

原子吸收法测定饮用水和自来水中重金属元素的含量

车敏娜, 吴 恒, 热孜万古力·赛买提, 田晓静, 郑峻峻, 王国威, 武中庸, 陈士恩*

西北民族大学生命科学与工程学院, 兰州 730124

摘要:以西北民族大学榆中校区宿舍自来水、实验室自来水、校外民居自来水以及3种市售包装饮用水为研究对象,检测这6种水样的重金属元素 Zn、Te、Sn、Cd 和 Pb 的含量,以期为水样质量检测提供基础资料。首先,6种水样经 0.22 μm 滤膜过滤、超声等前处理后,采用空气-乙炔火焰法(原子吸收法)在仪器最佳工作条件下测定各水样中的5种重金属元素的含量。参考《中华人民共和国国家标准食品安全国家标准》(GB 2762-2017), $\text{Cd} \leq 0.05 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $\text{Pb} \leq 0.01 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,西北民族大学榆中校区两种自来水样及周边民居自来水中 Zn、Te、Sn、Cd 和 Pb 元素均有检出,且 Cd 含量略微超标;市售包装应用水 2 和 3 中未有 Te 元素检出,其他4种微量元素三种饮用水均有检出;6种水样中均有 Pb 检出,且含量对照于上述国标中略有超标,不过很微量,且其它元素均在正常范围内;实验重复性和仪器精密度高,加标回收率在 94.53% ~ 108.56% 之间,实验结果可靠。总之,3种市售饮用水水质较好,3种自来水水质不等,不建议直接饮用自来水。

关键词:原子吸收法;自来水;饮用水;重金属元素

中图分类号: O657.31

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.S.019

Determination of Heavy Metal Elements in Drinking Water and Tap Water by Atomic Absorption Spectrometry

CHE Min-na, WU Heng, Re Ziwanguli · Saimaiti, TIAN Xiao-jing, ZHENG Leng-jun, WANG Guo-wei, WU Zhong-yong, CHEN Shi-en*

College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Gansu, Lanzhou 730124, China

Abstract: The contents of Zn, Te, Sn, Cd and Pb in the six kinds of water samples were detected by using the water quality of the dormitory in the Yuzhong campus of the Northwest University for Nationalities, the laboratory tap water, the off-campus residential tap water and three kinds of commercially available packaged drinking water. With a view to provide basic data for water quality testing. First, six kinds of water samples were filtered through 0.22 μm filter and pretreated by ultrasonic. The contents of five kinds of heavy metal elements in each water sample were determined by air-acetylene flame method (atomic absorption method) under the optimum working condition of the instrument. (GB 2762-2017), $\text{Cd} \leq 0.05 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $\text{Pb} \leq 0.01 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, two kinds of tap water samples of Yuzhong campus of Northwest University for Nationalities and their reference to the national standards of food safety and national standards of the People's Republic of China The contents of Zn, Te, Sn, Cd and Pb in the tap water of the surrounding houses were detected, and the Cd content was slightly exceeded. The commercially available packaging was not detected by the Te element in water 2 and 3, and the other four kinds of trace elements were three kinds of drinking water. Were detected; 6 kinds of water samples are Pb detection, and the content of the GB in the standard slightly exceeded, but very small, and other elements are within the normal range; experimental repeatability and precision of the instrument, plus standard The recoveries ranged from 94.53% to 108.56%, and the results were reliable. In short, 3 kinds of commercially available drinking water quality is better, 3 kinds of water quality is inconsistent, not recommended direct drinking tap water.

Key words: atomic absorption method; tap water; drinking water; heavy metal elements

收稿日期: 2017-09-01 接受日期: 2017-09-20

基金项目: 国家民委专项综合改革试点(10019141); 国家科技支撑计划(2015BAD29B05); 西北民族大学中央专项研究科研创新项目(Yxm2017121); 科技部援助项目(KY201501005); 甘肃省科技计划(17YF1WA166; 1504WKCA094)

水是人类赖以生存的生命源泉,水的质量决定了人们身体的质量,随着经济和科技的迅猛发展,工业化和城市化的进程日益加快,工业三废的排放、农药化肥施用、采矿、冶炼、化工使水水质中重金属积

累,影响到水的安全和人体的健康,水的重金属污染问题已受到人们的普遍关注^[1-3]。由于重金属元素很难在水中降解,使得重金属污染成为了人类健康的头号杀手,使人担忧^[4]。本文以西北民族大学榆中校区宿舍自来水、实验室自来水、校外民居自来水以及3种市售包装饮用水为研究对象,检测这6种水样中重金属元素Zn、Te、Sn、Cd和Pb的含量,为水样质量提供些许资料,为人们用水选择做个参考。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

材料:西北民族大学榆中校区宿舍中段自来水;生命科学与工程学院实验室中段自来水;校外民居中段自来水;3种市售包装饮用水均购于福润德超市。

主要仪器:AA320N原子吸收分光光度计,上海精密科学仪器有限公司;ACA-320无油空气压缩机,

上海精密科学仪器有限公司;SCQ1000D超声波清洗机,上海声彦超声波仪器有限公司;GL-802型微型台式真空泵,海门市其林贝尔仪器制造有限公司。

试剂:浓度为1000 mol·L⁻¹的Zn、Te、Sn、Cd和Pb国家级标准样液,国家有色金属及电子材料分析测试中心;硝酸,分析纯,北京北化精细化学品有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 标准溶液的配制

分别准确吸取1 mL浓度为1000 mol·L⁻¹的Zn、Te、Sn、Cd和Pb标准溶液,然后将浓度为1000 mol·L⁻¹的Zn、Cd和Pb用1.0 mol·L⁻¹的HNO₃稀释;浓度为1000 mol·L⁻¹的Te用2.0 mol·L⁻¹的HNO₃稀释;浓度为1000 mol·L⁻¹的Sn用3.0 mol·L⁻¹的HNO₃稀释^[5],均稀释至表1中所示浓度的工作液,然后用0.22 μm的滤膜过滤,然后超声10 min备用。

表1 标准溶液浓度和介质/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$
Table 1 Standard solution concentration and medium

重金属元素 Heavy metal elements	标准溶液系列浓度 Standard solution concentration				介质 / mol·L ⁻¹ Medium
Zn	0	1	2	4	c(HNO ₃) = 1.0
Te	0	1	2	4	c(HNO ₃) = 2.0
Sn	0	1	2	4	c(HNO ₃) = 3.0
Cd	0	1	2	4	c(HNO ₃) = 1.0
Pb	0	1	2	4	c(HNO ₃) = 1.0

1.2.2 样液的制备

6种水样为校外民居自来水(简称样液1)、宿舍自来水(简称样液2)、实验室自来水(简称样液3)、3种市售包装应用水(分别简称样液4、5、6),用

0.22 μm的滤膜过滤,然后超声10 min备用。

1.2.3 仪器工作条件

选择空气-乙炔火焰法来检测这5种重金属元素,仪器工作时各项参数见表2。

表2 仪器工作条件
Table 2 Conditions of instrument working

重金属元素 Heavy metal elements	波长 Wavelength (nm)	狭缝 Slit (nm)	光谱宽度 Spectral width (nm)	燃烧器高度 Burner height (mm)	灯电压 Lamp voltage (V)	灯电流 Lamp current (mA)	空气流量 Air flow (L·min ⁻¹)	乙炔流量 Acetylene flow (L·min ⁻¹)
Zn	213.86	0.7	0.2	6.0	223	8	5.1	2.3
Te	214.33	0.2	0.2	7.0	287	6	5.0	2.5
Sn	224.62	0.7	0.2	5.0	327	7	4.9	2.5
Cd	228.85	0.7	0.2	5.0	218	8	5.2	2.4
Pb	283.37	0.4	0.2	6.0	208	6	5.0	2.6

1.2.4 重金属元素标准溶液的测定以及曲线的绘制

待仪器稳定后,浓度由大到小,依次吸入各元素

的工作溶液进样检测,仪器自动绘制标准曲线,线性方程及相关系数见表3。

表3 标准溶液线性方程和相关系数

Table 3 Standard solution linear equations and correlation coefficients

重金属元素 Heavy metal elements	线性方程 Linear equation	相关系数 Correlation coefficient
Zn	$Y = 0.1541X + 0.2595$	0.9998
Te	$Y = 0.0251X + 0.0023$	0.9995
Sn	$Y = 0.0024X + 0.0093$	0.9998
Cd	$Y = 0.0341X + 0.0033$	0.9997
Pb	$Y = 0.0319X - 0.0042$	0.9995

1.2.5 样液重金属含量的测定

各样液在仪器参数均为最佳工作条件时进行测定,仪器自动显示吸光值和各金属元素的含量。

1.2.6 精密度的实验

为了验证仪器的精密度,Zn、Te、Sn、Cd和Pb元素的4种浓度的工作液体平行测8次,结果显示其吸光度的RSD值依次为1.2%、1.5%、0.2%、0.8%及2.2%,同时表明了仪器精密度良好。

1.2.7 重复性实验

选取6份样液1,按照上述处理条件、检测方法检测其Zn、Te、Sn、Cd和Pb元素含量的RSD,结果依次为2.2%、1.5%、1.3%、1.8%、2.0%和2.4%,显然重复性很好。

1.2.8 加标回收实验

为了保证实验的准确性,对样液1进行加标回收实验,即已知样液1重金属Pb、Sn、Cd的含量,分别加入一定量的Pb、Sn和Cd的标准溶液测定其回收率。

2 结果与讨论

2.1 样液重金属含量检测结果

6种水样在仪器最佳工作条件下检测5种重金属元素的含量,结果如表4所示。6种水样中重金属元素含量最多的Sn,含量由高到低依次为样液1 > 样液3 > 样液5 > 样液6 > 样液2 > 样液4;样液5和样液6中未有Te元素检出;其他元素含量差异不明显。

表4 6种水样重金属含量的检测结果/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Table 4 The heavy metal content test results of 6 kinds of water samples

重金属元素 Heavy metal elements	样液1		样液2		样液3		样液4		样液5		样液6	
	测定值 Result	RSD (%)	测定值 Result	RSD (%)	测定值 Result	RSD (%)	测定值 Result	RSD (%)	测定值 Result	RSD (%)	测定值 Result	RSD (%)
Zn	0.1254	2.9	0.1017	3.6	0.1127	3.3	0.4437	2.9	0.8742	3.2	0.9852	2.7
Te	0.0542	3.8	0.0322	2.7	0.0215	4.7	0.0207	2.6	未检出	未检出		
Sn	3.3341	5.5	2.3330	4.2	3.1823	4.6	1.7681	3.8	2.7583	6.0	2.4366	4.9
Cd	0.0161	3.2	0.0625	3.4	0.0526	2.9	0.0052	3.2	0.0048	4.1	0.0042	3.8
Pb	0.0150	2.6	0.0102	1.4	0.0163	1.6	0.0126	2.3	0.0117	3.5	0.0104	2.9

2.2 加标回收实验检测结果

已知样液1各金属元素的含量,对其进行加标回收实验,结果如表5所示:回收率分别为94.53%、103.75%和108.56%。表明实验结果可靠。

2.3 讨论

人体必需的微量元素在人体细胞代谢、生物合成以及生理过程中起着关键作用,比如Zn是人体必

需的微量元素之一,在人体生长发育过程中起着极其重要的作用^[6,7],人体内大约含有2g Zn,大部分分布在骨骼、肌肉、血浆和头发中。含锌最高的组织是眼球的视觉部分(含4%)和前列腺。常被人们誉为“生命之花”和“智力之源”,然而一些人体非必需的重金属微量元素超标不仅污染环境,对人体健康也是极大的威胁,比如Pb,它对植物和人体来说虽都是非必需元素,半衰期长,在土壤及生物体内都不

表 5 加标回收实验检测结果/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Table 5 The results of the test

重金属元素 Heavy metal elements	加标前浓度 Before the concentration	加标量 Increased concentration	加标后测定量 After the concentration	回收率 Recovery rate (%)	RSD (%)
Sn	3.3341	2.0000	5.2247	94.53	2.5
Cd	0.0161	4.0000	4.1661	103.75	2.8
Pb	0.0150	1.0000	1.1006	108.56	1.9

易代谢,容易累积,Pb中毒涉及神经系统、血液系统、消化系统(胃肠道)、泌尿系统等,乃至引起细胞癌变^[8,9],因此,适量与否很关键,也使得重金属微量元素含量的检测尤为重要;Sn元素超标可侵袭呼吸道、消化道、甚至导致锡肺、神经毒害;Cd过量超标会导致骨质疏松和软化,严重的会损害肾脏;Te的化合物若进入体内超过1 mg也会引起中毒,不过一般微量的会通过消化道排出。

人类生活是离不开水,生活饮用水质量的优劣性与人类的健康息息相关^[10]。饮用水水质标准的制定跟人们的经济条件、生活习惯、水资源等多种因素有一定的联系,不同地区人们对饮用水水质的要求也不同^[11-13]。近年来,榆中县旅游业、养殖业及工业发展迅猛,然而环境保护并没有做的很好,使得水质受到影响。由测定结果可知,西北民族大学榆中校区2种自来水样及周边民居自来水中Zn、Te、Sn、Cd和Pb元素均有检出,Cd含量对照于《中华人民共和国国家标准食品安全国家标准》(GB 2762-2017)中 $\text{Cd} \leq 0.05 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,略微超标,估计和管道方面的因素有关,建议多吃蔬菜和水果能帮助排毒^[14],不用过多担心;样液5和6(即2种市售包装饮用水)中未有Te元素检出,其他4种微量元素三种饮用水均有检出;6种水样中均有Pb检出,且含量对照于上述国标中 $\text{Pb} \leq 0.01 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 略有超标,不过很微量,可能是包装、运输过程引起的,包装瓶包装桶一些因素引起的金属元素超标^[15]。且其它元素均在正常范围内,实验重复性和仪器精密度高,加标回收率在94.53%~108.56%之间,实验结果可靠。不用过多担心。总之,3种市售饮用水水质较好,3种自来水水质不等,不建议直接饮用自来水。

参考文献

1 Li L, Liu Y, Lu YC, *et al.* Review on environmental effects and applications of biochar. *Environmental Chemistry*, 2011, 30:1411-1421.

2 Wu YM(吴燕明), Lv GM(吕高明), Zhou H(周航), *et al.* Pollution status and health risk assessment of Pb and Cd in vegetables in a mine area of South. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 2014, 34(08):2146-2154.

3 Beesley L, Moreno-Jiménez E, Gomez-Eyles JL, *et al.* A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environmental Pollution*, 2011, 159(12):3269-3282.

4 Yin C(殷翠). Determination of Heavy Metals in Water Quality Inspection. *Chanye Yu Keji Luntan*(产业与科技论坛), 2013, 12(16):93-94.

5 Meng QY(孟庆玉), Dai L(戴蕾), Hong YL(洪月玲). Analysis of inter-laboratory water sample lead and arsenic test quality control results of CDC units of Zhengzhou city in 2014. *Henan J Prev Med*(河南预防医学杂志), 2016, 27:283-287.

6 Wu SB(吴史博). Determination of trace elements in pepper by atomic absorption spectrometry. *Farm Products Processing*(农产品加工), 2017, (10):51-53.

7 Wang YR(王银瑞), Hu J(胡军), Xie ZH(解柱华). Food Nutrition(食品营养学). Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1992:81-82, 93.

8 Xu YF(许亚夫), Li YH(李银保), Chen HH(陈海花). Determination of heavy metal elements Pb, Cr and Cu in a abandoned rare earth mining area of dingnan county. *Guangdong Trace Elements Sci*(广东微量元素科学), 2012, 19(10):10-14.

9 Zhang LC(张利成), Bai LL(白丽娜), Wang LX(王灵秀). Pollution and prevention of radioactive waste residue in development and utilization of baiyunebo coal mine. *Pollution control*(污染治理), 2001, 13(1):39-43.

10 Wang J(王霁). Discussion on measuring method of heavy metals in water quality test. *China Health Standard Management*(中国卫生标准管理), 2016, 13(26):27-28.

11 Li SB(李生宝). Discussion on the determination of heavy metals in water quality inspection of CDC. *J Clinical Med Literature*(临床医药文献电子杂志), 2016, 3:9657.