

蒙药绿松石的质量标准研究*

白文明¹, 莲花¹, 渠 弼¹, 那生桑^{2**}

(1. 内蒙古医科大学药学院 呼和浩特 010110; 2. 内蒙古医科大学民族医药创新中心 呼和浩特 010110)

摘要:目的 建立蒙药绿松石的质量标准。方法 收集不同产地绿松石,共10批。观察绿松石样品和粉末的性状并进行理化鉴别;按2020年版《中国药典》(四部)通则方法测定绿松石样品中水分、浸出物含量;采用原子吸收光谱法测定绿松石样品铜元素含量。结果 绿松石为不规则、周围带有黑石的块状物,表面蓝绿色,体重,质硬脆,难砸碎,断面呈贝壳状,蜡样光泽,粉末呈灰绿色,无臭,味淡;理化鉴别结果显示,呈铜盐反应;10批次样品中水分含量为0.41%~3.94%(SD=1.37%),浸出物含量为0.21%~0.81%(SD=0.21%),铜元素含量为3.03%~4.63%(SD=0.63%)。结论 初步拟定绿松石中水分含量不得超多5.0%、浸出物含量不得低于0.10%,铜元素含量应为2.60%~4.84%,制定的标准可用于蒙药材绿松石的质量控制。

关键词:绿松石 原子吸收光谱法 含量测定 铜元素含量

doi: 10.11842/wst.20200826004 中图分类号: R914 文献标识码: A

矿物药是传统蒙药不可或缺的重要组成部分,有着悠久的临床应用历史。现代蒙医临床上常用的蒙药方剂中矿物药出现的频率较高,充分反映了矿物药在蒙医临床的重要地位以及开展矿物药相关研究的重要价值。绿松石(Turquoise),蒙药名为沃优(Oyuu),是代表性的矿物质蒙药之一,蒙医临床上主要用于治疗肝热及各种中毒病症等。绿松石主要化学成分为含结晶水的铜铝磷酸盐 $[\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$,呈蓝绿色或黄绿色,矿石颜色主要取决于铜离子(蓝绿色)和微量铁离子(土黄色)的相对含量。绿松石在我国境内有广泛的分布,主产区有湖北、陕西、河南、安徽、新疆维吾尔自治区及青海等地^[1-4]。绿松石用药历史悠久、临床用药经验丰富,传统蒙医药书籍《认药白晶鉴》^[5]、《无误蒙药鉴》^[6]、《金光注释集》^[7]等均有对绿松石的记载。不同地区用药习惯、配伍药材及对应病症均存在一定差异,所以流传至今的临床用含绿松石的处方种类较多,如《蒙医药方汇编》^[8]中记载的与红花、香青兰、绿绒蒿等配伍制成的七味松石散可治疗血协

日性肝热,肝包如等病症;《方剂学》中记载的与丁香、檀香、葡萄干等配伍制成的八味松石散可治疗肝热,增胜热,血热,协日热,毒热等病症。另有,相关研究人员通过现代药理学实验证明处方中配伍有绿松石的藏药二十五味松石散和七十味松石丸分别具有广谱抗菌和抗肝硬化的活性,并对其作用机理进行了初步的探讨^[9-11]。此外,各级蒙医医院很多院内制剂也配伍有绿松石,在对相应病症的治疗方面发挥着显著的疗效。上述事实说明,绿松石在蒙医药病症治疗方面具有丰富的临床经验,且需求量大。

在制剂和临床用药环节中,对矿物药或含重金属矿物药进行质量控制及安全性评价是传统医药发展过程中始终关注的重点研究课题。绿松石属于天然矿石源药材,是多种元素经复杂且漫长的物理化学过程形成的无机化合物晶体。由于自然环境的差异,不同地区的矿石化学成分差异较大,其药用价值也参差不齐,所以在药材流通和制剂过程中对绿松石进行质量监控是保障临床用药安全和疗效的重要环节。蒙

收稿日期:2020-08-26

修回日期:2022-04-06

* 内蒙古自治区科技厅科技计划项目(NMKJJH2016-01):水牛角等蒙医常用药材的常规炮制工艺及质量标准研究,负责人:那生桑;内蒙古自治区药检所蒙药标准化项目(MB2019-01):《内蒙古蒙药饮片炮制规范》的修订,负责人:那生桑。

** 通讯作者:那生桑,博士,教授,主要研究方向:从事蒙药材质量标准研究。

药绿松石虽然应用广泛、临床需求量大,但现有的质量标准主要是基于性状和显微特点建立的评价体系,较为简单、专属性弱,且未收载含量测定项,既无完善的药材质量标准,也缺乏科学、系统的研究案例。上述原因致使绿松石药材质量控制环节上存在较大的问题,限制了绿松石相关产业的进一步发展。鉴于此,内蒙古自治区政府以科技厅和药检所为牵头单位,依托内蒙古医科大学的科研平台设立了多个蒙药材及炮制品质量标准研究项目,绿松石即为其研究品种之一。

药材流通和制剂过程中药材和饮片质量控制的检定内容主要包括性状、鉴别、检查、浸出物测定及含量测定等,本研究从外观性状、理化鉴别、水分检查、水溶性浸出物测定及铜元素含量测定等方面入手,尝试建立较为系统的准确评价绿松石药用价值的质量评价体系。

1 仪器与材料

1.1 实验仪器

ZEEnit 700P 原子吸收光谱仪 (Analytik Jena AG); KSW-5-12 马弗炉 (天津市中环实验电炉有限公司); DHG-9013A 型电热鼓风干燥箱 (上海一恒科学仪器有限公司); Millipore synergy 超纯水系统 (Merck KGaA)。

1.2 材料及试剂

5 个不同产地,共 10 批次绿松石分别购自西藏自治区 (批号:20140216、批号:20150225、批号:20170310、批号:20170426)、青海 (批号:20120518、批号:20150508、批号:20171013) 及河北 (批号:20161009、批号:20180528、批号:20160523) 药材市场。

1000 $\mu\text{g/mL}$ 铜单元素溶液标准物质 (中国计量科学研究院, GBW08615); 65% 浓硝酸 (优级纯, Merck, 批号: 1.00456.2508); 浓盐酸 (36%~38%)、硼砂、碳酸钾、亚铁氰化钾等均为市售分析纯试剂; 水为超纯水, 电阻率为 18.2 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$; 亚铁氰化钾试液: 取亚铁氰化钾 1 g, 加水 10 mL 使溶解, 注意本液临用新制;

2 方法与结果

2.1 绿松石性状

原药材为不规则、周围带有黑石的块状物。表面蓝绿色, 体重, 质硬脆, 难砸碎, 断面呈贝壳状, 蜡样光泽。如图 1a; 松石粉由松石研细制得。为灰绿色粉末。无臭, 味淡。见图 1b。

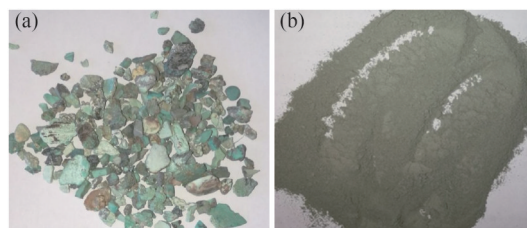


图1 绿松石原药材及炮制品(a:原药材;b:松石粉)

2.2 铜盐鉴别

如前所述,绿松石的主要化学成分为铜铝磷酸盐,所以本研究选择将铜离子作为理化鉴别的目标物质,基于沉淀显色反应建立相应的理化鉴别方法。

供试品溶液的制备:称取本品细粉 5 g,置 100 mL 量瓶中,加 15% 盐酸至刻度,摇匀,静置 24 h,定量滤纸过滤,即得。取供试品溶液,加亚铁氰化钾试液,生成红棕色沉淀,即 $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 。按上述实验方法对各批次绿松石样品进行鉴别分析,结果均呈阳性,可作为鉴别绿松石铜离子的分析方法。

2.3 水分含量的测定

水分照 2020 年版《中国药典》四部通则 0832—烘干法进行测定^[12]。

取本品 4 g,平铺于干燥至恒重的扁形称量瓶中,厚度不超过 5 mm,疏松供试品不超过 10 mm,精密称定,开启瓶盖在 100~105℃干燥 5 h,将瓶盖盖好,移置干燥器中,放冷 30 min,精密称定,再在上述温度干燥 1 h,放冷,称重,至连续两次称重的差异不超过 5 mg 为止。根据减失的重量,计算供试品中含水量 (%)。见表 1。

$$\text{水分}(\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m} \times 100\%$$

式中: m :恒重的称量瓶质量,g; m_1 :干燥后的质量,g; m_2 :干燥前的质量,g。

结果显示,各批样品水分含量在 0.41~3.94% 之间,均在 4% 以下。安徽产两批次药材的水分含量明显高于其他批次,究其原因可能与形成矿物晶体的自然环境有关^[13]。故暂拟定绿松石水分含量不得超过 5%。

2.4 浸出物的测定

照 2020 年版《中国药典》四部通则 2201 水溶性浸出物测定法(冷浸法)进行测定。^[12]

取本品约 4 g,精密称定,置 250~300 mL 的碘量瓶中,精密加水 100 mL,密塞,冷浸,前 6 h 内时时振摇,再静置 18 h,用干燥滤器迅速滤过,精密量取续滤液 20 mL,置已干燥至恒重的蒸发皿中,在水浴上蒸干

表1 各批次松石水分含量测定结果

产地	批次号	水分含量(平均值,%)	平均值	标准偏差
湖北(十堰市)	20140216	0.68	1.34%	1.37%
湖北(十堰市)	20150225	0.79		
安徽(马鞍山市)	20170310	3.94		
安徽(铜陵市)	20170426	3.87		
青海(海西州)	20120518	0.49		
青海(海西州)	20150508	0.41		
青海(海西州)	20171013	0.63		
陕西(安康市)	20161009	0.81		
陕西(安康市)	20180528	0.62		
新疆维吾尔自治区(哈密市)	20160523	1.12		

表2 各批次绿松石浸出物含量测定结果

产地	批次	浸出物含量(平均值,%)	平均值	标准偏差
湖北(十堰市)	20140216	0.29	0.53%	0.21%
湖北(十堰市)	20150225	0.41		
安徽(马鞍山市)	20170310	0.21		
安徽(铜陵市)	20170426	0.78		
青海(海西州)	20120518	0.58		
青海(海西州)	20150508	0.71		
青海(海西州)	20171013	0.81		
陕西(安康市)	20161009	0.36		
陕西(安康市)	20180528	0.48		
新疆维吾尔自治区(哈密市)	20160523	0.63		

后,于105℃干燥3 h,置干燥器中冷却30 min,迅速精密称定重量。除另有规定外,以干燥品计算供试品中水溶性浸出物的含量(%)。见表2。

$$\text{浸出物}(\%) = \frac{(m_2 - m_1) \times 5}{m} \times 100\%$$

式中: m :供试品质量,g; m_1 :蒸发皿的质量,g; m_2 :干燥后的蒸发皿的质量,g。

结果表明各批绿松石样品浸出物含量在0.21–0.81%之间,均在0.20%以上。考虑到各地药材质量差异,初步拟定绿松石浸出物含量不得低于0.10%。

2.5 含量测定

铜元素含量测定参照2020年版《中国药典》四部通则0406–原子吸收分光光度法项下的要求进行试验研究^[12]。铜含量测定方法学考察所用样品批次为20140216,试验数据按照2020年版《中国药典》四部指导原则9101项下的要求进行规范^[12]。

2.5.1 供试品溶液的制备

取本品0.2 g,精密称定,置于铂坩埚中,加硼砂–碳酸钾(1:1)混合熔剂3.0 g,搅匀,注意擦下粘在搅拌

棒上的熔剂,并入坩埚中,盖好坩埚,置1100℃马弗炉内熔融10 min,取出冷却至室温,连同坩埚盖放入微沸状态的2%硝酸溶液100 mL中,保持微沸直至熔融物完全溶解。取出坩埚及坩埚盖,用适量2%硝酸溶液洗涤,洗涤液并入供试品溶液中,冷却至室温,移置250 mL容量瓶中,加2%硝酸溶液稀释至刻度,摇匀。精确吸取上述供试品溶液1.00 mL,置100 mL容量瓶,加2%硝酸溶液至刻度,摇匀,即得。

2.5.2 铜元素含量的测定方法

光源:铜元素空心阴极灯,狭缝宽度为1.2 nm;灯电流为3.0 mA,分析线为324.7 nm。

火焰原子化器:乙炔为燃气、空气为助燃气的化学火焰(氩气为保护气),燃气/空气比例为0.075,燃气流量为50 NL/h,燃烧头高度为6 mm,火焰宽度为100 mm。

检测器:光电倍增管。

分别吸取对照品溶液与供试品溶液适量,喷入原子吸收分光光度计,在上述条件下测定吸光度,从标准曲线上读出供试品溶液中铜(Cu)的含量,带入下式计算,即得铜元素含量。

$$\text{铜元素含量}(\%) = \frac{m_1 \times 0.025}{m} \times 100\%$$

式中: m :供试品质量,g; m_1 :供试品溶液的测得量, $\mu\text{g/mL}$;0.025:转换系数。

2.5.3 方法学考察

(a) 线性关系

精密移取1000 $\mu\text{g/mL}$ 铜单元素标准溶液1.00 mL,置100 mL容量瓶中,用2%硝酸溶液稀释至刻度,得每1 mL含铜10 μg 的溶液,作为标准储备溶液。精密量取标准储备液0.50、2.00、4.00、6.00、8.00 mL,分别置100 mL容量瓶中,用2%硝酸溶液稀释至刻度,制得每1 mL分别含铜0.05、0.2、0.4、0.6、0.8 μg 的溶液。在测定条件下,将空白溶液与上述标准溶液依次喷入火焰,扣除空白,测得吸光度值,以吸光度为横坐标,浓度为纵坐标,绘制标准曲线。

结果显示,0~0.8 $\mu\text{g/mL}$ 浓度范围内呈现良好的线性关系。

(b) 精密度试验

照供试品溶液制备方法制得供试品溶液(100%水平)和空白溶液各1份,在相同的测定条件下连续进样6次,吸光度扣除空白,带入标准工作曲线得浓度。

结果显示,供试品溶液连续进样6次测得浓度分别为0.2803、0.2816、0.2836、0.2829、0.2797、0.2827 $\mu\text{g/mL}$,铜元素含量的相对标准偏差为0.50%,表明对铜元素含量仪器精密度良好。

(c) 稳定性试验

本研究以稳定性试验作为方法耐用性的评价因素,为所建立的方法用于常规检验提供依据。

照供试品溶液制备方法制得供试品溶液(100%水平)和空白溶液1份,分别在制备后的0、1、2、4、6、8 h各进样1次进行吸光度测量,吸光度扣除空白后,带入标准工作曲线得浓度。

结果显示,8 h内同一供试品溶液不同时间段测得的铜元素浓度分别为0.3112、0.3171、0.3158、0.3167、0.3174、0.3146 $\mu\text{g/mL}$,相对标准偏差为0.67%。表明,供试品溶液在8 h内是稳定的。

(d) 重复性试验

本研究选择多次取样测定结果的重复性作为含量测定方法的精密度评价标准,进行了试验研究。照供试品溶液制备方法制得供试品溶液6份(100%浓度水平)和空白溶液1份,依次进样,吸光度扣除空白后,带入标准工作曲线得浓度,并计算铜含量。结果见表3。

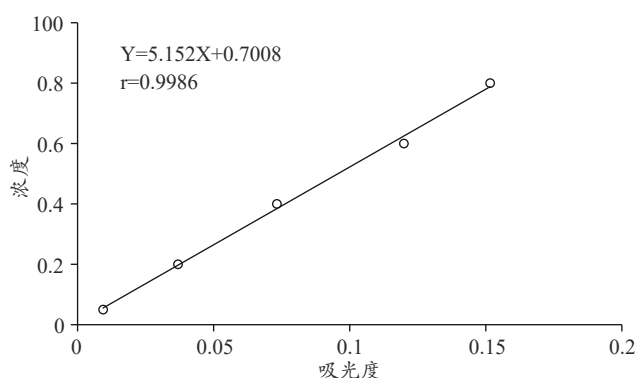


图2 铜含量标准工作曲线

表3 含量测定方法的重复性实验数据

称样质量(g)	测得浓度($\mu\text{g/mL}$)	铜含量(%)	平均值	相对标准偏差
0.2697	0.3347	3.10	3.22%	1.91%
0.1897	0.2463	3.25		
0.2383	0.3092	3.24		
0.2002	0.2537	3.17		
0.2478	0.3225	3.25		
0.1878	0.2463	3.28		

结果显示,6份相同浓度水平供试品溶液中的铜元素含量的相对标准偏差为1.9%。表明该方法的重复性良好。

(e) 加样回收试验

本研究通过加样回收试验对方法测定结果与真实值的接近程度进行了验证,用以评价含量测定方法的准确度。

称样量减半,平行取6份供试品,精密称定质量,将供试品中待测成分量与加入铜单质量之比控制在约1:0.5、1:1、1:1.5左右,加入铜单质,按供试品溶液制备方法制得供试品溶液6份(各比例2份),分别测定其含量,并计算加样回收率。结果见表4。

结果显示,铜元素的加样回收率在93.98~97.44%范围之内,平均值为95.91%,相对标准偏差为1.31%。表明该方法的准确度良好。

2.5.4 各批次样品的铜元素含量及含量限度值

依法对各批次绿松石中铜元素含量进行了测定。结果见表5。

结果绿松石含碱式磷酸铝铜以铜(Cu)计,含量为3.03~4.63%,均值为3.72%。将10批次绿松石药材铜元素含量均值上下浮动30%,即2.60%~4.84%作为铜元素含量标准。

表4 加样回收率实验数据

称样质量(mg)	样品中铜含量(mg)	标准铜加入量(mg)	测得量(mg)	加样回收率(%)	平均值	相对标准偏差
100.7	3.238	4.895	8.008	97.44	95.91%	1.31%
89.10	2.865	4.330	7.030	96.19		
118.6	3.814	3.625	7.313	96.52		
119.8	3.852	3.980	7.593	93.98		
120.3	3.868	1.930	5.738	96.86		
119.8	3.852	1.945	5.690	94.49		

表5 各批次松石铜含量测定实验数据

产地	批次	铜含量(平均值,%)	平均值	标准偏差
湖北(十堰市)	20140216	3.22	3.72%	0.63%
湖北(十堰市)	20150225	3.62		
安徽(马鞍山市)	20170310	4.63		
安徽(铜陵市)	20170426	3.60		
青海(海西州)	20120518	3.11		
青海(海西州)	20150508	3.03		
青海(海西州)	20171013	3.14		
陕西(安康市)	20161009	4.22		
陕西(安康市)	20180528	3.93		
新疆维吾尔自治区(哈密市)	20160523	4.71		

3 讨论

本研究收集的不同产地、不同批次绿松石样品间外观、性状无显著差异。概括总结了各批次样品的外观、颜色及气味等特点的基础上,对药材性状进行了规范化描述。对药材进行鉴别分析是保证其质量稳定性和临床用药安全必不可少的环节,但仅凭借外观性状进行鉴别的方法专属性弱且对鉴别人员的专业知识和经验储备程度的要求较高,出现误判漏判的概率较高。所以为了保障和提高临床用药的安全程度,本研究基于绿松石主要化学成分铜元素的铜盐沉淀显色反应特点,制定了绿松石理化鉴别方法。

蒙药绿松石为天然矿物质药物,不同自然环境下形成的矿物质的水分含量和入药时可溶性成分含量均可能存在较大的差异,所以本研究依法对各批次绿松石样品的水分和浸出物含量进行了测定。结果显示,各批次绿松石样品的水分、浸出物含量范围和平均值分别为0.41–3.94%、0.21–0.81%、1.34%、0.53%。绿松石的晶体结构中包含铜元素,而铜属于重金属元素,所以对绿松石进行重金属限量检查无实际意义,所以本研究未进行重金属限量检查研究。

有学者通过药理学研究证明铜离子具有抑制细

菌的活性^[14],并且是人体不可或缺的微量金属元素之一。因此本研究选择绿松石晶体结构中的铜元素作为目标成分,以其含量作为指标项,制定相应的含量测定标准。基于现有的文献研究发现,虽然与绿松石铜元素含量测定相关的文献报道属于空白,但是相似矿物金属元素或铜元素含量测定相关的研究报道较为多见,可作为建立绿松石铜元素含量测定方法的参照。现有的矿物质铜元素含量分析方法有电感耦合等离子体原子发射光谱法^[15]、原子吸收分光光度法^[16]及X射线荧光光谱法^[17]等。上述光谱分析法中,原子吸收分光光度法作为金属元素含量测定方法已广泛应用于包括医药、环境在内的各个研究领域且获得了较丰富的研究成果。现有的文献报道表明,基于原子吸收分光光度法的矿物质金属元素含量测定法具有较好的前期研究积累,且原子吸收分光光度法已经作为标准方法收载于国家标准GB/T 14353.1–2010,用于定量测定铜矿石中铜元素的含量^[18]。本研究以原子吸收分光光度法作为含量测定方法,照2020版《中国药典》四部指导原则9101进行方法学验证,结果显示线性关系、精密度、稳定性、重复性及加样回收率等均符合相关要求,表明所建立的铜元素含量测定方法有效。依上述方法对各批次绿松石样品进行了含量测定,得碱式磷酸铝铜以铜(Cu)计含量范围为3.03–

4.63%,平均含量为3.72%。在实际制定质量标准时,应以上述实验数据为基础,结合生产实际情况制定出符合市场需求的含量测定限度值。

基于现代分析技术的蒙药材质量标准是提高蒙药相关产品质量控制现代化程度的技术基础。本研

究建立的绿松石质量标准快速简便,且准确度高,可作为药材流通或制剂过程中质量控制的标准方法。该标准的建立不仅对完善蒙药绿松石的质量标准体系具有重要的理论指导意义,也可以为其他矿物类药物质量标准的建立提供参考。

参考文献

- 1 曾璇,杨志军,李晓潇,等.湖北竹山天然绿松石及其仿制品的振动光谱研究.光谱学与光谱分析,2019,39(3): 834-839.
- 2 库雅伦,杨明星,刘佳.湖北十堰红褐色条纹绿松石的谱学特征.光谱学与光谱分析,2020,40(11): 3639-3643.
- 3 陈全莉,王海涛,刘衍宇,等.“外蒙料”绿松石的宝石学特征研究.光谱学与光谱分析,2020,40(7): 2164-2169.
- 4 刘玲,杨明星,卢韧,等.绿松石成分的EDXRF方法研究.光谱学与光谱分析,2018,38(6): 1910-1916.
- 5 伊希巴拉珠尔.认药白晶鉴.呼和浩特:内蒙古人民出版社,1998:135.
- 6 占布拉道尔吉.无误蒙药鉴.呼和浩特:内蒙古人民出版社,1988:32.
- 7 达日茂玛仁巴,罗布桑朝日嘎.金光注释集(上下册,蒙文).呼和浩特:内蒙古人民出版社,1984.12:635.
- 8 昭乌达盟蒙医进修班.蒙医药方汇编.赤峰:内蒙古科学技术出版社,2004.8:423.
- 9 张春江,李红玉,贡布,等.藏药复方二十五味松石丸体外抑菌作用研究.中成药,2007,29(10): 1534-1536.
- 10 冯海莲,王宁萍.七十味松石丸对大鼠实验性肝硬化的影响.中成药,2005,27(6): 741-742.
- 11 次仁巴珍,石晏丞,马妮,等.藏药二十五味松石丸减方对大鼠慢性肝纤维化的防治作用研究.中药药理与临床,2019,35(1): 18-22.
- 12 国家药典委员会.中华人民共和国药典.四部.北京:中国医药科技出版社,2020.5:114-115.
- 13 陈全莉,元利剑.马鞍山绿松石中水的振动光谱表征及其意义.矿物岩石,2007,27(1): 30-35.
- 14 Vincent M, Duval R E, Hartemann P, et al. Contact killing and antimicrobial properties of copper. *Journal of Applied Microbiology*, 2018, 124(5): 1032-1046.
- 15 陈立军.有机硅浆渣中铜含量的测定.有机硅材料,2020,34(3): 55-58.
- 16 宋晓蓝,李想,郑童月,等.不同农田土壤类型对土壤中铜和锌含量的影响.湖北农业科学,2020,59(16): 26-29.
- 17 孙轲,葛笑寒.X射线荧光光谱法用于粗铜中铜和13种杂质元素的测定.冶金分析,2020,40(4): 60-64.
- 18 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准委员会.GB/T 14353.1-2010铜矿石、铅矿石和锌矿石化学分析方法-第1部分:铜量测定.2010-11-10.

Study on the Quality Standard of Mongolian Medicine Turquoise

Bai Wenming¹, Lian Hua¹, Qu Bi¹, Na Shengsang²

(1. College of Pharmacy, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, China;

2. Medical Innovation Center for Nationalities, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, China)

Abstract: Objective To establish the quality standard of Mongolian Medicine Turquoise. Method Totally 10 batches of Turquoise were collected from different localities. The characteristics of Turquoise samples were observed and Identified. The contents of water, extract in turquoise were determined according to the method stated in 2020 edition of Chinese Pharmacopoeia (part IV). The contents of copper in Turquoise were determined by AAS. Result Turquoise is an irregular lump with black stones around it and blue-green on the surface, hard and brittle in texture, with shell like cross section and wax like luster. The powder is grayish green, odorless and mild in taste; The results of physical and chemical identification showed that it was copper salt reaction; In the 10 batch of samples, the contents of water were 0.41%-3.94% (SD=1.37%); the contents of extract were 0.21%-0.81% (SD=0.21%); the contents of copper were 3.03%-4.63% (SD=0.63%). CONCLUSIONS It is preliminarily proposed that the content of water in Turquoise is not more than 5.0%; the

content extract is not less than 0.10%; the content of copper should be in the range of 2.60%–4.84%; Established standard can be used for the quality control of Turquoise.

Keywords: Turquoise, Atomic Absorption Spectroscopy, Quantitative Analysis, The Content of Copper

(责任编辑: 刘玥辰, 审稿人: 王瑀、张志华)