

· 质量分析研究 ·

金钗石斛黄酮苷的含量测定及抗氧化活性研究

黄丹丹¹, 陈欢欢¹, 黎梅桂², 黄俊彬¹, 李运容¹, 魏 刚¹ (1. 广州中医药大学, 广东 广州 510006 ; 2. 广州市妇女儿童医疗中心, 广东 广州 510623)

摘要: **目的** 建立金钗石斛中黄酮苷的含量测定方法, 并观察金钗石斛黄酮苷对过氧化氢(H₂O₂)致大鼠骨髓间充质干细胞 (MSC) 氧化损伤的保护作用。 **方法** 采用高效液相色谱法。以乙腈-0.2%磷酸为流动相, 梯度洗脱; 流速: 1.0 mL·min⁻¹; 检测波长: 270 nm。建立 MSC 氧化损伤模型, 通过 MTT 法检测不同浓度的黄酮苷对 MSC 氧化损伤的保护作用。 **结果** 黄酮苷对照品在 0.58~14.5 μg 范围内呈良好线性 ($r=1$), 加样回收率平均值为 101.52 %, RSD 为 1.69 %; 10 批样品含量测定表明, 金钗石斛中的芹菜素-6-C-α-鼠李糖-8-C-β-葡萄糖苷质量分数为 0.103 %~0.170 %。黄酮苷各给药浓度组与 H₂O₂ 损伤组相比, 在浓度 10~100 μg/mL 范围内各组均有显著性差异 ($P<0.01$), 且具有量效关系。 **结论** 该含量测定方法具有良好的准确性、重复性和稳定性, 可用于金钗石斛的质量控制; 金钗石斛黄酮苷对 H₂O₂ 致 MSC 损伤有保护作用, 具有一定的抗氧化活性。

关键词: 金钗石斛; 黄酮苷; 高效液相色谱法; 含量测定; 抗氧化; 骨髓间充质干细胞

中图分类号: R **文献标志码:** **文章编号:** 1003-9783(2017)01-0085-0

doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2017.017

Determination of FLavonoid Glycoside and Antioxidant Activity of Demdrobium nobiLe LindL.

HUANG Dandan¹, CHEN Huanhuan¹, LI Meigui¹, HUANG Junbin¹ LI Yunrong¹ WEI Gang¹ (1.Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006 Guangdong, China; 2.Guangzhou Women and ChiLdren' s Medical Center, Guangzhou 510623 Guangdong, China)

Abstract: **Objective** To establish a method to determine the main flavonoid glycoside of Demdrobium nobile LindL. in Chishui City in Guizhou Province and study the protective effect of flavonoid glycoside on rat bone marrow mesenchymal stem cells (MSC) oxidative damage. **Methods** The flavonoid glycoside was determined by HPLC. Acetonitrile-0.2% orthophosphoric acid solution with gradient elution was used as mobile phase at a flow rate of 1.0 mL·min⁻¹. The detection wavelength was set at 270nm. In order to establish MSC oxidative damage model, we check the repair of different concentrations of flavonoid glycoside on MSC oxidative damage by MTT assay. **Results** The calibration curves of flavonoid glycoside showed a good linearity in the rage of 0.58 μg~14.5 μg ($r=1$). The average recoveries were 101.52 % and RSD was 1.69%. The content of apigenin-6-C-α-rhamnose-8-C-β-glucoside in Dendrobium nobile was 0.103% ~ 0.170%. When the concentration was at the rage of 10~100 μg/mL, there were distinct differences between H₂O₂ damage group and the administration concentration group in promoting optidensity of MSC ($P<0.01$) which also show that there exist dose-effect relationship between them. **Conclusion** The quantitative determination method with good accuracy, repeatability and stability is suitable for the quality control of Demdrobium nobile LindL. It may be concluded that the fLavonoid glycoside possess certain protective effects on MSC caused by H₂O₂ damage. And in general, the flavonoid glycoside have anti-oxidant effects.

作者简介: 黄丹丹 (1992-), 女, 2014 级硕士研究生, 从事中药指纹图谱研究、新药临床研究。Email: dandangzy@163.com。通信作者: 魏刚, 研究员, 博士生导师, 从事中药新药研究与指纹图谱分析研究。Email: weigang021@163.com。

基金项目: 广东省科技计划项目(2013B060400022)。

Key words: *Demdrobium nobile* Lindl.; flavonoid glycoside; HPLC; determination; antioxidant; marrow mesenchymal stem cells;

金钗石斛(*Demdrobium nobile* Lindl.)是历版《中国药典》收载的石斛正品之一,具有养阴清热、益胃生津的功效^[1]。主产于四川、贵州、云南、广西等地。《中国药典》中金钗石斛的含量测定以石斛碱为指标成分,国内也有其多糖含量测定的文献报道,但未见黄酮苷类的含量测定报道^[2-3]。本课题组通过对石斛类药材的特征图谱研究分析,发现不同石斛的黄酮苷明显不同,具有特征性,可用于石斛类药材的鉴别^[4-7]。从赤水金钗石斛的酚类化合物的全指纹图谱研究^[7]中,发现并分离得到一个特征性明显的且含量较高的黄酮苷(芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷)。本研究对芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷进行含量测定,为金钗石斛的质量标准的完善提供了方法和依据,并研究此黄酮苷的抗氧化能力,为金钗石斛的药理作用及开发运用提供研究基础。

1 仪器与试药

1.1 仪器及试剂 LC 高效液相色谱仪(包括 DAD 检测器、LC-20AT 泵, DGU-12 在线脱气机),日本岛津公司; Sartorius CP225D 十万分之一天平($d=0.01$ mg),德国赛多利斯公司; KQ-400KDE 型高功率数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司; HWS24 电热恒温水浴锅,上海恒科技有限公司; EYELAN-1100 旋转蒸发仪,上海爱朗仪器有限公司。MIT-2 倒置相差显微镜,日本奥林巴斯公司; Heraeus cell 型 CO₂ 培养箱,德国 Heraeus; i'Mark 680 酶标仪,美国 Bio-Rad 公司; SW-CJ-1F 超净台,苏州净化设备有限公司。

胎牛血清(FBS,批号:GWF0091)、磷酸缓冲盐溶液(PBS,批号:NYE0858),美国 Hyclone 公司;低糖型 DMEM 培养液(批号:8114382)、胰酶(0.25 % Trgpsi-EDTACIX)、青-链霉素,美国 gibco 公司;大鼠骨髓间充质干细胞专业培养基,美国 Cyagen Biosciences 公司;过氧化氢(H₂O₂),广州化学试剂厂;3-(4,5-二甲基噻唑-2)-2,5-二苯基四氮唑溴盐(MTT)、二甲基亚砜(DMSO),美国 sigma 公司。(部分试剂缺批号)

1.2 试药 10 批金钗石斛鲜品购自贵州省赤水市旺隆镇(批号:CS1214、CS1215、CS1209、CS0615),

赤水市长期镇(CS7946、CS1216),贵州赤水乡巴佬店(CS2875、CS0811),多彩贵州赤水丹霞土特产店(CS0812、CS0818),经广州中医药大学魏刚研究员鉴定为金钗石斛 *Demdrobium nobile* Lindl.的干燥茎。金钗石斛黄酮苷对照品自制,参考文献^[8]进行分离纯化得到,经紫外、核磁、质谱鉴定为芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷,并用 HPLC 面积归一化法测定,其纯度大于 98 %。

2 方法与结果

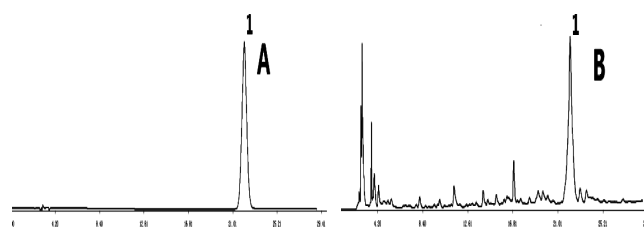
2.1 含量测定

2.1.1 色谱条件 Agilent SB-Aq 柱(250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m);流动相:乙腈(A)-0.2 % (体积分数)磷酸(B),梯度洗脱:0~10 min, 5 % A~16 % A, 10~30 min, 16 % A~25 % A;检测波长:270 nm;流速:1.0 mL $\cdot$ min⁻¹;进样量:10 μ L。

2.1.2 对照品溶液的制备 精密称取芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷适量,加 80 % 甲醇制成每 1 mL 含 0.29 mg 的溶液。

2.1.3 供试品溶液的制备 取金钗石斛粉末 2 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,加入甲醇溶液 50 mL,超声处理 30 min,放冷至室温,过滤,药渣连同滤纸剪碎置于锥形瓶中,再次加入 80 % 甲醇 50 mL,超声处理 45 min,取出,放冷至室温,滤过,合并 2 次滤液,减压蒸干,残渣加入 80 % 甲醇使溶解,定容至 10 mL 容量瓶中,即可。

按照 2.1.1 条件进行检测,结果见图 1。



A.对照品; B.样品; 1. 芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷

图 1 金钗石斛黄酮苷的 HPLC 图

Figure 1 HPLC chromatograms of *Demdrobium nobile* Lindl. flavonoid glycoside

2.1.4 线性关系考察 取 2.1.2 项下的对照品溶液,分别进样 2, 5, 10, 20, 30, 50 μ L 测定峰面积,以进样量(X)为横坐标,峰面积(Y)为纵坐标,进行线

删除

性回归, 得回归方程 $Y=1640.1X-7881.2(r=1)$, 芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷进样量在 0.58 ~14.5 μg 与峰面积有良好的线性关系。

2.1.5 精密度试验 精密吸取供试品溶液, 注入液相色谱仪, 连续进样 6 次进样测定, 芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷的峰面积 RSD 为 0.77 %。

2.1.6 稳定性试验 取同一样品溶液, 于配置后 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h 分别进样进行测定, 芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷峰面积 RSD 为 0.92 %。

2.1.7 重复性试验 精密称取同一批(批号: CS1214)金钗石斛药材粉末 6 份, 按 2.1.3 项下方法制备供试品溶液, 分别依法测定, 得峰面积 RSD 为 0.93 %。

2.1.8 加样回收率试验 精密称定已知质量分数(含芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷 1.4 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)的同批药材(CS1214)1.0 g 分别精密加入 1.56 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 对照品溶液 1 mL, 按供试品溶液制备方法制备, 进行测定, 见表 1, 加样回收率范围为 98.38 %~103.33 %, 平均值为 101.52 %, RSD 为 1.69 %。

上标

表 1 回收率试验结果

Table 1 The average recovery of Demdrobium nobile LindL. flavonoid glycoside

序号	称样量 /g	样品含 量/mg	加入量 /mg	测定量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
1	1.0040	1.45	1.56	3.06	103.33%		
2	1.0036	1.45	1.56	3.04	101.97%		
3	1.0031	1.44	1.56	2.98	98.38%	101.52%	1.69%
4	1.0038	1.45	1.56	3.03	101.37%		
5	1.0040	1.45	1.56	3.04	102.18%		
6	1.0041	1.45	1.56	3.04	101.91%		

2.1.9 样品测定 取 10 批金钗石斛药材, 平行 3 份, 按上述方法制备供试品溶液, 并依法测定测定。10 批金钗石斛中芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷含量结果见表 2。根据 10 批样品测定的结果, 金钗石斛中含芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷质量分数为 0.103 %~0.170 %。

2.2 金钗石斛黄酮苷对 H_2O_2 致 MSC 氧化损伤的保护作用

2.2.1 金钗石斛黄酮苷配制 精密称取芹菜素 -6-C- α - 鼠李糖 -8-C- β - 葡萄糖苷(黄酮苷)2 mg, 加 10 μL DMSO 溶解, 用含完全培养液配制给药浓度分别为 100, 50, 25, 10, 1 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。

上标

2.2.2 MSC 分离、培养 脱颈椎处死大鼠, 无菌条件下分离股骨、胫骨, 剪开骨端, 注射器抽吸无血清

表 2 金钗石斛中芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷含量测定(%, $n=3$)

Table 2 The contents of Demdrobium nobile LindL. flavonoid glycoside

批号	质量分数/%	RSD/%
CS1214	0.142	1.75
CS1215	0.141	1.54
CS0615	0.120	0.28
CS7946	0.103	0.63
CS1216	0.144	1.29
CS1209	0.143	0.73
CS2875	0.110	2.19
CS0811	0.159	0.50
CS0812	0.109	1.70
CS0818	0.170	2.25

培养液反复冲洗骨髓腔, 直至发白^①。将冲洗液置于离心管常温下以 1000 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 5 min, 弃上清。以 MSC 专业培养液吹打均匀, 移置 25 cm^2 培养瓶中, 进行传代纯化培养, 观察细胞生长情况, 传至第 3 代(P3 代)供开展实验。取 P3 代细胞, PBS 冲洗 2 遍, 加入 1.5 mL 胰酶消化约 1 min, 加入 2 mL 完全培养液终止消化, 吸管冲洗瓶底, 收集冲洗液置于 15 min 离心管, 1000 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$, 离心 6 min, 弃上清, 加入完全培养液重悬细胞沉淀, 吹打均匀, 细胞计数板计数, 细胞浓度为 1×10^5 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$, 将上述细胞液接种于 96 孔板, 每孔加入细胞液 100 μL , 边缘孔加 PBS, 置于 37 $^{\circ}\text{C}$ 5 % CO_2 培养箱培养。

cm²

2.2.3 黄酮苷对 MSC 增殖的影响 细胞板培养 24 h, 弃上清, 每孔加入不同质量浓度的黄酮苷(1, 10, 25, 50, 100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 100 μL , 每浓度 5 复孔, 空白组每孔 100 μL 完全培养液, 培养箱培养。24 h 后, 取出 96 孔板, 每孔加 20 μL MTT, 培养 4 h 后取出 96 孔板, 弃上清, 每孔加入 DMSO 100 μL , 于 490 nm 处酶标仪测各孔吸光度。

2.2.4 黄酮苷对 H_2O_2 致 MSC 损伤的保护作用 将 P3 代细胞液接种于 96 孔板, 细胞浓度为 1×10^5 mL^{-1} , 每孔加入细胞液 100 μL , 边缘孔加 PBS, 置于 5 % CO_2 培养箱培养。

细胞板培养 24 h, 弃上清, 每孔加入用完全培养液配制不同浓度的药物(1、10、25、50、100 $\mu\text{g}/\text{mL}$)100 μL , 每浓度 5 复孔, 空白组和 H_2O_2 组加入 100 μL 完全培养液, 培养箱培养。

"2"均为下标

24 h 后, 取出 96 孔板, 在避光条件下, 药物组和 H_2O_2 组每孔加入 6 $\text{mmol}\cdot\text{mL}^{-1}$ H_2O_2 10 μL , H_2O_2 终浓度为 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$, 空白组不加 H_2O_2 , 培养 2 h

后取出, 每孔加 20 μL MTT, 继续培养 4 h 后取出 96 孔板, 弃上清, 每孔加 DMSO 100 μL , 于 490 nm 处酶标仪测定各孔吸光度^[10]。

2.2.5 结果 在增殖试验中, 与空白组比较, 金钗石斛黄酮苷对 MSC 促增殖作用不明显($P < 0.05$)。在对 H_2O_2 致 MSC 损伤的保护作用实验中, H_2O_2 损伤组与空白组相比, 差异有统计学意义($P < 0.01$), 说明造模成功; 与 H_2O_2 损伤组比较, 除 1 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度组外, 金钗石斛黄酮苷不同质量浓度组对 H_2O_2 损伤 MSC 均具有保护作用($P < 0.01$), 且具有一定的量效关系。结果见图 2~图 4。

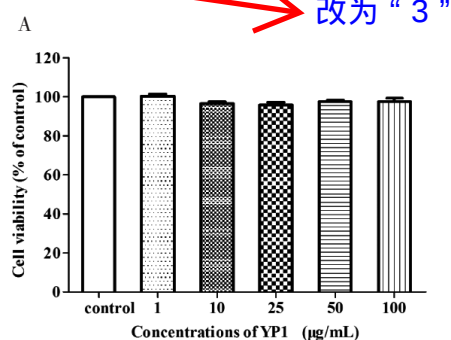


图 2 黄酮苷对 MSC 的增殖作用(24 h)

Figure 2 Effect of flavonoid glycoside on cell viability measured by MTT assay

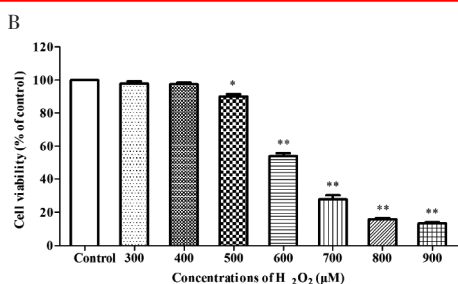


图 3 H_2O_2 致 MSC 的损伤作用

Figure 3 Effect of H_2O_2 on cell viability measured by MTT assay

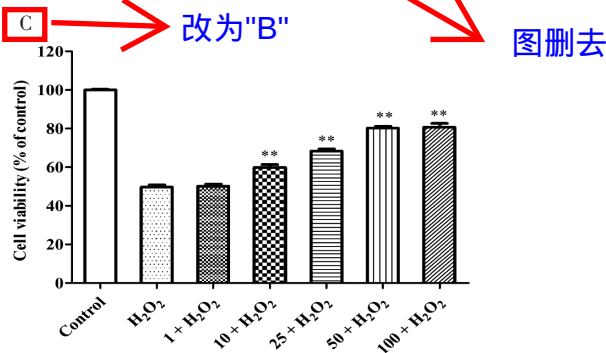


图 4 黄酮单体对 H_2O_2 致 MSC 损伤的保护作用

Figure 4 Protective effect of flavonoid glycoside against H_2O_2 -induced cell inhibition in MSC

3 讨论

本研究综合文献研究^[7]及对金钗石斛黄酮类成分进行了比较系统的研究分析, 发现在金钗石斛黄酮类成分中芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷的含量较高, 故首次建立了金钗石斛中黄酮苷成分的含量测定方法。通过 10 批样品含量发现, 芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷的含量有差异, 质量分数在 0.103%~0.170% 范围内, 含量可能受生长年限、采收时间等因素影响, 根据含量结果尚不能对含量差异进行相关性比对。此研究分别对不同浓度(60%, 80%, 100%)的甲醇进行了提取溶媒的考察, 结果 80% 甲醇提取效果最好; 比较超声一次、两次的结果, 发现超声提取两次提取更完全。采用 270 nm 作为检测波长, 芹菜素-6-C- α -鼠李糖-8-C- β -葡萄糖苷的吸收值较大。比较乙腈-磷酸, 乙腈-甲酸, 甲醇-磷酸, 甲醇-甲酸等几种流动相系统, 发现乙腈-0.2% 磷酸系统得到的图谱峰形、分离效果均较好, 故选用乙腈-0.2% 磷酸作为流动相系统。本研究建立的含量测定方法具有良好的准确性, 重复性和稳定性, 为金钗石斛的质量控制提供一定的依据。

黄酮类成分具有抗氧化、抗肿瘤调节免疫等作用。在抗氧化方面, 黄酮类不仅可以清除活性自由基, 终止自由基链反应, 螯合起催化作用的金属离子, 还可以抑制产生自由基的某些酶, 从而起到抗氧化作用^[11]。本实验中, H_2O_2 加入 MSC 中后, 造成了 MSC 细胞内抗氧化酶活性降低, 过多的氧自由基不能被及时清除而堆积在细胞内, 致使它们与细胞内的一些生物大分子, 如蛋白质、核酸、脂质等发生反应, 生成大量氧化物或过氧化物, 造成 MSC 细胞损伤^[12-14]。而金钗黄酮苷对 MSC 损伤具有保护作用, 而且随着药物浓度的增大效果增强。本研究为金钗石斛黄酮苷成分的开发研究提供研究基础。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中国药典, 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 93.
- [2] 杨艳, 徐应淑. 川、黔地区金钗石斛多糖的含量测定[J]. 中国药房, 2010, 27: 2552-2554.
- [3] 郑斯卓, 葛小军, 李小琼, 等. 金钗石斛多糖含量测定条件和提取工艺的优化[J]. 中华中医药学刊, 2008, 12: 2676-2677.
- [4] 魏刚, 顺庆生, 戴亚峰, 等. 霍山石斛 HPLC 特征图谱研究[J]. 中成药, 2014, 12: 2642-2644.
- [5] 魏刚, 顺庆生, 黄月纯, 等. 3 种铁皮石斛种源 HPLC 特征图谱比较研究[J]. 中药新药与临床药理, 2014, 04: 467-471.

改为“3”

改为“B”

图删去

- [6] 黄月纯, 杨丽娥, 魏刚, 等. 齿瓣石斛 HPLC 特征图谱[J]. 药物分析杂志, 2012, 11: 2071-2076.
- [7] 陈志辉, 罗明, 魏刚, 等. 不同产地金钗石斛 HPLC 特征图谱的比较[J]. 广东药学院学报, 2014, 06: 707-712.
- [8] 蔡伟. 金钗石斛化学成分和降血糖作用初步研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2011.
- [9] TROPEL P, NOËL D, Pletat N, et al. Isolation and characterisation of mesenchymal stem cells from adult mouse bone marrow [J]. Experimental cell research, 2004, 295: 395-406.
- [10] Sun B, Feng M J, Tian XY, et al. DL-3-n-Butylphthalide protects rat bone marrow stem cells against hydrogen peroxide-induced cell death[J]. Neuroscience Letters, 2012, 516: 247-252.
- [11] 王华清. 茶叶籽中黄酮类化合物的分离鉴定及其抗氧化活性研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2012.
- [12] 李熙灿, 谢学明, 黄春花, 等. 龟板醇提物对大鼠骨髓间充质干细胞氧化损伤的修复及其抗脂质过氧化作用[J]. 中草药, 2007, 07: 1043-1046.
- [13] 王桂芬, 陈珏晓, 侯正平, 等. 黄芪总黄酮和黄芪甲苷对 H_2O_2 诱导的 MRC-5 细胞氧化损伤的保护作用[J]. 中国老年学杂志, 2014, 16: 4572-4574.
- [14] Marx JL. Oxygen free radicals Linked to many diseases[J]. Science, 1987, 235(4788): 529-531.

(编辑: 梁进权)

微波消解 ICP-MS 法测定巴基斯坦和吐鲁番刺糖中的微量元素

韩曾姣¹, 向阳², 姚军¹, 常军民¹ (1. 新疆医科大学药学院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 新疆医科大学第一附属医院检验科, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 目的 采用微波消解电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)分析技术, 建立微量元素的含量测定方法, 比较巴基斯坦、新疆吐鲁番 2 个产地骆驼刺糖中 Li、Na、Al、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Sr、Ag、Cd、Sb、Ba、Pb、K 等 18 种微量元素的含量差异。方法 样品经微波消解后, 采用电感耦合质谱仪测定 18 种微量元素。结果 ICP-MS 分析技术测定刺糖中的微量元素, Li、Al、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Sr、Ag、Cd、Sb、Ba、Pb 和 K 的线性范围为 $0 \sim 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Na 和 Ca 的线性范围为 $0 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。该方法的稳定性、精密度和回收率均符合要求。2 个产地获得的刺糖中微量元素含量均有差异, 巴基斯坦 2015 年 6 月批次的刺糖所含有的微量元素的含量最高, Ca 为 $7143 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Fe 为 $1610 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。结论 K、Na、Ca、Mn、Fe 等对人体有益的元素在刺糖中含量均较高, 有害元素 Pb、As、Cr、Sb 和 Ag 含量均低于《中国药典》及《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》的限量标准, 具有良好的药用价值。

关键词: 微波消解; 电感耦合等离子体质谱; 刺糖; 微量元素

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9783(2017)07-

doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2017.01.018

Determination of Trace Elements of Saccharum Alhagi from Pakistan and Turpan by Microwave Digestion-ICP-MS

HAN Zengjiao¹, XIANG Yang², YAO Jun¹, CHANG Junmin^{1*} (1. College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China 2. First Affiliated Hospital, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

Abstract Objective: By adopting microwave digestion combined with inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) analysis technology, establish the content determination method for trace elements, compared the content differences of eighteen trace elements including Li, Na, Al, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd,

收稿日期: 2016-09-06

作者简介: 韩曾姣, 女, 硕士研究生, 研究方向: 药物分析。Email: 444579834@qq.com。通信作者: 常军民, 男, 博士生导师, 教授, 研究方向: 天然药物分析。Email: 1617265908@qq.com。

基金项目: 国家自然科学基金(81460633); 新疆维吾尔自治区科技援疆计划(201491172)。