

青钱柳叶 5 种有害重金属元素残留量测定^{*}

吴琳琳^{1,2}, 杨娟艳³, 茅向军², 许乾丽^{2**}

(1. 贵州省黔东南州食品药品检验所, 凯里 556000; 2. 贵州省食品药品检验所, 贵阳 550004;

3. 贵阳中医学院, 贵阳 550002;)

摘要 目的: 建立青钱柳叶中铅、镉、砷、汞、铜 5 种有害重金属元素的检测方法, 并测定不同来源青钱柳叶中 5 种重金属的残留量。**方法:** 采用全自动石墨炉消解仪对样品进行消解, 利用原子吸收分光光度法测定青钱柳叶中的铅、镉、铜, 利用原子荧光分光光度法测定青钱柳叶中的砷, 采用压力罐消解法对样品进行消解, 利用原子荧光分光光度法测定青钱柳叶中的汞, 并对检测方法进行方法学考察。**结果:** 铅、镉、砷、汞、铜 5 种重金属元素检测方法经方法学考察, 结果合理有效, 标准曲线的线性相关系数均大于 0.996, 平均加样回收率分别为 89.6%、90.1%、92.2%、96.4%、92.1%。不同来源样品 5 种重金属元素含量范围分别为: 0.974 3~4.058、0.054 4~0.276 4、0.321 2~0.768 5、0.085 36~0.146 2、5.259~16.68 mg·kg⁻¹。**结论:** 本研究采用的方法简单, 准确, 重复性好, 可用于准确测定青钱柳叶中铅、镉、砷、汞、铜 5 种重金属的含量, 并为青钱柳叶提供更为全面的质量控制方法。

关键词: 青钱柳叶; 重金属; 铅; 镉; 砷; 汞; 铜; 原子吸收分光光谱法; 原子荧光光谱法

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2017)07-1286-05

doi: 10.16155/j.0254-1793.2017.07.19

Determination of five harmful heavy metal elements in leaves of *Cyclocarya paliurus*^{*}

WU Lin-lin^{1,2}, YANG Juan-yan³, MAO Xiang-jun², XU Qian-li^{2**}

(1 Qiongzhusi Institute for Food and Drug Control, Kaili 556000, China; 2 Guizhou Institute for Food and Drug Control,

Guiyang 550004, China, 3 Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550002, China)

Abstract Objective: To establish methods for determination of heavy metals including plumbum, cadmium, arsenic, mercury and cuprum in leaves of *Cyclocarya paliurus* so as to determine the residue of these five heavy metals in leaves of *Cyclocarya paliurus* from different areas. **Methods:** The samples were digested by automatic graphite furnace digestion instrument. Determination of plumbum (Pb), cadmium (Cd) and copper (Cu) was conducted by atomic absorption spectrometry. Determination of arsenic (As) was conducted by atomic fluorescence spectrometry. Determination of mercury (Hg) by using high pressure digestion and atomic fluorescence spectrometry. And the methods were validated. **Results:** The

* 贵州省中药材地方标准增修订项目(立项时间: 201508)

** 通信作者 Tel: 0851-86808967; E-mail: 1500368608@qq.com

第一作者 Tel: 18785063408; E-mail: 806542245@qq.com

methods of Pb, Cd, As, Hg and Cu were reasonable and effective by validation. The standard curves were linear and the linear correlation coefficients were greater than 0.996. The average recoveries were 89.6%, 90.1%, 92.2%, 96.4%, 92.1%, respectively. The contents of 5 heavy metals in different areas were $0.974\ 3\text{--}4.058\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $0.054\ 4\text{--}0.277\ 6\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $0.321\ 2\text{--}0.768\ 5\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $0.085\ 36\text{--}0.146\ 2\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $5.259\text{--}16.68\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively. **Conclusion:** These established methods in the research are simple, accuracy, reproducible and can be used for the determination of the five heavy metals in leaves of *Cyclocarya paliurus*, and provide more comprehensive quality control methods for leaves of *Cyclocarya paliurus*.

Keywords: *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk; heavy metals; Pb; Cd; As; Hg; Cu; atomic absorption spectrometry; atomic fluorescence spectrometry

青钱柳 *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk 为胡桃科青钱柳属植物,是中国特有的单种属植物,是国家重点保护的濒危植物之一^[1]。其在降血压、降血糖、降血脂、增强机体免疫力、抗氧化等作用方面具有较为明显的优势,被称为“天然胰岛素”和“植物界的大熊猫”^[2-4]。因而目前对青钱柳进行了大量人工种植培育。现关于青钱柳的研究主要集中在植株的培育,化学成分的提取及测定,药理活性研究等^[5-7],有关青钱柳重金属及有害元素的研究较少。李婷婷等按照相关食品标准对青钱柳中的重金属铅、砷、汞的含量进行测定,但未对其检测方法进行方法学报道^[8]。李磊,曾珠亮等采用原子吸收分光光度法对青钱柳中微量元素,如铁、锌、铜等进行测定^[9-10]。青钱柳属于自然环境中生长的植物类药物,为检测其在生长、加工等环节是否存在有害重金属元素的污染,本文采用全自动石墨炉消解法对样品进行处理,利用石墨炉原子吸收分光光度法测定青钱柳中铅、镉,利用火焰原子吸收分光光度法测定青钱柳叶中铜,利用原子荧光分光光度法测定青钱柳叶中砷,采用压力罐消解法对样品进行消解,利用原子荧光分光光度法测定青钱柳中汞,并对不同来源青钱柳中重金属的残留量进行检测与分析。为建立青钱柳质量控制和评价标准提供科学依据。

1 仪器与试剂

ICE3500 原子吸收光谱仪,镉、铜、铅空心阴极灯(Thermo Fisher),全自动石墨消解仪 DEENA II (美国 Thomas Cain); AFS-9700 双通道原子荧光光度计, HAF-2 砷、汞空心阴极灯, IFS-9700 注射泵(北京海光仪器公司); XS205 电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司); EG35 plus 微控数显电热板(苏州江东精密仪器有限公司); DHG-9240A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); 聚

四氟乙烯消解罐(南京瑞尼克科技开发有限公司)。65% 硝酸、盐酸、硫酸、硼氢化钾、氢氧化钠等试剂均为优级纯,水为超纯水。铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)、汞(Hg)、铜(Cu)标准溶液(质量浓度均为: $1\ 000\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)均来源于国家有色金属及电子材料分析测试中心(批号分别为: GSB04-1742-2004、GSB04-1721-2004、GSB04-1714-2004、GSB04-1729-2004、GSB04-1725-2004)。本试验所用样品经贵州省食品药品检验所标本馆馆长李杨主管药师鉴定为胡桃科青钱柳属植物青钱柳 *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk 的干燥叶,样品粉碎后过 120 目筛,置干燥器中备用。

2 方法与结果

2.1 标准储备溶液的配制

分别精密量取 Pb、Cd、Cu 单元素标准溶液适量,用 1% 硝酸溶液稀释,制成质量浓度分别为 Pb $1\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、Cd $100\ \text{ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、Cu $50\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准储备液;精密量取 As 单元素标准溶液适量,用超纯水稀释,制成质量浓度为 $0.2\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准储备液;另精密量取 Hg 单元素标准溶液适量,用 5% 硝酸溶液稀释,制成质量浓度为 $0.1\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准储备液,4℃ 贮存。

2.2 供试品溶液制备

2.2.1 测定 Pb、Cd、Cu 供试品溶液 取青钱柳药材粉末 0.5 g,精密称定,置消解管中,将消解管置入全自动消解仪中,加入硝酸 8 mL,浸泡过夜。优选消解系统的工作条件为:震荡 120 s, 120℃ 消解 60 min, 150℃ 消解 20 min,加入硝酸 8 mL,震荡 120 s, 160℃ 消解 40 min,加入高氯酸 3 mL,震荡 120 s, 160℃ 温度保持 60 min,消解同时赶酸至样品呈湿盐状,剩余 1 mL 左右,冷却,用水定容至 25 mL,即得测定 Cd、Cu 的供试品溶液,用水定容至 50 mL,即得测定 Pb 供试

品溶液。同法同时制备试剂空白溶液。

2.2.2 测定 As 供试品溶液 精密吸取“2.2.1”测定 Cd、Cu 的供试品溶液 8 mL 至 10 mL 的离心管中,加入 50% 盐酸 1 mL, 50 g·L⁻¹ 硫脲 1 mL, 摇匀, 于 35 °C 烘箱中放置 30 min, 即得。同法同时制备试剂空白溶液。

2.2.3 测定 Hg 供试品溶液 取青钱柳药材粉末 0.5 g, 精密称定, 置压力消解罐中, 加入硝酸 8 mL, 浸泡过夜, 于 160 °C 的电热鼓风干燥箱中消解 4 h, 冷却, 在 120 °C 的电热板上赶酸, 冷却, 用水定容至 25 mL, 即得供试品溶液。同法同时制备试剂空白溶液。

2.3 分析方法

Pb、Cd 采用石墨炉原子吸收分光光度法测定, 基体改进剂为 1% 磷酸二氢铵与 0.2% 硝酸镁, 仪器工作参数为: 灯电流为: 9 mA; 进样量为: 10 μL; 狭缝宽度: 0.5 nm; 氩气流量为 0.2 L·min⁻¹; 波长分别为: 283.3、228.8 nm。石墨炉升温程序为: 第一次干燥温度为: 100 °C, 保持 30 s; 第二次干燥温度为 150 °C, 保持 30 s; 灰化温度为 800 °C, 保持 20 s; 原子化温度为 1 300 °C, 保持 3 s; 净化温度为 2 500 °C, 保持 3 s。Cu 采用火焰原子吸收分光光度法测定, 仪器工作参数为: 波长为: 324.7 nm; 灯电流为: 3 mA; 狭缝宽度: 1 nm; 空气流量为: 6.5 L·min⁻¹; 乙炔流量为: 1.0 L·min⁻¹。As、Hg 采用原子荧光分光光度法测定, 以 1.5% 硼氢化钾溶液和 0.2% 氢氧化钠溶液作为还原剂, 以 5% 盐酸溶液为载体, 仪器工作参数为: 原子化器高度 8 mm; 负高压为: 260 V, 载气流量为: 400 mL·min⁻¹, 屏蔽气流量为: 600 mL·min⁻¹; 加热温度: 200 °C; 灯电流分别为: 60、20 mA。

2.4 线性关系考察

2.4.1 Pb、Cd、Cu 线性方程 分别精密量取 Pb、Cd、Cu 标准储备液适量, 用 1% 硝酸液配制成含 Pb 分别为 0.0、5.0、10.0、20.0、30.0、40.0 ng·mL⁻¹, 含 Cd 分别为 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 ng·mL⁻¹, 含 Cu 分别为 0.0、0.5、1.0、2.0、4.0 μg·mL⁻¹ 的标准系列溶液。按照“2.3”项下方法进行测定, 以浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标, 得线性方程及相关系数分别为:

$$Y=0.00712X+0.0168 \quad r=0.9961$$

$$Y=0.15399X+0.0253 \quad r=0.9961$$

$$Y=0.08138X+0.0114 \quad r=0.9967$$

线性范围分别为: 0.0~40.0 ng·mL⁻¹、0.0~4.0 ng·mL⁻¹

和 0.0~4.0 μg·mL⁻¹。

2.4.2 As 线性方程 精密量取 As 标准储备液适量于 25 mL 量瓶中, 加入少量的超纯水后, 分别加入盐酸和 50 g·L⁻¹ 硫脲各 2.5 mL, 摇匀, 定容, 配制成含 As 分别为 0.0、2.0、4.0、8.0、12.0、16.0 ng·mL⁻¹ 的标准系列溶液。按照“2.3”项下方法进行测定, 以浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标, 得线性方程及相关系数:

$$Y=74.78X+7.159 \quad r=1.000$$

线性范围为: 0.0~16.0 ng·mL⁻¹。

2.4.3 Hg 线性方程 精密量取 Hg 标准储备液适量, 用 5% 硝酸液配制成含 Hg 分别为 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 ng·mL⁻¹ 的标准系列溶液。按照“2.3”项下方法进行测定, 以浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标, 得线性方程及相关系数为:

$$Y=356.4X-2.976 \quad r=1.000,$$

线性范围为: 0.0~4.0 ng·mL⁻¹。

2.5 精密度考察

取“2.4”项下 Pb、Cd、As、Hg、Cu 质量浓度分别为 20.0 ng·mL⁻¹、3.0 ng·mL⁻¹、4.0 ng·mL⁻¹、2.0 ng·mL⁻¹、1.0 μg·mL⁻¹ 的标准溶液, 按照“2.3”项下方法分别连续进样 6 次, 记录吸光度, 计算各重金属元素吸光度的 RSD, 结果 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的 RSD 分别为 1.3%、1.6%、2.1%、2.2%、2.2%, 表明仪器精密程度结果良好。

2.6 检出限

取“2.2”项下的试剂空白溶液, 按照“2.3”项下的方法, 连续测定 11 次, 记录吸光度, 计算其标准偏差, 标准偏差的 3 倍与工作曲线斜率的比值即为检出限。Pb、Cd、As、Hg、Cu 的检出限分别为: 0.070 51、0.005 261、0.006 700、0.005 422、1.044 mg·kg⁻¹。

2.7 重复性考察

取同一来源样品(贵州省剑河县 5 月份采摘) 6 份, 分别按“2.2”项下方法制备供试品溶液, 在“2.3”项下的方法测定, 记录吸光度, 计算各组分含量及 RSD, 结果 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的平均含量分别为 1.671、0.277 6、0.345 6、0.086 19、8.509 mg·kg⁻¹。RSD 分别为 1.7%、2.4%、1.8%、2.4%、2.1%。表明该方法具有良好的重复性。

2.8 稳定性考察

取同一份供试品溶液(贵州省剑河县 5 月份采摘), 按“2.3”项下方法分别于 0、2、4、8、12、18、24 h 进样测定, 记录吸光度, 计算各时间点间各组分吸光度的 RSD, 结果 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的 RSD 分别

为 2.6%、1.5%、1.6%、1.4%、2.0%，表明供试品溶液在 24 h 内能稳定性良好。

2.9 回收率试验

取已知 Pb、Cd、As、Hg、Cu 含量的青钱柳样品（贵州省剑河县 5 月份采摘）各 9 份，精密称定，每份约 0.25 g。分别按低、中、高 3 个浓度加入“2.1”项下的各重金属元素对照品储备液适量（Pb 加入量为：250.0、450.0、550.0 ng，Cd 加入量为：35.00、65.00、87.00 ng，As 加入量为：40.00、80.00、94.00 ng，Hg 加入量为：10.00、20.00、24.00 ng，Cu 加入量为：1.250、

2.250、2.750 μg ），再分别按照“2.2”项下方法制备供试品溶液，在“2.3”项下的方法测定，每个浓度平行测定 2 份，记录吸光度，计算各组分的平均回收率分别为：89.6%、90.1%、92.2%、96.4%、92.1%，RSD 分别为：3.3%、3.2%、2.9%、2.7%、2.9%。表明回收率良好，该方法有效可行。

2.10 样品含量测定

分别精密称取 12 批不同来源的青钱柳样品，按“2.2”项下方法制备供试品溶液，按“2.3”项下的方法测定，含量测定结果见表 1。

表 1 不同来源样品 5 种重金属元素含量测定结果 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $n=2$)

Tab. 1 The determination results of the 5 heavy metals from different areas

来源 (region)	Pb	Cd	As	Hg	Cu
贵州省剑河县 (3 月份采摘) (Jianhe county of Guizhou province, picked in March)	0.974 3	0.173 7	0.332 3	0.116 1	8.987
贵州省剑河县 (5 月份采摘) (Jianhe county of Guizhou province, picked in May)	1.671	0.277 6	0.345 6	0.086 19	8.509
贵州省剑河县 (7 月份采摘) (Jianhe county of Guizhou province, picked in July)	1.012	0.207 1	0.321 2	0.105 0	7.589
贵州省剑河县 (9 月份采摘) (Jianhe county of Guizhou province, picked in September)	1.333	0.178 4	0.341 2	0.100 2	10.01
贵州省剑河县 (10 月份采摘) (Jianhe county of Guizhou province, picked in October)	1.011	0.177 0	0.330 1	0.130 1	10.76
贵州省雷山县丹江镇 (Danjiang town, Leishan county in Guizhou province)	3.958	0.168 1	0.655 5	0.135 9	5.620
贵州省雷山县大塘镇 (Datang town, Leishan county in Guizhou province)	3.783	0.126 8	0.680 0	0.120 0	5.259
贵州省榕江县平阳乡 (Pingyang town, Rongjiang county in Guizhou province)	3.635	0.155 7	0.768 5	0.107 5	5.817
贵州省雷山县永乐镇 (Yongle town, Leishan county in Guizhou province)	3.792	0.172 7	0.596 9	0.122 9	6.558
广西资源县 (Ziyuan county in Guangxi province)	1.096	0.158 7	0.369 5	0.087 56	16.18
湖南桑植县 (Sangzhi county in Hunan province)	1.342	0.187 2	0.338 2	0.146 2	12.12
江西铜鼓县 (Tonggu county in Jiangxi province)	1.682	0.054 4	0.332 7	0.142 3	9.624

3 讨论

3.1 消解方法的选择

本研究中采用全自动石墨炉消解法处理的样品可用于 Pb、Cd、As、Cu 的测定，该方法从精确添加各种试剂到加热、赶酸、定容等全程均可由软件控制，简便快捷，可避免腐蚀性酸对实验人员的危害，且消解管采用环绕式加热，整体受热均匀，精度更高，重复性更好^[11]。但该方法的消解过程属于全敞式，且为

了更完全地对样品进行消解，消解过程中加入硝酸和高氯酸，消解的温度较高，而汞既易挥发也易吸附，不适合采用全自动石墨炉消解法，所以采用压力罐消解法进行消解，该方法消解完全，简便，重复性良好^[12-13]。

3.2 重金属残留量分析

参考中国药典 2015 年版一部对部分植物药材，如，金银花、白芍、甘草、丹参等重金属及有害元素的限量规定^[14]，同时结合《WM/T 2-2004 药用植物

及制剂外经贸绿色行业标准》对药用植物原料、饮片、提取物制剂的重金属限量的统一规范^[15],即:铅不得过 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,镉不得过 $0.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,砷不得过 $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,汞不得过 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,铜不得过 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。本研究对 12 批不同来源的青钱柳 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的含量进行测定,结果分别为 0.974 3~4.058、0.054 4~0.276 4、0.321 2~0.768 5、0.085 36~0.146 2、5.259~16.68 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,均未超出限量值,表明本研究中青钱柳叶样品重金属及有害元素污染程度较低,安全性相对较好。5 种重金属元素中 Cu 的含量较高,Cd 与 Hg 的含量较低。但青钱柳是否对铜元素具有较强的富集作用还有待进一步研究。

青钱柳是在自然环境中生长的植物,由于社会工业化发展越来越迅速,重金属及有害元素易在土壤、空气及水中富集,再加农药化肥及加工过程的可能代入,其存在重金属及有害残留物质污染的概率较高。因此,本研究通过对青钱柳叶 5 种重金属 Pb、Cd、As、Hg、Cu 的残留量进行检测与分析,对其安全性进行了初步探讨,为完善其质量控制方法和促进相关产品的开发提供科学依据。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (21 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1979
The Editorial Committee of Flora of Chinese Academy of Sciences. Flora of China, vol 21 [M]. Beijing: The Science Publishing Company, 1979
- [2] 王克全, 曹莹. 青钱柳化学成分及药理作用的研究进展 [J]. 黑龙江医学, 2007, 8(31): 577
WANG KQ, CAO Y. Research progress in the chemical constituents and pharmacologic activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinshaja [J]. Heilongjiang Med J, 2007, 8(31): 577
- [3] 何艳, 殷志琦, 张健, 等. 青钱柳地上部分的化学成分研究 [J]. 药学与临床研究, 2012, 20(3): 187
HE Y, YIN ZQ, ZHANG J, et al. Chemical constituents from the aerial parts of *Cyclocarya paliurus* [J]. Pharm Clin Res, 2012, 20(3): 187
- [4] 黄新亚, 杨丽. 浅谈青钱柳的开发利用价值田绿色科技 [J]. 绿色科技, 2013, (09): 143
HUANG XY, YANG L. Discussion on the development and utilization value of *Cyclocarya paliurus* [J]. J Green Sci Technol, 2013, (09): 143
- [5] 张勇. 珍稀树种青钱柳引种育苗及造林试验 [J]. 安徽农业学报, 2016, 22(10): 97
ZHANG Y. The test of rare species of *Cyclocarya paliurus* in seedling and planting [J]. Anhui Agri. Sci. Bull, 2016, 22(10): 97
- [6] 李磊, 谢明勇, 易醒, 等. 青钱柳多糖组分及其降血糖活性研究 [J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 484
LI L, XIE MY, YI X, et al. Bioactivity of polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsh leaves in reducing blood sugar [J]. Acta Agric Univ Jiangxi, 2001, 23(4): 484
- [7] 张小芳, 段小群, 卢曦, 等. 青钱柳多糖对糖尿病小鼠血糖水平和胰腺组织形态的影响 [J]. 华夏医学, 2010, 2(23): 15
ZHANG XF, DUAN XQ, LU X, et al. The effect of *Cyclocarya paliurus* polysaccharide (CP) on blood glucose and histomorphology of pancreas in diabetic mice [J]. Acta Med Sin, 2010, 2(23): 15
- [8] 李婷婷, 石叶蓉, 吴彩娥, 等. 青钱柳茶的化学成分、农残及挥发性成分分析 [J]. 食品与机械, 2015, 4(31): 10
LI TT, SHI YR, WU CE, et al. Analysis of chemical and volatile components of *Cyclocarya paliurus* tea [J]. Food Machin, 2015, 4(31): 10
- [9] 李磊, 谢明勇, 邓泽元, 等. 青钱柳无机元素的初级形态分析 [J]. 南昌大学学报 (工科版), 2000, 22(1): 74
LI L, XIE MY, DENG ZY, et al. Primary speciation analysis of inorganic elements in *Cyclocarya paliurus* [J]. J Nanchang Univ, 2000, 22(1): 74
- [10] 曾珠亮, 蒋天智. 雷山县青钱柳叶中铁、锌、铜含量研究 [J]. 凯里学院学报, 2016, 3(34): 57
ZENG ZL, JIANG TZ. Study on the content of Fe, Zn and Cu in the leaves of *Cyclocarya paliurus* from Leishan county [J]. J Kaili Univ, 2016, 3(34): 57
- [11] 陈祖武, 龚浩如, 喻凤香, 等. 全自动消解石墨炉原子吸收光谱法测定土壤中的镉 [J]. 作物研究, 2016, 1(30): 81
CHEN ZW, GONG HR, YU FX, et al. Determination of Cd in soil samples using automatic digestion instrument and graphite furnace atomic absorption spectrometry [J]. Grop Res, 2016, 1(30): 81
- [12] 郭红丽, NORTH C, 刘利亚, 等. 不同消解方法对定量测定人参皂苷中 5 种重金属的对比研究 [J]. 华西药理学杂志, 2015, 30(4): 511
GUO HL, NORTH C, LIU LY, et al. Comparison research on the determination of 5 kinds of heavy elements in ginsenoside by the different digestion methods [J]. West China J Pharm Sci, 2015, 30(4): 511
- [13] 武国华, 陈艾亭, 李龙. 原子吸收光谱法在中草药微量元素及重金属分析中的应用 [J]. 江苏科技大学学报, 2012, 6(26): 615
WU GH, CHEN AT, LI L. Application of atomic absorption spectrometry to determining trace elements and heavy metals in Chinese traditional medicine [J]. J Jiangsu Univ Sci Technol, 2012, 6(26): 615
- [14] 中国药典 2015 年版. 一部 [S]. 2015: 105
Ch P 2015. Vol I [S]. 2015: 1051
- [15] 药用植物及制剂外经贸绿色行业标准 [S]. 2005: 1
Green Industry Standard of Foreign Trade of Medicinal Plants and Preparations [S]. 2005: 1

(本文于 2016 年 12 月 20 日收到)