

# 壮瑶药材马蹄蕨多糖的提取工艺及其3种单糖的含量测定方法研究<sup>Δ</sup>

张贇贇<sup>1,2\*</sup>, 杨海船<sup>1,2</sup>, 周萍<sup>3</sup>, 何春欢<sup>1,2</sup>, 严贇<sup>4#</sup> (1.广西壮族自治区中医药研究院中药化学所, 南宁 530022; 2.广西壮族自治区中药质量标准研究重点实验室, 南宁 530022; 3.桂林医学院药学院, 广西桂林 541000; 4.广西壮族自治区食品药品检验所化妆品室, 南宁 530021)

中图分类号 R914.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)19-2667-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.19.17

**摘要** 目的:对壮瑶药材马蹄蕨的多糖成分进行提取分离纯化,并建立同时测定其中鼠李糖、果糖和D-无水葡萄糖3种单糖含量的方法。方法:优化水提醇沉法提取马蹄蕨多糖,比较不同型号大孔树脂除蛋白效果,并考察DEAE-52纤维素柱纯化所用不同洗脱液。采用高效液相色谱-蒸发光散射法进行含量测定。色谱柱为ZORBAX NH<sub>2</sub>,流动相为乙腈-水(72:28, V/V),流速为0.8 mL/min,柱温为40℃,进样量为10 μL。漂移管温度为50℃,载气流速为2.0 L/min,增益为1。结果:采用水提75%乙醇沉淀提取马蹄蕨粗多糖, D101大孔树脂除蛋白质, DEAE-52纤维素柱纯化,并依次用蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.2 mol/L NaOH溶液进行洗脱,冷冻干燥,即得马蹄蕨多糖。鼠李糖、果糖和D-无水葡萄糖检测质量浓度线性范围分别为49.10~982.02、54.47~1 089.42、62.15~1 242.96 μg/mL ( $r \geq 0.999 6$ );检测限分别为7.4、3.2、4.4 μg/mL,定量限分别为24.4、10.6、14.5 μg/mL;精密性、稳定性(15 h)试验的RSD均<2% ( $n=6$ );重复性试验的RSD<3% ( $n=6$ );平均加样回收率分别为96.91%、97.43%、99.46%, RSD分别为1.3%、1.7%、2.2% ( $n=6$ )。结论:建立的多糖提取分离工艺简单,易操作;高效液相色谱-蒸发光散射法操作简单,结果准确度高,可用于马蹄蕨多糖的提取纯化及其中3种单糖的定量分析。

**关键词** 马蹄蕨;壮瑶药材;多糖;提取分离;含量测定;高效液相色谱-蒸发光散射法

## Study on Extraction Process of Zhuang and Yao Medicine *Angiopteris fokiensis* Polysaccharide and Determination Method of 3 Kinds of Monosaccharides

ZHANG Yunyun<sup>1,2</sup>, YANG Haichuan<sup>1,2</sup>, ZHOU Ping<sup>3</sup>, HE Chunhuan<sup>1,2</sup>, YAN Yun<sup>4</sup> (1. Institute of TCM Chemistry, Guangxi Zhuang Autonomous Region Institute of Traditional Medical and Pharmaceutical Sciences, Nanning 530022, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Key Lab of TCM Quality Standards, Nanning 530022, China; 3. Pharmacy School of Guilin Medical University, Guangxi Guilin 541000, China; 4. Cosmetics Room, Guangxi Zhuang Autonomous Region Institute for Food and Drug Control, Nanning 530021, China)

**ABSTRACT** **OBJECTIVE:** To extract, separate and purify the polysaccharides from Zhuang and Yao medicine *Angiopteris fokiensis*, and to establish a method for simultaneous determination of isodulcitol, fructose and D-anhydrous glucose in 3 kinds of monosaccharide. **METHODS:** Optimization of water extraction and alcohol precipitation for extracting *A. fokiensis* polysaccharide, compare the effect of different types of macroporous resin on protein removal, and investigate the different eluents used in the purification of DEAE-52 cellulose column. HPLC-ELSD method was used. The determination was performed on ZORBAX NH<sub>2</sub> column with mobile phase consisted of acetonitrile-water (72:28, V/V) at the flow rate of 0.8 mL/min. The column temperature was 40℃ and sample size was 10 μL. The drift tube temperature was 50℃, the carrier gas velocity was 2.0 L/min, and the gain was 1. **RESULTS:** Extraction of crude polysaccharides from the horseshoe fern by water extraction with 75% ethanol, D101 macroporous resin in addition to protein, DEAE-52 cellulose column for purification, and eluted sequentially with distilled water, 0.2 mol/L NaCl, and 0.2 mol/L NaOH solution, freeze-dried to obtain the *A. fokiensis* polysaccharide. The linear range of isodulcitol, fructose and D-anhydrous glucose were 49.10-982.02 μg/mL, 54.47-1 089.42 μg/mL, 62.15-1 242.96 μg/mL ( $r \geq 0.999 6$ ). The detection limits were 7.4, 3.2 and 4.4 μg/mL, and the quantitation limits were 24.4, 10.6, 14.5 μg/mL. RSDs of precision and stability (15 h) test results were all lower than 2% ( $n=6$ ). RSDs of reproducibility tests were all lower than 3% ( $n=6$ ). The average recoveries were 96.91%, 97.43% and 99.46%; RSD were 1.3%, 1.7%, 2.2% ( $n=6$ ), respectively. **CONCLUSIONS:** The extraction and isolation technology of polysaccharides are simple and simple to operate. The HPLC-ELSD method is simple, accurate and suitable for the

<sup>Δ</sup> 基金项目:广西自然科学基金资助项目(No.2015GXNSF-BA139180);广西壮族自治区食品药品监督管理局瑶药材质量评价与标准研究项目(No.MZY2017002)

\* 副主任药师, 硕士。研究方向:药物分析和中药化学。电话:0771-5868986。E-mail:melody0707@163.com

# 通信作者:副主任药师。研究方向:药物分析。电话:0771-5828708。E-mail:yanyun1144@163.com

separation and purification of polysaccharides from *A. fokiensis* and quantitative analysis of 3 kinds of monosaccharides.

**KEYWORDS** *Angiopteris fokiensis*; Zhuang and Yao medicine; Polysaccharide; Extraction and separation; Content determination; HPLC-ELSD

马蹄蕨是观音座莲科植物福建莲座蕨(*Angiopteris fokiensis* Hieron.)的根状茎<sup>[1]</sup>,又名蹄马草<sup>[2]</sup>、山马蹄、胃得密<sup>[3]</sup>等,以带叶柄的根茎入药。马蹄蕨具有清热解毒、凉血止血、收敛消肿等功效,主要用于治疗肠炎、淋巴结肿大、风热咳嗽、月经过多、功能性子宫出血、风湿骨痛、毒蛇咬伤、痈疮肿毒<sup>[3]</sup>。马蹄蕨作为壮瑶民间药材应用较为广泛,但是其化学成分研究资料较少<sup>[4]</sup>,其多糖成分的相关报道更为鲜见。笔者在对马蹄蕨化学成分研究过程中发现,马蹄蕨中含有多糖成分,本项目组通过药效学研究发现,马蹄蕨多糖具有较强的免疫活性和一定的抗肿瘤活性。为在今后的药效学研究中提供质量稳定的马蹄蕨多糖样品,保证试验数据的有效性,本研究对马蹄蕨的多糖进行了提取纯化工艺研究,并建立其中鼠李糖、果糖和D-无水葡萄糖等3种单糖的含量测定方法,以期对马蹄蕨多糖的药效物质基础研究和质量控制提供分析技术手段。

## 1 材料

### 1.1 仪器

1260 高效液相色谱仪,包括 G1311C 四元梯度泵、Alltech3300 蒸发光散射检测器、G1329B 自动进样器、ChemStation 色谱工作站(美国 Agilent 公司);XS205DU 十万分之一天平[梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司];B2200S 超声波清洗器(必能信超声有限公司);Alpha 2-4 LD plus 冷冻干燥机(德国 Marin Christ 公司);Kjeltec 8400 全自动定氮仪(丹麦福斯分析仪器公司)。

### 1.2 药品与试剂

马蹄蕨药材[批号:20151009,2015年10月采于广西百色田林县,由广西中医药研究院黄云峰副研究员鉴定为马蹄蕨(*Angiopteris fokiensis* Hieron.)的根状茎];D-无水葡萄糖对照品(批号:110833-201506,纯度:99.9%)、果糖对照品(批号:100231-201305,纯度:99.4%)均购于中国食品药品检定研究院;鼠李糖对照品(批号:C16813500,纯度:98.3%)购于德国 Dr Ehrenstorfer 公司;大孔树脂 D101、D301-R、AB-8、717、732(天津市光复精细化工研究所);DEAE-52 纤维素(上海宝曼生物科技有限公司);乙腈为色谱纯,95%乙醇、氯仿、正丁醇、硫酸、盐酸(HCl)、氯化钠(NaCl)、氢氧化钠(NaOH)、萘酚均为分析纯,水为蒸馏水。

## 2 方法与结果

### 2.1 马蹄蕨多糖的制备

2.1.1 马蹄蕨粗多糖的提取 (1)水提醇沉方法的优化。药材除脂预处理:马蹄蕨药材切片晒干,加入8倍量的95%乙醇,60℃加热回流2h,过滤,药渣晾干,保留,备用。

根据植物多糖水溶醇不溶的特点,本研究采用水提

醇沉的方法进行马蹄蕨粗多糖的提取。以得膏率(得膏率=得膏质量/药材质量×100%)为评价指标,考察不同体积分数醇沉对粗多糖得膏率的影响,结果表明,75%乙醇沉淀的得膏率最佳,因此本研究醇沉体积分数选择75%。不同体积分数醇沉结果见表1。

表1 不同体积分数醇沉结果

Tab 1 Alcohol precipitation of different concentrations

序号	醇沉体积分数, %	得膏率, %
1	70	2.14
2	75	2.59
3	80	2.36
4	85	2.32

(2)马蹄蕨粗多糖的提取方法。马蹄蕨药材切片晒干,加入8倍量乙醇回流提取2h,过滤,药渣晾干。药渣采用8倍量热水浸提3次,每次2h,过滤,合并滤液,浓缩滤液至一定体积,缓缓加入乙醇,使乙醇含量达到75%以上,密封静置24h,收集沉淀,冷冻干燥,即得。

2.1.2 马蹄蕨多糖的分离纯化 (1)马蹄蕨多糖除蛋白。取马蹄蕨粗多糖适量,蒸馏水溶解,量取100 mL,平行5份,分别上样于D101、D301-R、AB-8、717、732等5种型号大孔树脂(各10 mL),静置过夜,蒸馏水冲洗至未有多糖检出,合并各洗脱液,浓缩。采用全自动定氮仪测定蛋白质含量,计算各树脂的蛋白质吸附量[蛋白质吸附量=(上柱前蛋白质质量-过柱后蛋白质质量)/大孔树脂质量];采用萘酚-硫酸法测定总多糖含量<sup>[5]</sup>,计算多糖吸附量[多糖吸附量=(上柱前多糖质量-过柱后多糖质量)/大孔树脂质量],筛选最优大孔吸附树脂。结果表明,D101大孔吸附树脂具有较好的除蛋白作用,且多糖吸附量最少。因此,本研究选择D101大孔吸附树脂除蛋白。不同型号大孔树脂除蛋白质试验结果见表2。

表2 不同型号大孔树脂除蛋白质试验结果

Tab 2 Results of different types of macroporous resin removal protein test

大孔树脂型号	蛋白质吸附量, mg/g	多糖吸附量, mg/g
D101	0.053 2	0.290 1
D301-R	0.011 9	0.586 9
AB-8	0.003 3	0.648 3
717	0.006 5	0.686 7
732	0.009 8	0.603 1

(2)DEAE-52纤维素柱层析。量取已进行除蛋白处理的多糖液20 mL,采用DEAE-52纤维素柱进行分级纯化,依次用200 mL蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.2 mol/L NaOH、0.2 mol/L HCl溶液作为洗脱液进行洗脱,控制流速,每20 mL收集一管,用萘酚-硫酸法跟踪检测,合并所有正态峰的收集液,透析膜透析24 h,减压浓缩,醇沉冷冻干燥,即得马蹄蕨多糖。结果,蒸馏水洗脱部分得多

糖 47.49 mg, 0.2 mol/L NaCl 洗脱部分得多糖 43.12 mg, 0.2 mol/L NaOH 洗脱部分得多糖 33.39 mg, 0.2 mol/L HCl 洗脱部分得多糖 1.01 mg, 表明蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.2 mol/L NaOH 溶液已将多糖洗脱完全。因此, 本研究选择蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.2 mol/L NaOH 溶液作为洗脱液。本步骤得率为 6.25%。

(3) 马蹄蕨多糖分离纯化方法。由上述试验结果总结出马蹄蕨多糖的分离纯化步骤为: 取马蹄蕨粗多糖, 蒸馏水溶解, 上样于 D101 大孔吸附树脂, 蒸馏水冲洗至未有多糖检出, 合并洗脱液, 浓缩。随后, 采用 DEAE-52 纤维素柱进行分级纯化, 依次用蒸馏水、0.2 mol/L NaCl、0.2 mol/L NaOH 溶液作为洗脱液进行洗脱, 用蒽酮-硫酸法跟踪检测, 合并所有正态峰的收集液, 透析膜透析 24 h, 减压浓缩, 冷冻干燥, 即得马蹄蕨多糖。

## 2.2 马蹄蕨多糖中鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖的含量测定

为更清楚地研究马蹄蕨多糖的组成及控制其质量, 本研究组通过预试验发现马蹄蕨多糖中含有鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖 3 种单糖, 因此本研究以此 3 种单糖作为质量控制指标建立马蹄蕨多糖的含量测定方法。

2.2.1 色谱及检测器条件 色谱柱: ZORBAX NH<sub>2</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈-水 (72:28, V/V); 流速: 0.8 mL/min; 柱温: 40 °C; 进样量: 10 μL。蒸发光散射检测器的检测条件: 漂移管温度为 50 °C, 载气流速为 2.0 L/min, 增益为 1。

2.2.2 溶液的制备 (1) 对照品溶液。称取鼠李糖对照品 49.95 mg、果糖对照品 54.80 mg 和 D-无水葡萄糖对照品 62.21 mg, 分别置于 50 mL 量瓶中, 以乙腈-水 (50:50, V/V) 溶解并定容至刻度, 配制成单一对照品贮备液, 备用。以下不同质量浓度的对照品溶液由单一对照品贮备液稀释得到。

(2) 供试品溶液。称取马蹄蕨多糖约 0.5 g, 精密称定, 置于 20 mL 量瓶中, 加入 10 mL 蒸馏水, 于 60 °C 水浴中加热 5 min, 取出, 超声 (功率: 100 W, 频率: 40 kHz) 提取 10 min, 放冷, 流动相定容至刻度, 摇匀, 滤过, 取续滤液用 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 即得。

(3) 空白溶液。取流动相适量作为空白溶液。

2.2.3 系统适用性试验 精密量取“2.2.2”项下对照品溶液、供试品溶液和空白溶液各适量, 按“2.2.1”项下色谱条件进样测定, 记录色谱。结果, 在该色谱条件下, 各待测成分间、待测成分与杂质峰间均能达到基线分离, 分离度 > 1.7, 其他成分对待测成分的测定无干扰, 理论板数以 D-无水葡萄糖峰计 > 5 000, 详见图 1。

2.2.4 线性关系考察 分别精密吸取“2.2.2(1)”项下对照品溶液各 0.5、1.0、2.0、3.0、5.0、10.0 mL, 置于 10 mL 量瓶中, 用乙腈-水 (50:50, V/V) 定容, 制成系列对照品溶液。精密量取上述系列对照品溶液, 按“2.2.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积。以待测成分检测质量浓度

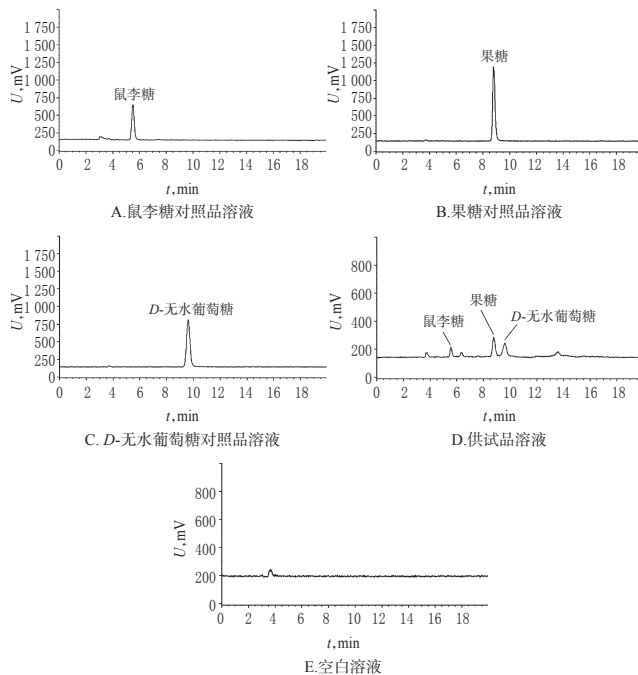


图 1 高效液相色谱图

Fig 1 HPLC chromatograms

(μg/mL) 为横坐标 (x), 峰面积为纵坐标 (y) 进行线性回归, 得鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖的回归方程分别为  $y=9.4063 \times 10^4 x+376.1$  ( $r=0.9997$ )、 $y=6.3325 \times 10^4 x-743.8$  ( $r=0.9997$ )、 $y=8.0567 \times 10^4 x+3.9072$  ( $r=0.9996$ )。结果表明, 鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖检测质量浓度线性范围分别为 49.10~982.02, 54.47~1 089.42, 62.15~1 242.96 μg/mL。

2.2.5 检测限与定量限考察 取“2.2.2(1)”项下对照品溶液适量, 倍比稀释, 按“2.2.1”项下色谱条件连续进样测定 6 次, 记录峰面积。当信噪比为 3:1 时, 得检测限; 当信噪比为 10:1 时, 得定量限。结果, 鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖的检测限分别为 7.4、3.2、4.4 μg/mL, 定量限分别为 24.4、10.6、14.5 μg/mL。

2.2.6 精密度试验 取“2.2.2(1)”项下对照品溶液适量, 按“2.2.1”项下色谱条件连续进样 6 次, 记录峰面积。结果, 鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖峰面积的 RSD 分别为 1.07%、0.48% 和 0.97% ( $n=6$ ), 表明仪器精密度良好。

2.2.7 稳定性试验 取“2.2.2(2)”项下供试品溶液适量, 分别于室温下放置 0、1、2.5、8、15 h 时按“2.2.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积。结果, 鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖峰面积的 RSD 分别为 1.89%、0.99% 和 1.67% ( $n=6$ ), 表明供试品溶液在室温下放置 15 h 内稳定性良好。

2.2.8 重复性试验 按“2.2.2(2)”项下方法制备供试品溶液, 共 6 份, 按“2.2.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积并计算样品含量。结果, 鼠李糖、果糖和 D-无水葡萄糖含量的平均值分别为 4.96、6.86、6.83 mg/g, 峰面积的 RSD 分别为 1.77%、1.30% 和 2.52% ( $n=6$ ), 表明本方法重复性良好。

2.2.9 加样回收试验 称取马蹄蕨多糖约0.25 g,精密称定,共6份,精密加入“2.2.2(1)”项下对照品贮备液各1.5 mL。按“2.2.2(2)”项下供试品溶液方法制备,再按“2.2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算加样回收率,结果见表3。

表3 加样回收率试验结果(n=6)  
Tab 3 Results of recovery tests(n=6)

待测成分	取样量, g	样品含量, μg	加入量, μg	测得量, μg	加样回收率, %	平均加样回收率, %	RSD, %
鼠李糖	0.251 7	1 249.6	1 473.3	2 658.7	95.64	96.91	1.3
	0.264 5	1 313.1	1 473.3	2 720.8	95.54		
	0.250 1	1 241.6	1 473.3	2 668.5	96.85		
	0.244 9	1 215.8	1 473.3	2 657.2	97.83		
	0.252 3	1 252.5	1 473.3	2 677.2	96.70		
	0.249 6	1 239.1	1 473.3	2 696.3	98.91		
果糖	0.251 7	1 726.7	1 634.1	3 288.4	95.57	97.43	1.7
	0.264 5	1 814.5	1 634.1	3 422.4	98.40		
	0.250 1	1 715.7	1 634.1	3 289.6	96.31		
	0.244 9	1 680.1	1 634.1	3 275.9	97.66		
	0.252 3	1 730.8	1 634.1	3 307.8	96.51		
	0.249 6	1 712.3	1 634.1	3 348.2	100.11		
D-无水葡萄糖	0.251 7	1 719.7	1 864.4	3 570.9	99.29	99.46	2.2
	0.264 5	1 807.2	1 864.4	3 707.7	101.94		
	0.250 1	1 708.8	1 864.4	3 522.9	97.30		
	0.244 9	1 673.3	1 864.4	3 538.7	100.05		
	0.252 3	1 723.8	1 864.4	3 619.5	101.68		
	0.249 6	1 705.4	1 864.4	3 504.8	96.51		

2.2.10 样品含量测定 取马蹄蕨多糖,按“2.2.2(2)”项下供试品溶液方法制备,再按“2.2.1”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算样品含量。结果,马蹄蕨多糖中鼠李糖、果糖和D-无水葡萄糖的含量分别为4.96、6.86、6.83 mg/g(n=3)。

### 3 讨论

#### 3.1 马蹄蕨粗多糖分离纯化的处理

植物多糖的提取分离纯化过程是多糖化学结构和生物活性研究的基础。通过水提醇沉得到的粗多糖中混杂着色素、蛋白质、低聚糖等杂质,因此需要进行分离纯化处理。在本研究中,笔者采用大孔树脂吸附法除多糖蛋白质,使用蒸馏水作为洗脱溶剂,避免了Sevag试剂法、三氟乙酸法等带入有机试剂、易使多糖结构发生变化等因素,且大孔吸附树脂也在一定程度上能将色素与多糖分离<sup>[5]</sup>,在后期的生物活性研究中,减少了试剂和结构变化对药效结果的影响因素。

#### 3.2 检测方法的选择

目前,对多糖的测定方法有硅胶薄层色谱法<sup>[6]</sup>、分光光度法<sup>[7-9]</sup>、气相色谱法<sup>[10-11]</sup>、液相色谱-紫外检测法<sup>[12-13]</sup>、液相色谱-蒸发光检测法<sup>[14-15]</sup>、液相色谱-质谱检测法<sup>[16-17]</sup>等。在实际操作中,薄层色谱法受展开剂与色谱板的局限,准确性较差;分光光度法只能测定总糖含量,操作复杂,且重现性差;气相色谱法和液相色谱-紫外检测法在样品前处理时均需衍生化,且衍生化反应耗时长、操作复杂、重现性差;液相色谱-蒸发光检测法和液相色谱-质谱检测法均不需要对样品进行衍生化,可直接提取进

样,但是质谱法的仪器昂贵,成本较高,普及率不高。而蒸发光散射法由于近年来仪器的普及,目前可作为糖类定量分析的主流方法。本文采用高效液相色谱-蒸发光散射法检测马蹄蕨多糖中3种多糖的含量,考察了乙腈-水、乙腈-0.2%三乙胺的流动相及不同提取时间。结果显示,在上述色谱条件下,等度洗脱就能将样品峰较好地分离,因此最终确定了本试验的色谱条件。

综上所述,马蹄蕨多糖提取分离工艺简单,易操作;高效液相色谱-蒸发光散射法操作简单,结果准确度高,可用于马蹄蕨多糖的提取纯化及其中3种单糖的定量分析。

#### 参考文献

- [1] 梁启成,钟鸣.中国壮药学[M].南宁:广西民族出版社,2005:129.
- [2] 黄瑞松.壮药选编:上册[M].南宁:广西科学技术出版社,2015:7.
- [3] 戴斌.中国现代瑶药[M].南宁:广西科学技术出版社,2009:389-391.
- [4] 张赟赟,杨海船,李嘉,等.瑶药马蹄蕨中脂溶性成分的GC-MS分析[J].中国药房,2015,26(18):2544-2546.
- [5] 张琳华.桑叶多糖提取分离纯化工艺的研究及其结构性质的初探[D].天津:天津大学,2005.
- [6] 邓勇,张杰良,王兰英,等.薄层色谱法分析不同虫草多糖的单糖组成[J].药物分析杂志,2018,38(1):13-21.
- [7] 祝洪艳,蒋然,何忠梅,等.不同乌天麻炮制品中天麻素、天麻苷元和天麻多糖的含量分析[J].中国药学杂志,2017,52(23):2062-2065.
- [8] 张利沙,孙玮玮,徐自慧,等.复方南板蓝根颗粒中多糖的含量测定及单糖组成分析[J].药物分析杂志,2017,37(10):1845-1850.
- [9] 李莉,曹进.分光光度法测定肉苁蓉多糖含量[J].食品安全质量检测学报,2017,8(7):2419-2423.
- [10] 程莹,赵骏.桑叶多糖含量测定与成分分析[J].中国临床药理学杂志,2017,33(18):1803-1805,1809.
- [11] 穆俊,邓旭坤,江善青,等.密蒙花多糖提取工艺的正交实验法优选及其单糖组成的气相色谱法分析[J].时珍国医国药,2017,28(3):538-540.
- [12] 郭守斌.柱前衍生超高效液相色谱法分析太子参多糖中单糖的组成[J].中国现代医学杂志,2016,26(23):37-41.
- [13] 赵行,刘永成,马娇颖,等.超高效液相色谱法检测香菇菌多糖片单糖组分[J].食品安全质量检测学报,2017,8(5):1559-1666.
- [14] 郑科旺,李伟,黄明军,等.高效液相法测定苦楝淀粉多糖的单糖和双糖组成[J].食品科技,2017,42(10):293-296.
- [15] 林宏琳,林国斌.HPLC-ELSD测定壳寡糖低聚木糖胶囊中的低聚木糖[J].中国现代应用药理学,2017,34(6):876-880.
- [16] 钟少芬,刘煜平,李阳苹,等.HPLC-ESI-MS联用法测定灵芝胶囊多糖的单糖组成[J].分析试验室,2016,35(11):1285-1289.
- [17] 赵丹,冯峰,粟有志,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定螺旋藻多糖的单糖组成[J].色谱,2017,35(4):413-420.

(收稿日期:2018-06-11 修回日期:2018-08-07)  
(编辑:余庆华)