



# 商品磁石中水溶性铁、重金属及有害元素分析研究

傅兴圣<sup>1</sup>, 刘训红<sup>1\*</sup>, 林瑞超<sup>2</sup>, 许虎<sup>1</sup>, 周逸芝<sup>1</sup>, 吴德康<sup>1</sup>, 刘圣金<sup>1</sup>

(1. 南京中医药大学, 江苏南京 210046;  
2. 中国药品生物制品检定所, 北京 100050)

**[摘要]** 目的:分析商品磁石中水溶性铁元素、重金属及有害元素,为磁石药材的质量控制及安全性评价提供参考依据。方法:采用原子吸收分光光度法测定磁石药材中水溶性铁(Fe)、铅(Pb)、镉(Cd)和铜(Cu)的含量,用原子荧光分光光度法测定其水溶性砷(As)、汞(Hg)的含量。结果:磁石药材中水溶性Fe的量均值为 $764.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,水溶性As, Hg, Pb, Cd, Cu的含量均在药材的限量范围之内;样品加样回收率为93.7%~110.6%,RSD<5.0%。结论:分析磁石药材中水溶性铁、重金属及有害元素,对磁石药材的质量控制及安全性评价,更具实用价值。

**[关键词]** 磁石;铁;重金属及有害元素;原子吸收分光光度法;原子荧光分光光度法

磁石为常用中药,历代医家著作及历版《中国药典》均有记载。临床上用于治疗头晕目眩、视物昏花、耳鸣耳聋、惊悸失眠、肾虚气喘等证<sup>[1-2]</sup>。其主含元素或指标性元素为铁,药典仅用容量法测定全铁量控制磁石质量,文献报道大多也只是以铁的溶出率作为炮制工艺的指标<sup>[3-5]</sup>,未见以水溶性铁作为磁石质量分析研究指标的报道。重金属及有害元素的控制是保证中药临床应用安全性的重要方面,目前许多中药及中成药都已经建立的切实可行的重金属及有害元素的检测方法,以保证中药临床应用的安全性<sup>[6-9]</sup>。对于大多数中药材,尤其是矿物药,尚未见有与临床汤剂相关的水溶性的重金属及有害元素的分析研究。本实验根据矿物药在汤剂中的应用特点,探讨矿物药在临床汤剂中应用的有效性及其安全性,测定磁石水溶性铁、重金属及有害元素的含量,更具有实用价值,并且与前期的研究基础进行结合分析<sup>[10-11]</sup>,为评价磁石药材临床应用的有效性及其安全性提供参考依据。

## 1 材料

仪器:GGX-9 原子吸收分光光度计(北京,北京海光仪器公司),AFS-230E 原子荧光光度计(北京,北京海光仪器公司),镉(Cd)、铜(Cu)、铁(Fe)、汞

(Hg)、砷(As)、铅(Pb)单元素高性能空心阴极灯(北京有色金属研究总院),电子分析天平(赛多利斯)。

试剂: Cd, Cu, Hg, As, Pb, Fe 单元素标准溶液(国家标准物质研究中心),实验试剂除盐酸、硝酸为优级纯外,其余均为分析纯,实验用水均为去离子水。

所有磁石药材样品为实地收集或由相关单位提供,均经南京大学孔庆友教授鉴定,为氧化物类矿物尖晶石族磁铁矿,留样保存于南京中医药大学中药鉴定教研室。磁石样品见表1。

## 2 方法

### 2.1 测定条件

**2.1.1 原子荧光分光光度法** 光电倍增管负高压300 V,原子化器温度200℃,原子化器高度8 mm(测Hg为10 mm),灯电流80 mA,载气流量 $600 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ,屏蔽气流量 $1000 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。测量条件:读数时间10 s,延迟时间1 s,重复1次,标准曲线法测量,读数方式为峰面积。

**2.1.2 原子吸收分光光度法** 工作方式:吸收;光谱带宽0.2 nm;燃烧器高度7.0 mm;空气流量 $5.0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ;乙炔气流量 $1.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ;各元素灯电流及负高压依操作而定。测量条件:读数时间3 s;重复1次,标准曲线法测量;读数方式为峰面积。

### 2.2 标准曲线制备

**2.2.1 砷标准曲线** 精密移取0.1 mL 砷标准溶液( $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ),用5%盐酸为介质稀释至

[稿件编号] 20101216010

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BA155B02)

[通信作者] \* 刘训红,教授, Tel: (025) 85811511, E-mail: liux-unh1959@sohu.com

[作者简介] 傅兴圣,硕士研究生,主要从事中药品质评价研究



表1 磁石样品来源

样品	产地	批号	炮制	来源
S1	河北宣化	081107	生品	安徽亳州药材市场
S2	山东	0812006	生品	天津市中药饮片厂
S3	河南	090126	生品	甘肃九方药业有限公司
S4	山东	090318	生品	安徽省亳州市药材总公司
S5	山东	090416	生品	安徽省亳州市药材总公司
S6	四川	090313	生品	安徽亳州药材市场
S7	河北张家口宣化关底	090128	生品	安徽亳州药材市场
S8	湖北	081227	生品	安徽省亳州市药材总公司第二批发部
S9	河北	090206	生品	河南聚仁中药饮片有限公司
S10	山西	090406	生品	贵州裕仁标准药材饮片开发有限公司
S11	河北	090325	生品	商丘天龙药业有限公司
S12	湖北	090415	煨品	安徽省亳州市药材总公司第二批发部
S13	未知	081114	生品	南京中医药大学
S14	河北	901308101	生品	北京卫仁中药饮片厂
S15	河北	080501	生品	北京华邈中药工程技术来发中心
S16	河北	901308201	煨品	北京卫仁中药饮片厂
S17	河北	081101	煨品	北京华邈中药工程技术来发中心
S18	江苏	20011122	生品	南京药业股份有限公司
S19	江苏	20011122	煨品	南京药业股份有限公司
S20	河北	090410	生品	安徽省亳州市药材总公司
S21	河北张家口	090411	煨品	安徽省亳州市药材总公司
S22	河南	090317	生品	安徽省亳州市药材总公司
S23	山东	20090909	生品	山东中医药大学
S24	山东	20090909	煨品	山东中医药大学
S25	河北	080821	煨品	浙江中医药大学
S26	河北	080821	生品	浙江中医药大学

1 mg · L<sup>-1</sup>的砷标准储备液。分别取适量砷标准储备液于事先加入 5 mL 硫脲-抗坏血酸(各含 50 g · L<sup>-1</sup>)混合液(还原掩蔽剂)的 50 mL 量瓶中,以 5% HCl 定容至刻度,摇匀,制成含砷量为 0,1,2,4,6,8 μg · L<sup>-1</sup>的系列溶液,室温下放置 30 min 后测定。以荧光强度(IF)为纵坐标,质量浓度(C)为横坐标制备标准曲线,砷的线性方程 IF = 793.745C + 693.259, r = 0.999 1。以信噪比等于 3(S/N = 3)时的相应浓度确定最低检测限(下同),砷的检测限为 0.041 5 μg · L<sup>-1</sup>。

**2.2.2 汞标准曲线** 精密移取 50 μL 汞标准溶液(1 000 mg · L<sup>-1</sup>),用 5% 盐酸为介质稀释至 1 mg · L<sup>-1</sup>的汞标准储备液。分别取汞标准储备液适量于事先加入 5 mL 硫脲-抗坏血酸(各含 50 g · L<sup>-1</sup>)混合液(还原掩蔽剂)的 50 mL 量瓶中,用 5% 盐酸定容至刻度,摇匀,制成含汞量为 0,0.5,1.0,2.0,4.0,8.0 μg · L<sup>-1</sup>的标准系列溶液,室温下放置 30

min 后测定。以荧光强度(IF)为纵坐标,质量浓度(C)为横坐标制备标准曲线,汞的线性方程 IF = 205.258C + 55.121, r = 0.999 5。检测限为 0.011 9 μg · L<sup>-1</sup>。

**2.2.3 铁标准曲线** 精密移取 1 mL 铁标准溶液(500 mg · L<sup>-1</sup>),用 2% 硝酸定容至 100 mL,得到 5 mg · L<sup>-1</sup>标准储备液,分别移取标准储备液适量,用 2% 硝酸溶液稀释成每 1 mL 各含铁 0,0.1,0.5,1.0,2.0,3.0 μg 的溶液。以吸光度(A)为纵坐标,质量浓度(C)为横坐标,制备标准曲线,铁的线性方程 A = 0.003C + 0.004, r = 0.999 5。检测限为 0.001 mg · L<sup>-1</sup>。

**2.2.4 铅标准曲线** 精密移取 20 μL 铅标准溶液(1 000 mg · L<sup>-1</sup>),用 2% 硝酸定容至 100 mL,得到 200 μg · L<sup>-1</sup>标准储备液,分别移取标准储备液适量,用 2% 硝酸溶液稀释成每 1 mL 各含铅 0,5,20,40,60,80 ng 的溶液。以吸光度(A)为纵坐标,质量



浓度( $C$ )为横坐标,制备标准曲线, $r=0.9997$ 。检测限为 $0.126\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

**2.2.5 镉标准曲线** 精密移取 $10\ \mu\text{L}$ 镉标准溶液( $1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),用2%硝酸定容至 $100\ \text{mL}$ ,得到 $100\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 标准储备液,分别移取标准储备液适量,用2%硝酸溶液稀释成每 $1\ \text{mL}$ 各含镉 $0, 0.8, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0\ \text{ng}$ 的溶液。以吸光度( $A$ )为纵坐标,质量浓度( $C$ )为横坐标,制备标准曲线,镉的线性方程 $A=0.005C-0.004$ , $r=0.9997$ 。检测限为 $0.053\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

**2.2.6 铜标准曲线** 精密移取 $0.1\ \text{mL}$ 铜标准溶液( $1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),用2%硝酸定容至 $10\ \text{mL}$ ,得到 $10\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 标准储备液,分别移取标准储备液适量,用2%硝酸溶液稀释成每 $1\ \text{mL}$ 各含铜 $0, 0.05, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8\ \mu\text{g}$ 的溶液。以吸光度( $A$ )为纵坐标,浓度( $C$ )为横坐标,制备标准曲线,铜的线性方程 $A=0.141C+0.0001$ , $r=0.9995$ 。检测限为 $0.001\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

### 2.3 供试品溶液制备

取样品粉末 $1.0\ \text{g}$ (过 $200$ 目筛),精密称定,置锥形瓶中,加 $40\ \text{mL}$ 去离子水,水浴( $100\ ^\circ\text{C}$ )提取 $3\ \text{h}$ ,过滤,定容至 $50\ \text{mL}$ ,作为铁、铅、镉、铜测定样品液;取上述样品液 $20\ \text{mL}$ ,加入到事先加了 $2.5\ \text{mL}$ 硫脲-抗坏血酸(各含 $50\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )混合液(还原掩蔽剂)的 $25\ \text{mL}$ 量瓶中,用去离子水定容,作为砷、汞测定样品液。

### 2.4 测定方法

根据设定好的仪器条件,取供试品溶液足量,原子荧光分光光度法分别自动进样测砷、汞,原子吸收分光光度法毛细管进样测 $\text{Fe}, \text{Cu}, \text{Cd}, \text{Pb}$ ,仪器根据各元素标准曲线自动测得供试品溶液中各元素浓度。

## 3 结果

### 3.1 方法学考察

**3.1.1 精密度试验** 分别取 $4\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的砷标准溶液、 $2\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 汞的标准溶液分别重复进样测定 $6$ 次,砷、汞荧光强度的RSD分别为 $0.87\%$ , $1.3\%$ ;分别取 $40\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的铅溶液、 $4.0\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的镉溶液和 $0.4\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的铜溶液,取 $1.0\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的铁标准元素溶液,分别重复进样 $6$ 次,铅、镉、铜浓度的RSD分别为 $4.3\%$ , $2.8\%$ , $1.2\%$ ,铁浓度的RSD $2.3\%$ 。

**3.1.2 重复性试验** 取同批样品(S19),按样品测

定项下方法测定 $5$ 次,As平均质量分数 $0.3617\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,RSD $2.7\%$ ;Hg平均质量分数 $0.5233\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,RSD $1.2\%$ ;Cd平均质量分数 $0.295\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,RSD $3.1\%$ ;Cu平均质量分数 $0.002\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,RSD $4.2\%$ ;Fe平均质量分数 $15.731\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,RSD $2.2\%$ 。铅均未检出。

**3.1.3 稳定性试验** 分别取样品19的供试品溶液,按样品测定方法操作,每隔半小时测定 $1$ 次,重复测定 $6$ 次,As, Hg的荧光强度的RSD分别为 $0.42\%$ , $0.17\%$ ;Cd, Cu, Fe的浓度的RSD分别为 $2.6\%$ , $3.2\%$ , $1.3\%$ ,说明供试品在 $3\ \text{h}$ 内稳定。铅均未检出。

**3.1.4 加样回收率试验** 取S19约 $0.5\ \text{g}$ ,精密称定,分别精密加入铁标准溶液 $355\ \mu\text{L}$ , As, Hg, Pb, Cd, Cu标准储备液 $12, 16, 20, 100, 10\ \mu\text{L}$ ,依样品测定法操作,计算回收率( $n=5$ )。结果As的平均回收率为 $93.7\%$ ,RSD $4.2\%$ ;Hg的平均回收率为 $103.4\%$ ,RSD $2.2\%$ ;Pb的平均回收率为 $109.7\%$ ,RSD $3.4\%$ ;Cd的平均回收率为 $96.3\%$ ,RSD $3.0\%$ ;Cu的平均回收率为 $106.3\%$ ,RSD $5.4\%$ ,Fe的平均回收率为 $110.6\%$ ,RSD $2.9\%$ 。Fe的加样回收率偏高,可能原因是由于各元素标准溶液中的酸的影响造成。

方法学考察结果显示此方法灵敏度高,重复性好,可用于以上各元素的测定分析。

### 3.2 测定结果

根据各供试品溶液中水溶性铁、重金属及有害元素的仪器测定结果,计算各元素在样品中的含量,见表2。

有害元素测定结果显示:砷元素仅在 $2$ 个样品中检出,而且量极低,均小于 $0.025\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;而用古蔡氏法对磁石进行砷盐检查,大多数样品均砷超标,说明磁石中的砷盐基本上不溶于水。有 $11$ 个样品未检出水溶性汞元素,检出的 $15$ 个样品为 $0.008\sim 0.0892\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,说明不同的磁石样品,水溶性汞的含量差异显著,但含量比较低。只在 $2$ 个样品中检测到水溶性铅元素,说明磁石药材中水溶性铅含量极低。只有 $2$ 个样品未检出水溶性镉,而有 $24$ 个样品中检出了镉,范围在 $0.0066\sim 0.1454\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,说明磁石中水溶性镉较砷、汞、铅 $3$ 种重金属及有害元素含量要大得多,但是含量亦较低( $<0.3\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。铜既是人体的必须元



表 2 各样品含量砷、汞、铅、镉、铜测定  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

样品	元素					
	Fe	As	Hg	Pb	Cd	Cu
S1	841.79	ND	0.029 8	ND	0.019 3	0.149 9
S2	718.63	ND	ND	ND	0.020 5	ND
S3	689.00	ND	ND	ND	0.024 7	ND
S4	926.36	ND	ND	ND	0.049 4	ND
S5	1 220.46	ND	ND	ND	0.050 6	ND
S6	606.84	ND	0.006 0	0.248 0	0.110 8	0.050 0
S7	894.17	ND	0.017 1	ND	0.022 3	0.099 9
S8	756.29	ND	0.041 6	ND	0.022 4	0.099 9
S9	823.35	ND	0.089 2	ND	0.036 5	ND
S10	634.50	ND	ND	ND	0.046 6	ND
S11	682.00	ND	0.004 4	ND	0.012 4	0.449 9
S12	787.14	ND	ND	ND	0.073 7	0.150 0
S13	654.14	ND	0.000 8	ND	0.014 9	0.850 5
S14	564.97	ND	ND	ND	0.145 4	1.049 5
S15	647.10	0.021 5	ND	0.083 0	0.027 0	1.501 1
S16	874.32	ND	ND	ND	0.061 2	ND
S17	786.16	ND	0.008 6	ND	0.017 9	0.100 0
S18	788.07	ND	0.007 2	ND	0.029 7	ND
S19	710.48	0.022 6	0.032 8	ND	0.014 8	0.100 0
S20	722.01	ND	0.053 0	ND	0.005 2	ND
S21	702.24	ND	0.004 8	ND	0.011 9	ND
S22	756.73	ND	ND	ND	0.026 7	ND
S23	740.28	ND	0.020 4	ND	0.008 3	0.249 8
S24	824.62	ND	0.022 3	ND	ND	0.149 9
S25	925.09	ND	0.014 9	ND	ND	ND
S26	594.98	ND	ND	ND	0.006 6	0.250 1

注:ND. 未检出。

素,但过量又会对人体造成伤害,约占一半的样品中未检出水溶性的铜,在检出铜元素的样品中,质量分数  $0.05 \sim 1.501 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,在安全范围之内。

铁元素作为磁石药材中的主元素,通过所有样品水溶性铁含量测定可以发现:最低的为  $564.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,最高的为  $1 220.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均值为  $764.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有 11 个样品的含量高于平均值,大多数样品水溶性铁的量分布在  $650 \sim 800 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

#### 4 讨论

本实验根据磁石临床应用先煎、久煎的原理,将磁石粉末经过久煎(3 h)处理,通过原子荧光分光光度法和原子吸收分光光度法分别测定了磁石中的主元素 Fe,5 种重金属及有害元素(As, Hg, Pb, Cd, Cu),更加符合磁石在临床汤剂中的应用情况,为磁石临床入汤剂先煎、久煎应用的有效性及其安全性提供了可参考的理论依据。

结合磁石全铁量测定<sup>[10]</sup>,以全铁量不低于 48% 为指标,比较各样品水溶性铁元素含量,结果显示,全铁量大于 48% 的 11 个磁石样品中,仅有 2 个样品的水溶性铁低于  $650 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;而全铁量小于 48% 的 8 个磁石样品中,有 3 个样品的水溶性铁低于  $650 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;磁石的水溶性铁的总平均值为  $750.61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。各炮制品中,水溶性铁最低为  $702.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均为  $801.44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。磁石炮制后铁元素的溶出率增加,即炮制有利于磁石铁元素的溶出。本实验为磁石的有效性及其炮制增效提供了有效的参考依据。

18 个磁石样品中,分别只有 2 个检出了水溶性砷和铅,而炮制品中未检出;9 个磁石样品检出了水溶性汞,其平均值为  $0.022 7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,4 个炮制品检出了水溶性汞,其平均值为  $0.016 7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;16 个生品中检出了水溶性镉,平均值为  $0.044 4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,7 个批次煅磁石样品中均检出了水溶性镉,平均值为  $0.027 8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;10 个生品检出了水溶性铜,平均值为  $0.450 1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,5 个炮制品检出了水溶性铜,平均值为  $0.167 0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。结果说明磁石中的砷和铅可能以水不溶性形态存在,不能说明炮制对其水溶性砷、铅的变化影响;磁石炮制后水溶性汞、镉、铜 3 个元素的溶出减少,可能是由于炮制过程中挥发或形成难溶的化合物。本实验为磁石炮制减毒提供了有效的参考依据。

通过对上述 5 种重金属及有害元素进行分析,与 ICP-MS 进行全元素分析<sup>[11]</sup>进行比较,结果显示,虽然磁石药材中这几种元素的含量多大于药材中铅(Pb)  $\leq 5.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,镉(Cd)  $\leq 0.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,汞(Hg)  $\leq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,砷(As)  $\leq 2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,铜(Cu)  $\leq 20.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的限量标准。但是磁石药材中的水溶性的 5 种重金属及有害元素均在药材的限量范围之内。本实验以水溶性的重金属及有害元素的测定指标,不仅为磁石药材重金属及有害元素的控制提供了参考依据,也为可入汤剂的矿物药中重金属及有害元素的控制提供借鉴。

本实验用原子吸收光谱法和原子荧光光谱法,分析研究商品磁石中水溶性铁、重金属及有害元素,更具有实际应用价值,其方法灵敏度高,重复性好,可用于磁石药材的质量控制及其安全性评价,亦为磁石药材质量标准的修订、提高,提供有价值的参考资料。



## [参考文献]

- [1] 中国药典. 一部[S]. 2010: 344.
- [2] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 94.
- [3] 吕秀莲, 施丛蓉, 陈妍妍. 磁石煅烧方法的最佳选择[J]. 中医药信息, 1998, 2: 31.
- [4] 林小明. 磁石炮制工艺的探讨[J]. 中成药, 1993, 15(11): 19.
- [5] 闫静, 贾桂芝, 沙延生. 磁石最佳炮制条件的实验研究及其微量元素的测定[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(2): 86.
- [6] 金红宇, 田金改, 林瑞超. 原子吸收分光光度法测定中药中部分重金属及有害元素的含量[J]. 中国药品标准, 2005, 64: 14.
- [7] 何佩雯, 杜钢, 赵海誉, 等. 微波消解-原子吸收光谱法测定9种中药材中重金属含量[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(9): 1707.
- [8] 郭素华, 余波, 杨培坤, 等. 闽产47种中成药中重金属的含量测定[J]. 中国药学杂志, 2005, 40(4): 305.
- [9] 萨力塔·娜提, 金红宇, 聂黎行, 等. 原子吸收法及原子荧光法测定参附注射液中5种重金属及有害元素的残留量[J]. 中国药事, 2008, 22(12): 1084.
- [10] 傅兴圣, 许虎, 刘训红, 等. 磁石的质量分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(7): 29.
- [11] 傅兴圣, 刘训红, 林瑞超, 等. 中药磁石无机元素的ICP-MS分析[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(11): 2055.

## Study on water-soluble iron, heavy metals and harmful elements of *Magnetitum*

FU Xingsheng<sup>1</sup>, LIU Xunhong<sup>1\*</sup>, Lin Ruichao<sup>2</sup>, XU Hu<sup>1</sup>, ZHOU Yizhi<sup>1</sup>, WU Dekang<sup>1</sup>, LIU Shengjin<sup>1</sup>

(1. Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210046, China;

2. National Institute for the Control of Pharmaceutical and Biological Products, Beijing 100050, China)

[Abstract] **Objective:** To measure the contents of the water-soluble iron, five heavy metals and harmful elements in *Magnetitum* and provide a basis for the quality control and safety evaluation of *Magnetitum*. **Method:** Iron (Fe), lead (Pb), cadmium (Cd) and copper (Cu) were determined by atomic absorption spectrometry (AAS); arsenic (As) and mercury (Hg) were determined by atomic fluorescence spectrometry (AFS). **Result:** The mean content of element iron is 764.30 mg · kg<sup>-1</sup>. The contents of five water-soluble heavy metals and harmful elements in *Magnetitum* were within the safety range. The recovery of the standard addition was in the range of 93.7%-110.6%, and the RSD was less than 5.0%. **Conclusion:** Analyzing the water-soluble iron, heavy metals and harmful elements in *Magnetitum* is effective to the quality control and the safety evaluation of *magnetitum*.

[Key words] *Magnetitum*; iron; heavy metals and harmful elements; atomic absorption spectrometry; atomic fluorescence spectrometry

doi:10.4268/cjcmm20111205

[责任编辑 吕冬梅]