

# 汉中绿茶中6种矿质元素含量及其溶出特性

党 娅<sup>1,2</sup>, 刘水英<sup>1</sup>

(1.陕西理工学院生物科学与工程学院, 陕西 汉中 723000; 2.陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723000)

**摘 要:**采用原子吸收光谱法测定汉中绿茶主产地区的7个品种茶叶消化液和茶叶水浸出液中Mn、Zn、Fe、Cu、Ni、Cr 6种矿质元素的含量。以这些矿质元素的含量及其溶出率作为另一种分析评价汉中绿茶品质的依据, 实验回收率在92.70%~102.55%之间, 相对标准偏差在10%以下。结果表明: 采用原子吸收光谱法能准确测定绿茶及绿茶水浸出物中的矿质元素的含量, 且方法简单、快捷; 从溶出率和矿质元素的含量来看, 相对其他几个供试品种而言, 有机锌硒茶、鹏翔茶粉、汉中仙毫和汉中绿茶品质较好。

**关键词:** 绿茶; 原子吸收光谱法; 矿质元素; 溶出率

## Mineral Contents and Leaching Characteristics in Green Tea from Hanzhong, Shaanxi

DANG Ya<sup>1,2</sup>, LIU Shui-ying<sup>1</sup>

(1. College of Biological Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Bio-Resource, Hanzhong 723000, China)

**Abstract:** The contents of six mineral elements including Mn, Zn, Fe, Cu, Ni and Cr in the digested solutions and infusions of seven kinds of green tea from the main tea-growing region of Hanzhong, Shaanxi province were determined by atomic absorption spectroscopy (AAS). The quality evaluation of green tea from Hanzhong was carried out with respect to mineral contents and leaching rates. The recoveries for six metal elements were between 92.70% and 102.55% with relative standard deviations less than 10%. The results showed that AAS enabled simple, rapid and accurate determination of mineral contents in green tea and its infusion. Based on the mineral contents and leaching rates, the quality of organic zinc and selenium-enriched tea, Pengxiang tea powder, Hanzhong Xianhao and Hanzhong green tea was better than that of other green tea samples tested.

**Key words:** green tea; atomic absorption spectroscopy; mineral elements; dissolution rate

中图分类号: Q581

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 16-0170-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201416033

茶叶是我国的一种传统饮料, 有非常悠久的历史。在我国古代, 茶只作药用。在现代, 茶叶更是作为一种普遍的饮品走进每个人的生活。科学研究表明, 茶叶中的已知化合物约有500多种, 具有药用价值的有机物主要有茶多酚、咖啡碱、茶多糖、茶色素、维生素、氨基酸和芳香类物质等<sup>[1]</sup>, 构成这些化合物或以无机盐形式存在的基本元素有50多种, 既有大量元素又有矿质元素, 又含有人体所需的14种矿质元素<sup>[2]</sup>。

许多实验研究证明, 矿质元素在治疗疾病和增强免疫机制等方面有着重要的作用<sup>[3]</sup>。研究表明, 锌与机体发育、生长、免疫机能、性发育及其功能等密切相关<sup>[4]</sup>。锌能促进维生素B族的正常吸收并发挥其重要的作用, 参与胰岛素的组成和核酸的合成<sup>[5]</sup>。有机锌硒茶中锌的含量较高, 并且溶出率也高, 建议缺锌的人可以长期饮用此

茶。铜参与许多酶的代谢机体的生物转化, 是生物系统内极为特殊的一种催化剂, 对新陈代谢有催化作用<sup>[6-8]</sup>铁在体内参与造血, 并参与合成血红蛋白和肌红蛋白, 发挥氧的转动及贮存功能。缺铁也会影响机体对锌的吸收。铁在高级绿茶和有机锌硒茶中含量较高, 平时可多饮用这两种茶。锰<sup>[9-12]</sup>参与蛋白质的合成、遗传信息的传递及甲状腺和性腺的分泌, 锰还调节钙、磷代谢平衡。锰离子进入血液中能提高血液的凝血性, 减低血管通透性, 使炎症消失。锰在所检的7种汉中绿茶中普遍含量较高, 长期饮用对身体具有保健功能。而饮茶是获得人体所需的矿质元素的一个途径。长期饮茶对人体的健康有明显的益处。茶叶中许多品质成分都是水溶性的, 这些浸出物的高低反映了茶叶的品质。

我国是世界上绿茶的主要生产大国, 绿茶产量占

收稿日期: 2013-10-15

基金项目: 陕西省教育厅省级重点实验室项目 (11JS031)

作者简介: 党娅 (1976—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为食品资源开发利用。E-mail: dangya@snut.edu.cn

世界绿茶总产量的65%<sup>[13]</sup>。茶叶中含有咖啡碱、茶多糖、茶多酚、纤维素等大量有机物<sup>[14]</sup>，要对其中的矿质元素<sup>[15-19]</sup>进行定性和定量分析，必须先经过消解处理，将这些矿质元素转化为可溶性的离子状态。常见的消解处理方式有湿法消解和微波消解。湿法消解用到的消解溶剂简单，但是存在消解耗时长，消解不彻底<sup>[20]</sup>等问题。微波消解<sup>[21-23]</sup>是一种新的快速消解溶样方法，克服了湿法消解存在的问题并具有空白值低、测定准确、节省试剂和费用等特点而被广泛采用<sup>[24-26]</sup>。目前，测定植物中矿质元素的方法有火焰原子吸收光谱法、石墨炉原子吸收光谱法、电感耦合等离子体发射光谱法<sup>[27]</sup>等。汉中作为我国古老的茶区之一<sup>[28]</sup>，品种多样，产量较大。目前国外对绿茶的研究主要但由于长期以来对汉中绿茶的研究较少，导致对其品质特性了解甚少，本实验通过对汉中绿茶中的矿质元素及其溶出特性的研究分析，以期建立一种可靠的分析绿茶中矿质元素的方法，并以茶叶中矿质元素含量高低做为评价汉中绿茶品质的另外一种参考指标，这也为汉中绿茶的优质种植品种的选种、育种、栽培和进一步开发利用提供实验依据和理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鹏翔午子仙毫、有机锌硒茶、鹏翔茶粉 西乡鹏翔茶叶有限公司；西乡绿茶 西乡精品绿茶行；汉中绿茶 汉中山花茶叶有限公司；中国茗茶 汉中茶叶有限公司；汉中仙毫 汉中遗香茗缘茶叶有限公司。

浓硝酸（优级纯） 西安试剂厂；纯净水 市售；Mn、Cu、Ni的标准溶液（质量浓度为1 mg/mL） 天津市光复精细化工研究所；Zn、Fe的标准溶液（质量浓度为0.1 mg/mL） 天津市福晨化学试剂厂；Cr的标准溶液（质量浓度为0.1 mg/mL） 中国医药集团上海化学试剂公司。

### 1.2 仪器与设备

WX-4000微波快速消解系统 上海屹尧微波化学技术有限公司；AL204电子天平 梅特勒-托利多（上海）仪器有限公司；HH-6数显恒温水浴锅 国华电器有限公司；SHB-III A循环水式真空泵 北京中兴伟业仪器有限公司；M6型原子吸收光谱仪 美国热电公司；Mn、Zn、Fe、Cu、Ni、Cr空心阴极灯。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 原子吸收的测量条件

用M6系列原子吸收光谱仪进行测量，测量条件见表1。

表1 原子吸收的工作条件  
Table 1 AAS working conditions

| 元素 | 波长/nm | 光谱带宽/nm | 乙炔气流量/(L/min) | 空气流量/(L/min) | 燃烧器高度/mm | 灯电流/mA |
|----|-------|---------|---------------|--------------|----------|--------|
| Mn | 279.5 | 1.0     | 1.1           | 10           | 7.0      | 9.0    |
| Zn | 213.9 | 0.2     | 1.2           | 10           | 7.0      | 6.5    |
| Fe | 248.3 | 0.5     | 0.9           | 10           | 7.0      | 1.5    |
| Cu | 324.8 | 1.0     | 1.2           | 10           | 7.0      | 7.5    |
| Ni | 232.0 | 0.2     | 0.9           | 10           | 7.0      | 9.0    |
| Cr | 357.9 | 0.5     | 1.4           | 10           | 8.0      | 12.0   |

#### 1.3.2 茶叶消化液的制备

准确称量0.5 g茶叶样品，加入10 mL的浓硝酸，置于微波消解炉中进行消解。微波消解的条件见表2。将消化液倒入赶酸杯中，置于电子控温加热板上，在130 ℃的条件下，进行赶酸至1 mL左右，用纯净水定容至25 mL，放置保存。做3组平行实验，同时做空白对照实验。

表2 微波消解炉的工作条件  
Table 2 Microwave digestion conditions

| 方案 | 温度/℃ | 压力/atm | 保持时间/min | 功率/W  |
|----|------|--------|----------|-------|
| 1  | 80   | 5.5    | 4        | 500   |
| 2  | 100  | 15     | 5        | 600   |
| 3  | 110  | 20     | 5        | 700   |
| 4  | 130  | 25     | 10       | 700   |
| 5  | 0    | 0      | 0        | 1 000 |

在此过程中需要注意的是微波消解炉的使用方法，在使用之前应检查防爆膜是否完好，若有破损，应立即更换新的防爆膜，以免消解过程中发生意外。此外将溶样杯放入消解炉时应注意拧紧旋盖，并且消解炉中的零号位不能放置空白样品，以免消解过程中仪器不能准确反映压力与温度的变化。

#### 1.3.3 茶叶浸泡液的制备

准确称取1.0 g茶叶，用研钵磨碎，置于100 mL锥形瓶中，加入沸水40 mL，于沸水浴中，浸提50 min（每隔10 min摇动1次）。浸提完毕进行减压抽滤，滤液移入100 mL容量瓶中，残渣用适量热的纯净水洗涤2~3次合并滤液，冷却后用纯净水定容至100 mL，将定容好的溶液浓缩至25 mL，放置保存。做3组平行实验，同时做空白对照实验。

#### 1.3.4 标准曲线的制备

以纯净水做为铜、铁、锌、锰、镍、铬标准溶液的稀释剂。取Mn、Zn、Cu、Ni、Cr元素的标准液配制相应质量浓度的标准系列溶液。以Zn元素的标准液配制为例，由于Zn的标准液的质量浓度为0.1 mg/mL，故分别取0.5、1、2、4、8 mL的标准液定容至100 mL，得到其标准系列的溶液，其他元素的标准系列溶液配制类似。矿质元素标准溶液的质量浓度见表3。

表3 矿质元素标准溶液的质量浓度  
Table 3 Serial concentrations of mineral standard solutions for the preparation of calibration curves

| 元素 | 质量浓度/( $\mu\text{g/mL}$ ) |     |   |   |    |    |
|----|---------------------------|-----|---|---|----|----|
| Mn | 0                         | 0.5 | 4 | 8 | 16 | 20 |
| Zn | 0                         | 0.5 | 1 | 2 | 4  | 8  |
| Fe | 0                         | 0.5 | 1 | 2 | 4  | 8  |
| Cu | 0                         | 0.5 | 1 | 2 | 3  | 5  |
| Ni | 0                         | 0.5 | 2 | 4 | 8  | 12 |
| Cr | 0                         | 0.5 | 1 | 2 | 4  | 8  |

1.3.5 标准系列溶液及样品的测定

以纯净水作为空白参比溶液,依次将标准系列溶液、茶叶消化液和茶叶浸泡液喷入火焰测定吸光度,根据所绘制的标准工作曲线可以得到各样品中矿质元素的含量。按表1的仪器工作条件来测定标准系列吸光度、茶叶消化液和茶叶浸泡液的吸光度。所有元素的测定用氘灯扣除背景。

1.3.6 精密度实验

精密度实验是为了判断实验方法的可靠性,实验结果的准确性的一个实验,一般是将某一样品重复测定,根据所测得的结果,计算各数值之间的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)值,根据RSD的大小来判断精密度的高低。此实验取汉中仙毫的样品1重复测定6次,根据测定结果的RSD值来判断实验的精密度。

1.3.7 回收率实验

回收率实验是验证所用的实验方法是否可靠的一个重要方法,回收率越大证明方法的可靠性越高。取汉中仙毫进行加标回收实验,在已知含量的汉中仙毫样品中加入一定量的Mn、Fe、Zn、Cu、Ni、Cr的标准溶液测定其吸光度,并以此来计算回收率。其中Mn的加标量为 $14\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,Fe、Zn的加标量为 $1\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,Cu的加标量为 $0.5\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,Ni的加标量为 $0.05\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,Cr的加标量为 $2\text{ }\mu\text{g/mL}$ 。

2 结果与分析

2.1 标准方程的建立

表4 各元素测定时的线性方程和相关系数  
Table 4 Linear equations with correlation coefficients for the determination of each element

| 元素 | 线性方程                    | 相关系数 $R^2$ |
|----|-------------------------|------------|
| Mn | $A=0.018\ 39C+0.000\ 7$ | 0.997 3    |
| Zn | $A=0.043\ 20C-0.004\ 0$ | 0.999 7    |
| Fe | $A=0.005\ 75C+0.001\ 9$ | 0.988 0    |
| Cu | $A=0.023\ 65C+0.001\ 8$ | 0.992 6    |
| Ni | $A=0.004\ 87C+0.000\ 1$ | 0.998 6    |
| Cr | $A=0.004\ 05C-0.000\ 8$ | 0.993 0    |

注: A 为吸光度; C 为所测溶液的质量浓度。

在原子吸收光谱仪的工作条件下分别按各矿质元素标准系列的质量浓度梯度顺序进样,实验所得各矿质元素的标准系列溶液工作曲线和相关系数见表4,由各矿质元素的线性方程对应相关系数可知,在工作质量浓度范围内各矿质元素的线性关系较好。

2.2 精密度

根据1.3.6节的方法,以汉中仙毫做为精密度实验的供试样品,实验得到的结果见表5。结果显示6种矿质元素的RSD的范围在 $2.05\%\sim 7.60\%$ 之间,此RSD在原子吸收光谱仪允许的误差范围内,表明在原子吸收光谱仪工作条件下,该实验方法的重复性好,方法精密度好、准确可靠。

表5 精密度实验结果 ( $n=6$ )  
Table 5 Precision of the AAS method ( $n=6$ )

| 元素 | 平均值/( $\mu\text{g/g}$ ) | 标准偏差/( $\mu\text{g/g}$ ) | RSD/% |
|----|-------------------------|--------------------------|-------|
| Mn | 1 346.76                | 27.61                    | 2.05  |
| Zn | 29.86                   | 2.27                     | 7.60  |
| Fe | 122.40                  | 7.98                     | 6.52  |
| Cu | 10.42                   | 0.55                     | 5.24  |
| Ni | 3.46                    | 0.14                     | 3.91  |
| Cr | 3.05                    | 0.13                     | 4.30  |

2.3 回收率

根据1.3.7节回收率实验的方法,以汉中仙毫做为回收率实验的加标供试样品,实验得到的结果见表6。可以看出汉中仙毫中6种元素的回收率在 $92.70\%\sim 102.55\%$ 之间,6种元素的RSD在10%以下,由此可见仪器的精密度良好,分析结果可靠准确性高。同时,所选择的实验方法是科学、可靠的,该方法可以用来分析绿茶的茶叶消化液和茶叶水浸出液中Mn、Zn、Fe、Cu、Ni、Cr 6种矿质元素的含量。

表6 加标回收实验  
Table 6 Recovery of the AAS method

| 元素 | 加标前测定量/( $\mu\text{g/mL}$ ) | 加标后测定量/( $\mu\text{g/mL}$ ) | 加标量/( $\mu\text{g/mL}$ ) | 回收量/( $\mu\text{g/mL}$ ) | 回收率/%  |
|----|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Mn | 26.94                       | 40.99                       | 14                       | 14.04                    | 100.30 |
|    |                             | 40.97                       | 14                       | 14.03                    | 100.20 |
|    |                             | 40.98                       | 14                       | 14.04                    | 100.28 |
| Zn | 0.59                        | 1.57                        | 1                        | 0.98                     | 98.20  |
|    |                             | 1.57                        | 1                        | 0.98                     | 98.30  |
|    |                             | 1.57                        | 1                        | 0.98                     | 97.86  |
| Fe | 2.46                        | 3.39                        | 1                        | 0.93                     | 92.70  |
|    |                             | 3.39                        | 1                        | 0.93                     | 93.20  |
|    |                             | 3.39                        | 1                        | 0.93                     | 92.86  |
| Cu | 0.20                        | 0.71                        | 0.5                      | 0.51                     | 101.60 |
|    |                             | 0.71                        | 0.5                      | 0.50                     | 101.78 |
|    |                             | 0.71                        | 0.5                      | 0.51                     | 102.04 |
| Ni | 0.064                       | 0.11                        | 0.05                     | 0.05                     | 96.65  |
|    |                             | 0.11                        | 0.05                     | 0.05                     | 96.40  |
|    |                             | 0.11                        | 0.05                     | 0.05                     | 96.72  |
| Cr | 3.5                         | 5.55                        | 2                        | 2.05                     | 102.50 |
|    |                             | 5.55                        | 2                        | 2.05                     | 102.55 |
|    |                             | 5.54                        | 2                        | 2.04                     | 102.42 |

## 2.4 样品材料的测定结果

将原子分光光度计调节到检测条件,用火焰原子吸收的方法来测定茶叶及浸出液中矿质元素的含量,并且计算其溶出率,每个样品平行测3次,取其平均值。茶叶消化液中矿质元素含量的结果见表7,茶叶浸出液中矿质元素含量的结果见表8,矿质元素的溶出率结果见表9。

**表7 茶叶消化液中矿质元素的含量**  
**Table 7 The contents of mineral elements in digested solutions of green tea**

| 样品     | Mn            | Zn          | Fe          | Cu         | Ni         | Cr        |
|--------|---------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|
| 鹏翔午子仙毫 | 924.37±0.02   | 51.66±0.02  | 258.87±0.01 | 14.83±0.02 | 7.95±0.02  |           |
| 有机锌硒茶  | 538.74±0.02   | 269.10±0.01 | 17.55±0.02  | 22.54±0.02 |            |           |
| 中国茗茶   | 1 037.07±0.04 | 9.12±0.03   | 57.29±0.03  | 3.61±0.02  | 4.78±0.02  | 4.29±0.02 |
| 鹏翔茶粉   | 1 051.15±0.03 | 80.04±0.02  | 126.30±0.01 | 16.03±0.02 | 18.79±0.01 | 3.42±0.02 |
| 西乡绿茶   | 762.37±0.02   | 37.72±0.01  | 121.82±0.02 | 15.11±0.01 | 6.51±0.02  | 3.68±0.01 |
| 汉中绿茶   | 532.58±0.01   | 34.87±0.03  | 122.29±0.02 | 18.96±0.01 | 3.02±0.02  | 4.02±0.02 |
| 汉中仙毫   | 1 346.98±0.02 | 29.74±0.02  | 123.20±0.02 | 10.31±0.03 | 3.22±0.01  | 3.18±0.02 |

由表7可见,在所检的7种不同绿茶品牌中,矿质元素的含量较为丰富,同时不同的品种差异也比较大。这种差异不仅体现在不同种类的茶叶中,在同一品种的茶叶中不同矿质元素的含量差异也很明显。

从7种绿茶中含有的Mn、Zn、Fe、Cu、Ni、Cr含量的比较可以看出,汉中仙毫和汉中绿茶中各矿质元素含量都较高。7种不同品牌的茶叶中,Mn、Zn、Fe的含量明显高于Cu、Ni、Cr,6种矿质元素的含量高低为Mn>Fe>Zn>Cu>Ni>Cr。其中Mn、Fe的含量最高,一般为其他元素的几十倍。在这7种绿茶中,Mn含量最高的是汉中仙毫,Fe含量最高的是有机锌硒茶。在7种茶叶中Ni、Cr的含量相对来说最低,其中汉中仙毫的Cr含量在7种茶叶中最低。Cu、Ni的之间的含量各有特色。大部分茶叶中,Cu的含量大于Ni的含量,但是在有机锌硒茶、鹏翔茶粉、中国茗茶这几类茶叶中,Ni的含量大于Cu的含量。

**表8 茶叶浸出液中矿质元素的含量**  
**Table 8 The contents of mineral elements in green tea infusions**

| 样品     | Mn          | Zn         | Fe        | Cu         |
|--------|-------------|------------|-----------|------------|
| 鹏翔午子仙毫 | 365.27±0.02 | 19.82±0.02 | 9.51±0.02 | 5.15±0.03  |
| 有机锌硒茶  | 330.49±0.02 | 35.56±0.01 | 8.69±0.02 | 5.33±0.02  |
| 中国茗茶   | 176.26±0.02 | 4.13±0.02  | 8.78±0.01 | 0.83±0.01  |
| 鹏翔茶粉   | 359.14±0.03 | 34.89±0.02 | 4.85±0.03 | 3.66±0.02  |
| 西乡绿茶   | 259.59±0.01 | 16.66±0.02 | 6.85±0.02 | 1.96±0.01  |
| 汉中绿茶   | 160.03±0.02 | 18.82±0.01 | 5.05±0.02 | 14.81±0.02 |
| 汉中仙毫   | 324.19±0.01 | 5.77±0.02  | 8.18±0.02 | 0.64±0.02  |

注: Ni和Cr无法测定出。表9同。

由表8可见,浸出液中矿质元素的含量明显小于茶叶消化液中的矿质元素的含量,并且消化液中含量多的矿质元素在浸出液中含量亦多。此外由于Ni、Cr的含量较

少,在浸出液中无法测出。实验结果说明茶叶浸出液中各矿质元素的含量与茶叶本体中矿质元素的含量呈正相关。

**表9 茶叶浸出液中矿质元素的溶出率**  
**Table 9 Dissolution rates of mineral elements from green tea leaves in tea infusions**

| 样品     | Mn         | Zn         | Fe         | Cu         |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 鹏翔午子仙毫 | 39.52±0.02 | 38.37±0.02 | 3.67±0.03  | 34.72±0.01 |
| 有机锌硒茶  | 61.34±0.02 | 48.80±0.03 | 3.23±0.02  | 30.39±0.02 |
| 中国茗茶   | 17.00±0.01 | 45.27±0.02 | 15.32±0.03 | 23.14±0.02 |
| 鹏翔茶粉   | 34.17±0.03 | 43.59±0.02 | 3.84±0.02  | 22.82±0.02 |
| 西乡绿茶   | 34.05±0.02 | 44.18±0.01 | 5.62±0.02  | 12.99±0.01 |
| 汉中绿茶   | 30.05±0.02 | 53.97±0.02 | 4.12±0.02  | 78.11±0.02 |
| 汉中仙毫   | 24.07±0.02 | 19.39±0.01 | 6.64±0.02  | 6.21±0.02  |

由表9可见,茶叶浸出液中矿质元素的溶出率较高。不同品种绿茶中同种矿质元素的溶出率差异较大,同一茶叶不同矿质元素的溶出率差别也较大。

在7种绿茶中,Fe的溶出率都明显小于Mn、Zn、Cu的溶出率。对于含量最高的矿质元素Mn,其溶出率在不同的茶叶中差异较大。在中国茗茶中最低,只有17.00%,而在有机锌硒茶中已高达61.34%。此外,Zn、Cu的溶出率在汉中仙毫中的溶出率明显小于其他茶叶。而对于溶出率普遍偏低的Fe来说,在中国茗茶中其溶出率却达到了15.32%,可见不同种类的茶叶元素的溶出率差异还是很大的。

溶出率的差异与矿质元素的存在形态有关,若以水溶性强的形式存在,则相应的矿质元素的溶出率就较高,否则较低;此外亦与浸泡时间、浸泡次数、浸泡温度等有关。一般来讲,浸泡时间越长,浸泡次数越多,浸泡温度越高,相应的矿质元素溶出率就越高。

从安全性方面来分析,在18周岁以上人群中,男性Fe的推荐参考摄入量为15 mg/d,女性为20 mg/d,而测定显示在茶叶浸出液中,Fe的含量占推荐参考摄入量的范围在0.02%~0.06%之间。对于Zn来说,男性Zn的推荐参考摄入量为15 mg/d,女性为11.5 mg/d,测定显示在茶叶浸出液中,Zn的含量占推荐参考摄入量的范围在0.02%~0.31%之间。Mn的推荐摄入量为3.5 mg/d,实验显示在茶叶浸出液中,Mn的含量在推荐摄入量范围内,基本可以满足成年人每天对于Mn的需求。

## 3 讨论与结论

采用微波消解对供试的7种市售汉中绿茶进行消化,使用火焰原子吸收光谱法测定茶叶及茶叶浸出液中Mn、Zn、Fe、Cu、Ni、Cr等矿质元素的含量,并计算了各矿质元素的溶出率。所使用的微波消解,消解完全、彻

底。另外,矿质元素的测定采用火焰原子分光光度法。以汉中仙毫为试样分别做回收率实验和精密度实验。该方法准确性、可靠性、精密度好,样品的回收率在92.70%~102.55%之间,RSD在10%以内,方法适合绿茶及浸出液中矿质元素的测定。

从实验结果可知,各矿质元素的含量及其溶出率与矿质元素的种类、茶叶的品种有关。供试的7种汉中绿茶中矿质元素含量丰富。各元素的含量顺序为 $Mn > Fe > Zn > Cu > Ni > Cr$ ,且次顺序适用于所有的供试样品;汉中仙毫和汉中绿茶中6种矿质元素的含量基本上均较其他供试茶叶高,其中 $Mn$ 、 $Zn$ 、 $Fe$ 、 $Cu$ 的含量明显高于其他茶叶。从溶出率来看,除 $Ni$ 、 $Cr$ 之外相比 $Mn$ 、 $Zn$ 、 $Cu$ 的溶出率, $Fe$ 的溶出率最低。在所有供试样中,有机锌硒茶中各元素的溶出率相对较高。茶叶的溶出率高,说明了通过饮用该种茶人体可以获得较其他茶更多的矿质元素。溶出率的高低可以作为一种辨析茶叶品质的有效方法。

综合矿质元素的含量及其溶出率,本实验所检测的7种汉中绿茶,在安全性及人体日常需要量的范围内均基本满足人体对矿质元素的需求。在7个供试样中有机锌硒茶、鹏翔茶粉、汉中仙毫和汉中绿茶相对于其他几个品种而言,品质相对较好。

#### 参考文献:

- [1] 匡海学. 中药化学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2003: 94.
- [2] Health Standards Department of National Center for Health Inspection and Supervision. The food hygiene standards and related laws and regulations compilation[M]. Beijing: Standards Press of China, 2005: 34-38.
- [3] 余磊, 彭湘君, 李银保, 等. 原子吸收光谱法测定茶叶中7种微量元素[J]. 光谱实验室, 2006, 23(5): 962-965.
- [4] 洪德成, 李楠, 范兆义. 微量元素与茶叶药用价值关系的初探[J]. 广东微量元素科学, 1996, 1(6): 9-10.
- [5] GUPTA V K, GUPTA S P. Effect of zinc sources and level on the growth and Zn nutrition of soybean in the presence of chloride and sulphate salinity[J]. Plant and Soil, 1984, 81(2): 299-304.
- [6] UTHUS E O, ROSS S. Dietary selenium (Se) and copper (Cu) interact to affect homocysteine metabolism in rats[J]. Biological Trace Element Research, 2009, 129(1/3): 213-220.
- [7] 朱显峰, 丁涛. 常见金属离子对漆酶活性的影响[J]. 化学研究, 2003, 14(3): 50-51.
- [8] 薛超彬, 王勤, 贺量, 等. 金属离子对青菜多酚氧化酶活力的影响[J]. 厦门大学学报, 2005, 44(增刊1): 120-122.
- [9] COLAK A, SAHIN E, YILDIRIM M, et al. Polyphenol oxidase potentials of three wild mushroom species harvested from Lisper High Plateau, Trabzon[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1426-1433.
- [10] 段玉权, 董维, 张明晶, 等. 中华寿桃多酚氧化酶的特性研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(3): 795-799.
- [11] JIMENZ M, GARCIA-CARMONA F. Measurement of latent polyphenol oxidase activity in the presence of the divalent cations  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  and  $Mn^{2+}$ [J]. Phytochemical Analysis, 1993, 21(4): 149-151.
- [12] GUO Li, MA Ying, SHI J, et al. The purification and characterization of polyphenol oxidase from green bean[J]. Food Chemistry, 2009, 117(1): 143-151.
- [13] 任廷远, 安红玉, 王华. 绿茶功能性成分提取及保健作用的研究现状[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(5): 15-18.
- [14] 杨秀芳, 许凌, 徐建峰, 等. 微波消解-电感耦合等离子体发射光谱法测定茶叶中的镉[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 218-220.
- [15] 罗婷, 赵镭, 胡小松, 等. 绿茶矿质元素特征性分析及产地判别研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 494-497.
- [16] 韩立新, 李冉. ICP-AES法测定茶叶、茶水中的矿物质和微量元素[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(2): 304-306.
- [17] 王广智. 中国茶类与区域名茶[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 37-93.
- [18] 陈宇鸿, 沈仁富. 茶叶中的微量元素分析[J]. 微量元素与健康研究, 2005, 22(5): 65-66.
- [19] 王建程. 浙江和福建绿茶中微量元素的聚类分析研究[J]. 中国测试技术, 2007, 33(3): 126-130.
- [20] 王云, 马骥. 四川名茶矿质元素含量研究[J]. 食品科学, 1993, 14(12): 11-13.
- [21] 于峰, 金秀华, 白梅, 等. 石墨炉原子吸收法测定食品中铅和镉[J]. 理化检验: 化学分册, 1996, 32(1): 34-35.
- [22] 谢美琪, 张红卫. 中成药中杂质元素的测定和样品前处理方法研究[J]. 光谱实验室, 2001, 18(1): 124-128.
- [23] 王孝娣, 聂继云, 毋永龙, 等. 微波消解-石墨炉原子吸收光谱法测定红地球葡萄中的镉[J]. 光谱实验室, 2009, 26(2): 379-382.
- [24] 高娃, 其其格, 乌尼尔, 等. 微波消解-原子荧光光谱法测定乳制品中的镉[J]. 中国乳品工业, 2010, 38(2): 55-57.
- [25] 许小艳, 孙元明, 苏文焯, 等. 微波消解-石墨炉原子吸收光谱法连续测定水果和蔬菜中铅铬镉[J]. 食品科学, 2009, 30(10): 206-208.
- [26] 陈辉. 微波消解ICP-MS测定冬虫夏草中铜、铅、砷和镉的含量[J]. 光谱实验室, 2010, 27(1): 309-311.
- [27] 李春香, 王玲玲, 荆俊杰, 等. 微波消解/ICP-AES法同时测定中药中Cd、Hg、Pb含量[J]. 药物分析杂志, 2009, 29(3): 433-436.
- [28] 程纯. 汉中茶叶科技发展回顾与展望[J]. 茶叶通报, 1995, 17(1): 29-31.