector, PDAD)、荧光检测器 (Fluorescence Detector, FD)、电化学检测器 (Electrochemical Detect, ED)、化学发光检测器 (Chemiluminescence Detector, CD) 和蒸发光散射检测器 (Evaporative Light Scattering, ELSD)，其中紫外可见吸收检测器是最常用的一种^[12-13]。而由于玉屏风散中的甘露醇成分本身无紫外吸收，本文采用蒸发光检测器测定了甘露醇的含量，HPLC-ELSD 蒸发光散射检测器 (Evaporative light Scattering, ELSD) 自从上个世纪八十年代问世以来，已经广泛的应用在各种实验室检测中，如超临界色谱、逆流色谱以及高效液相色谱。ELSD 较之其他方法最为优越的性能在于可以在没有标准品和未知参数的情况下对未知的、不含发色团的化合物进行检测，且检测的化合物种类较多，如碳水化合物、聚合物、脂类、脂肪酸、氨基酸、药物等^[14-15]。故而 ELSD 较之传统的 HPLC 检测法可不对样品的光学特性进行依赖，同时对于低于流动相的任意挥发性样品均可被检测到，且检测方法独特，仅需 1) 惰

性气体对脱洗液雾化^[16];2)在加热管中对流动相进行蒸发^[17];3)对样品颗粒进行散射光后即可得到检测结果。

在本研究中采用的 HPLC-ELSD 研究玉屏风散中黄芪甲苷和甘露醇成分含量的过程中,在柱温的选择方面:严格按照供试品溶液的制备方法,在精密称取样品的玉屏分散粉末制备成的玉屏风散供试品溶液,按选定的色谱条件,分别在漂移管温度为 30 ℃、40 ℃、50 ℃、60 ℃、65 ℃及 70 ℃时加样检测,结果显示在温度分别为 30 ℃时,峰面积出现最明显且最清晰,而在 40 ℃、50 ℃、60 ℃、65 ℃、70 ℃时等柱温的变化对检测的结果不存在显著的影响。在色谱柱的选择方面,严格按照玉屏风散供试品溶液的制备方法,在精密称取样品的粉末后将其制备成的玉屏风散供试品溶液,按选定的色谱条件,分别使用 2 种不同品牌的色谱柱进行加样测定,结果表明,Waters 公司和 Agilent 公司在分别使用了 2 种色谱柱进行检测的样品,分离均十分良好,所检测出黄芪甲苷及甘露醇的含量均无明显的差异,而考虑到课题经费的因素,选择 Waters 公司的。在 ELSD 检测器的条件设置方面,试验通过对影响信号响应的载气流速和漂移管温度进行了优选,结果表明漂移管温度 90 ℃气体流速 1.0 L/min 为最佳条件。试验过程中对玉屏风散供试品溶液的处理方法进行了考察:通过对不同溶剂,不同提取方法和提取时间进行比较试验最终确定,在玉屏风散供试品溶液的制备提取中,用加甲醇超声提取为最佳方法,可以获得含量和峰面积较好的黄芪甲苷和甘露醇,且黄芪甲苷和甘露醇的分离度都很好,没有杂质。

参考文献

- [1] 郑康. 玉屏风散提取物抗炎作用研究[D]. 成都:西南交通大学, 2015.
- [2] 许璇璇,李玲孺,武彦伶,等. 从表虚伏邪探讨玉屏风散双向免疫

调节机制[J]. 安徽中医药大学学报,2015,34(2):1-3.

- [3] 贾琳,王亚利,杨倩,等. 玉屏风散对卫气虚证模型大鼠胸腺代谢组学特征标志物的影响[J]. 中医杂志,2016,57(24):2134-2138.
- [4] 李红念,梅全喜,戴卫波,等. 玉屏风散的临床应用与药理作用研究进展[J]. 广州中医药大学学报,2016,9(2):284-287.
- [5] 周劲松,张洪坤,黄玉瑶,等. 多波长 HPLC 法测定玉屏风散中 10 种化学成分的含量[J]. 药物分析杂志,2016,34(6):1072-1081.
- [6] 孟磊,冯振宇,赵建平,等. 玉屏风散配方颗粒与传统汤剂中黄芪甲苷含量的比较[J]. 光明中医,2015,30(3):491-492.
- [7] 林玉萍,杨艳,虎春艳,等. 云防风的化学成分研究[J]. 云南中医学院学报,2014,37(3):22-24.
- [8] 韩晓萍,王慧春,海平,等. 高效液相多通道同时测定藏药珍珠丸系列品种中名贵药味所含的 6 种组分[J]. 中国医院药学杂志, 2016,36(13):1066-1070.
- [9] 吴敬梅,李燕平,瞿亮,等. 冬虫夏草甘露醇含量的高效液相色谱法测定[J]. 食药菌,2016,11(6):388-392.
- [10] 王丛丛. 高效液相色谱与薄层扫描法测定大山楂丸中熊果酸含量比较[J]. 世界最新医学信息文摘(连续型电子期刊),2015, 15(18):35-36.
- [11] 张纯淳,李思维,李钟瑜,等. 快速溶剂提取-高效液相色谱-二极管紫外阵列/荧光串联法同时测定土壤中 18 种多环芳烃[J]. 环境化学,2015,19(6):1231-1233.
- [12] 廖林淇. 高效液相色谱仪检测器在药物分析中的应用[J]. 科技创新导报,2015,31(6):236.
- [13] 徐临凤. 药物分析和药物质量控制中高效液相色谱仪的运用[J]. 生物化工,2017,3(4):107-108.
- [14] 秦小东,罗先钦,李卿,等. 高效液相色谱-蒸发光散射法测定不同产地雪胆中齐墩果酸的含量[J]. 中国临床药理学杂志, 2017,33(16):1582-1584.
- [15] 李芳,胡容峰,黄丽丹,等. 高效液相色谱-蒸发光散射法测定黄芪中单糖和双糖的含量[J]. 安徽中医药大学学报,2015,34(2):82-84.
- [16] 纪祥娟,王军,杨新光,等. 蒸发光散射检测器的应用概况及检测方法研究进展[J]. 计量与测试技术,2014,41(5):50-51,53.
- [17] 王婷,夏春,李丽,等. 高效液相色谱仪蒸发光散射检测器校准用标准物质的选择[J]. 化学分析计量,2014,15(1):1-3.

(2018-11-28 收稿 责任编辑:张雄杰)