

ICP-MS法同时测定益中生血片中12种微量元素的含量^Δ

高连丛^{1*},李淑芳²,马莹慧¹,韩柳^{1,2#}(1.吉林医药学院药学院,吉林吉林 132013;2.吉林华康药业股份有限公司,吉林敦化 133700)

中图分类号 R284.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)22-3088-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.22.14

摘要 目的:建立同时测定益中生血片中12种微量元素含量的方法。方法:采用电感耦合等离子体质谱法。射频功率为1 350 W,等离子体气流量为15.0 L/min,载气流量为1.12 L/min,氧化物指标(氧化铈离子/铈) $<0.5\%$,双电荷指标(二价钡离子/一价钡离子) $<1\%$,积分时间为0.1 s,雾化器为高盐雾化器,雾化室温度为2 ℃,重复次数为3次,蠕动泵转速分辨率为0.1 rps,采样深度为7.0 mm,微波消解功率为3 600 W,升温程序为190 ℃保持48 h,冷却至室温,再升温至150 ℃,保持12 h。结果:硼、钒、铬、锰、钴、镍、铜、锌、硒、铷、钼、锡元素检测质量浓度线性范围分别为0.05~150 μg/L($r=0.999\ 8$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 7$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 5$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 6$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 7$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 8$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 6$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 8$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 5$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 9$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 6$)、0.05~150 μg/L($r=0.999\ 7$);定量限分别为0.017、0.007、0.021、0.042、0.013、0.017、0.018、0.019、0.020、0.011、0.011、0.018 μg/L,检测限分别为0.005、0.002、0.007、0.011、0.003、0.005、0.004、0.004、0.006、0.003、0.003、0.005 μg/L;精密性、稳定性、重复性试验的RSD均小于6%;加样回收率为95.138%~104.928%(RSD为0.96%~2.97%, $n=9$);平均含量分别为5.266、0.453、1.581、170.600、11.280、5.204、1.560、24.300、0.987、7.302、0.239、0.702 μg/g。结论:该方法快速、灵敏度高、准确度高,可用于同时测定益中生血片中12种微量元素的含量;益中生血片样品中Mn、Zn、Co、Rb、B元素的含量相对较高。

关键词 益中生血片;电感耦合等离子体质谱法;微量元素;含量测定

Simultaneous Determination of 12 Kinds of Microelements in Yizhong Shengxue Tablets by ICP-MS
GAO Liancong¹, LI Shufang², MA Yinghui¹, HAN Liu^{1,2} (1. School of Pharmacy, Jilin Medical College, Jilin Jilin 132013, China; 2. Jilin Huakang Pharmaceutical Co., Ltd., Jilin Dunhua 133700, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To establish a method for simultaneous determination of 12 kinds of microelements in Yizhong shengxue tablets. METHODS: ICP-MS method was adopted. Rf power was set at 1 350 W; plasma gas velocity was 15.0 L/min and carrier gas velocity was 1.12 L/min; the oxide index (CeO⁺/Ce) was less than 0.5%, and the double charge index (Ba²⁺/Ba⁺) was less than 1%; the integration time was 0.1 s, high salt atomizer was used, which atomizing chamber temperature was 2 ℃; repetition times was 3 times; the peristaltic pump frequency was 0.1 rps and the sampling depth was 7.0 mm. The microwave digestion power was 3 600 W and the heating process was heated to 190 ℃ maintaining for 48 h, and then cooled to room temperature, finally heated to 150 ℃ maintaining for 12 h. RESULTS: The linear range of B, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Mo and Sn were 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 8$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 7$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 5$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 6$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 7$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 8$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 6$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 8$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 5$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 9$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 6$), 0.05-150 μg/L($r=0.999\ 7$), respectively. The limits of quantitation were 0.017, 0.007, 0.021, 0.042, 0.013, 0.017, 0.018, 0.019, 0.020, 0.011, 0.011, 0.018 μg/L; the limits of detection were 0.005, 0.002, 0.007, 0.011, 0.003, 0.005, 0.004, 0.004, 0.006, 0.003, 0.003, 0.005 μg/L, respectively. RSDs of precision, stability and reproducibility tests were all lower than 6%. The recoveries were 95.138%-104.928% (RSDs were 0.96%-2.97%, $n=9$). Average contents of 12 kinds of microelements were 5.266, 0.453, 1.581, 170.600, 11.280, 5.204, 1.560, 24.300, 0.987, 7.302, 0.239 and 0.702 μg/g. CONCLUSIONS: Established method is rapid, sensitive and accurate for simultaneous determination of 12 kinds of microelements in Yizhong shengxue tablets. The contents of Mn, Zn, Co, Rb and B in Yizhong shengxue tablets were relatively high.

KEYWORDS Yizhong shengxue tablets; ICP-MS; Microelement; Content determination

粒中落新妇苷的含量[J]. 中国医院用药评价与分析,

2016,16(9):1232-1234.

Δ 基金项目:吉林省科技发展计划项目(No.20170520040JH)

[15] 杜松,罗爱勤,刘美凤. 中药浸膏醇沉工艺中醇浓度概念与计算方法辨析[J]. 中草药,2012,43(8):1652-1655.

* 助理实验师。研究方向:激光医学。电话:0432-64561053。

(收稿日期:2018-08-10 修回日期:2018-10-06)

E-mail:864776051@qq.com

(编辑:张 静)

通信作者:讲师,博士。研究方向:天然药物化学成分及活性。

电话:0432-64560532。E-mail:hanliu13@mails.jlu.edu.cn

迄今为止,人体内已发现81种化学元素,其中12种为人体必需的常量元素(即造体元素),合计占人体质量的99.95%,其余近70种元素均为微量元素,合计仅占人体质量的0.05%^[1]。目前,已被确认的与人体健康和生命有关的微量元素有20种,即铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、钴(Co)、锰(Mn)、铬(Cr)、硒(Se)、碘(I)、镍(Ni)、氟(F)、钼(Mo)、钒(V)、锡(Sn)、硅(Si)、锶(Sr)、硼(B)、铷(Rb)、砷(As)、锗(Ge)、锂(Li),这些微量元素均具有特殊的生理功能^[2]。

电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)是以ICP为离子源,用MS进行检测的无机多元素分析技术^[3]。ICP和MS两种技术的联合是20世纪80年代分析化学领域中最成功的创举^[4-5],其具有分析快速、线性范围广、干扰少、准确度高、精密性好等优点,应用较为广泛^[6-7]。

益中生血片由党参、山药、薏苡仁(炒)、陈皮、法半夏、草豆蔻、大枣、绿矾、甘草等9味中药材组成,具有健脾和胃、益气生血的功效。微量元素是中药的有效成分之一,其种类和含量与中药药效密切相关^[8]。目前,对益中生血片中微量元素含量的测定尚未见报道。为此,本研究采用ICP-MS法同时测定了益中生血片中B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn等12种微量元素的含量,旨在为其质量控制提供参考。

1 材料

1.1 仪器

7500a型ICP-MS仪,包括真空系统、四级杆、检测器、碰撞池等(美国Agilent公司);FW177型高速万能粉碎机(北京市永光明医疗仪器厂);Transform 800型微波消解仪(加拿大Aurora公司);AL104型电子天平(瑞士Mettler-Toledo公司);Milli-Q超纯水机(美国Millipore公司,电阻率:18.2 M Ω ·cm);试验用器皿均用10%硝酸溶液浸泡过夜,用超纯水冲洗后备用。

1.2 试剂

B(批号:GSB04-1716-2004)、V(批号:GSB04-1759-2004)、Cr(批号:GSB04-1723-2004)、Mn(批号:GSB04-1736-2004)、Co(批号:GSB04-1722-2004)、Ni(批号:GSB04-1740-2004)、Cu(批号:GSB04-1725-2004)、Zn(批号:GSB04-1761-2004)、Se(批号:GSB04-1751-2004)、Rb(批号:GSB04-2836-2011)、Mo(批号:GSB04-1737-2004)、Sn(批号:GSB04-1753-2004)标准品溶液均由北京中科质检生物技术有限公司提供,质量浓度均为10.0 mg/L;铟标准品溶液(In,内标,美国Agilent公司,批号:13051,质量浓度:50.0 mg/L);Li(质谱调谐液,批号:13111)、钇(Y,质谱调谐液,批号:14091)、Co(质谱调谐液,批号:14121)、铋(Bi,质谱调谐液,批号:13121)标准品溶液均由美国Agilent公司提供,质量浓度均为10.0 mg/L;氢氟酸为色谱纯,硝酸为优级纯[密度(ρ)=1.4 g/mL],其余试剂均为分析纯,水为超纯水。

1.3 药品

益中生血片(吉林华康药业股份有限公司,批号:171104、180101、180102,规格:每片重0.3 g),粉碎成细粉,过200目筛,于105℃烘箱中烘2 h,放入干燥皿中,备用。

2 方法与结果

2.1 试验条件

2.1.1 ICP-MS条件 射频功率:1 350 W;等离子体气流量:15.0 L/min;载气流量:1.12 L/min;氧化物指标(氧化铷离子/铷) $<0.5\%$;双电荷指标(二价钡离子/一价钡离子) $<1\%$;积分时间:0.1 s;雾化器:高盐雾化器;雾化室温度:2℃;重复次数:3次;蠕动泵转速分辨率:0.1 rps;采样深度:7.0 mm。

2.1.2 微波消解程序 消解功率:3 600 W;升温程序:190℃保持48 h,冷却至室温,再升温至150℃,保持12 h。

2.2 溶液的制备

2.2.1 供试品溶液 取样品细粉0.05 g,加入聚四氟乙烯5 mL溶解,置于溶样弹中,加入氢氟酸1.4 mL、硝酸1.6 mL,将溶样弹加盖及钢套密闭,置于微波消解仪中,按“2.1.2”项下微波消解程序进行消解,冷却至室温后,将消解液移至聚乙烯样品瓶中,加3%硝酸溶液定容至50 mL,摇匀,备用。

2.2.2 混合标准品溶液 分别精密吸取B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn标准品溶液各适量,置于同一10 mL棕色量瓶中,加入3%硝酸溶液稀释,得B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn质量浓度均为1.0 mg/L的混合标准品贮备液。精密吸取上述混合标准品贮备液适量,加入3%硝酸溶液逐级稀释,得质量浓度分别均为150、100、60、40、20、10、5、1、0.5、0.1、0.05 μ g/L的系列混合标准品溶液。

2.2.3 内标溶液 精密吸取In标准品溶液适量,置于10 mL棕色量瓶中,加入3%硝酸溶液稀释,得In质量浓度为1.0 μ g/L的内标溶液。

2.2.4 空白对照溶液 缺样品,按“2.2.1”项下方法制备空白对照溶液。

2.3 线性关系考察

分别精密量取“2.2.2”项下系列混合标准品溶液各适量,按“2.1.1”项下ICP-MS条件进样测定,记录仪器响应值。以各待测元素质量浓度(x , μ g/L)为横坐标、各待测元素与内标仪器响应值的比值(y)为纵坐标进行线性回归,回归方程与线性范围见表1。

2.4 定量限与检测限考察

精密吸取“2.2”项下空白对照溶液和混合标准品溶液各适量,后者倍比稀释,二者分别按“2.1.1”项下ICP-MS条件连续进样测定10次,记录仪器响应值。以连续测定空白对照溶液仪器响应值的10倍标准偏差

表1 回归方程与线性范围

Tab 1 Regression equations and linear ranges

待测元素	回归方程	r	线性范围, $\mu\text{g/L}$
B	$y=1.629 \times 10^{-3}x+6.105 \times 10^{-3}$	0.999 8	0.05~150
V	$y=1.248 \times 10^{-2}x+3.521 \times 10^{-3}$	0.999 7	0.05~150
Cr	$y=1.145 \times 10^{-3}x+7.285 \times 10^{-4}$	0.999 5	0.05~150
Mn	$y=1.459 \times 10^{-2}x+1.022 \times 10^{-2}$	0.999 6	0.05~150
Co	$y=1.125 \times 10^{-2}x+0.998 \times 10^{-3}$	0.999 7	0.05~150
Ni	$y=2.584 \times 10^{-3}x+3.079 \times 10^{-4}$	0.999 8	0.05~150
Cu	$y=6.587 \times 10^{-3}x+4.982 \times 10^{-3}$	0.999 6	0.05~150
Zn	$y=1.116 \times 10^{-3}x+8.259 \times 10^{-4}$	0.999 8	0.05~150
Se	$y=8.892 \times 10^{-5}x+1.215 \times 10^{-4}$	0.999 5	0.05~150
Rb	$y=1.025 \times 10^{-2}x-2.845 \times 10^{-2}$	0.999 9	0.05~150
Mo	$y=3.051 \times 10^{-3}x-8.741 \times 10^{-4}$	0.999 6	0.05~150
Sn	$y=2.958 \times 10^{-3}x-1.521 \times 10^{-3}$	0.999 7	0.05~150

(10SD)对应的元素质量浓度值作为定量限,以连续测定空白对照溶液仪器响应值的3倍标准偏差(3SD)对应的元素质量浓度为检测限。结果,B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn的定量限分别为0.017、0.007、0.021、0.042、0.013、0.017、0.018、0.019、0.020、0.011、0.011、0.018 $\mu\text{g/L}$,检测限分别为0.005、0.002、0.007、0.011、0.003、0.005、0.004、0.004、0.006、0.003、0.003、0.005 $\mu\text{g/L}$ 。

2.5 精密度的试验

精密吸取“2.2.2”项下混合标准品溶液(质量浓度为10 $\mu\text{g/L}$)适量,按“2.1.1”项下ICP-MS条件连续进样测定6次,记录仪器响应值。结果,B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn仪器响应值的RSD分别为2.86%、2.91%、4.72%、4.08%、3.15%、3.73%、5.72%、2.13%、3.46%、3.99%、4.72%、3.96%($n=6$),表明仪器精密度良好。

2.6 稳定性试验

精密吸取“2.2.1”项下供试品溶液(批号:171104)适量,分别于室温下放置0、2、4、8、12、24 h时按“2.1.1”项下ICP-MS条件进样测定,记录仪器响应值。结果,B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn仪器响应值的RSD分别为2.56%、1.27%、1.32%、2.22%、1.98%、1.87%、2.03%、2.78%、1.85%、1.97%、2.05%、1.86%($n=6$),表明供试品溶液在室温下放置24 h内基本稳定。

2.7 重复性试验

取样品粉末(批号:171104)适量,共6份,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1.1”项下ICP-MS条件进样测定,记录仪器响应值。结果,B、V、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Se、Rb、Mo、Sn仪器响应值的RSD分别为1.82%、3.22%、1.56%、1.25%、0.26%、2.47%、2.74%、2.05%、3.08%、0.99%、2.54%、3.17%($n=6$),表明本方法重复性好。

2.8 加样回收率试验

取已知含量的样品细粉(批号:171104)适量,共9份,分别加入各待测元素低、中、高质量浓度标准品溶液,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1.1”项

下ICP-MS条件进样测定,记录仪器响应值并计算加样回收率,结果见表2。

表2 加样回收率试验结果($n=9$)

Tab 2 Results of recovery tests($n=9$)

待测元素	样品含量, μg	加入量, μg	测得量, μg	加样回收率, %	平均加样回收率, %	RSD, %		
B	5.223	2.516	7.863	104.928	99.40	2.57		
	5.216	2.508	7.753	101.156				
	5.261	2.544	7.709	96.226				
	5.312	5.178	10.412	98.494				
	5.229	5.235	10.393	98.644				
	5.236	5.119	10.388	100.645				
	5.247	10.506	15.645	98.972				
	5.325	10.511	15.606	97.812				
	5.298	10.532	15.594	97.759				
	0.445	0.251	0.685	95.618			97.68	1.83
	0.457	0.249	0.703	98.795				
	0.460	0.248	0.697	95.565				
0.447	0.587	1.031	99.489					
0.449	0.496	0.925	95.968					
0.432	0.554	0.981	99.170					
0.441	1.032	1.442	96.996					
0.452	1.341	1.756	97.241					
0.439	1.216	1.658	100.247					
1.562	1.029	2.563	97.279	97.10	1.66			
1.576	1.108	2.655	96.931					
1.596	1.102	2.652	95.826					
1.574	1.535	3.047	95.961					
1.563	1.524	3.096	100.591					
1.579	1.596	3.131	97.243					
1.589	2.358	3.838	95.377					
1.599	2.413	3.975	98.467					
1.588	2.364	3.862	96.193					
171.952	100.312	271.511	99.249			97.58	1.60	
168.524	102.436	270.405	99.458					
167.584	101.776	269.208	99.851					
170.952	221.347	383.933	96.220					
172.665	209.678	376.092	97.019					
169.822	208.612	369.276	95.610					
167.258	314.651	474.352	97.598					
166.951	323.431	480.271	96.874					
168.289	320.586	477.236	96.369					
10.985	5.043	15.953	98.513	99.01	2.53			
11.529	5.112	16.554	98.298					
11.233	5.096	16.526	103.866					
11.165	11.678	22.715	98.904					
11.396	11.862	23.479	101.863					
11.056	10.983	21.883	98.580					
11.124	20.548	31.157	97.494					
11.259	21.044	31.975	98.441					
11.288	20.957	31.226	95.138					
5.198	2.542	7.644	96.223			96.56	1.01	
5.216	2.539	7.658	96.180					
5.224	2.548	7.682	96.468					
5.346	5.631	10.369	95.524					
5.098	5.518	10.369	95.524					
5.175	5.309	10.284	96.233					
5.264	10.342	15.327	97.302					
5.216	10.111	15.126	98.012					
5.221	10.927	15.625	95.214					

续表2
Continued tab 2

待测元素	样品含量, μg	加入量, μg	测得量, μg	加样回收率, %	平均加样回收率, %	RSD, %
Cu	1.587	0.986	2.554	98.073	98.83	0.96
	1.579	1.033	2.603	99.129		
	1.492	1.092	2.576	99.267		
	1.599	1.608	3.221	100.871		
	1.562	1.599	3.126	97.881		
	1.536	1.557	3.083	99.358		
	1.524	2.098	3.591	98.522		
	1.582	2.044	3.589	98.190		
	1.574	2.105	3.643	98.290		
	24.368	10.876	35.153	99.163		
	24.144	10.379	34.136	96.271		
	24.512	11.332	35.692	98.659		
	24.062	21.451	45.024	97.720		
	24.398	20.978	44.828	97.388		
24.518	21.412	44.904	95.208			
24.511	41.097	65.783	100.426			
24.652	40.507	64.990	99.583			
24.897	40.112	64.326	98.297			
Se	0.987	0.498	1.482	99.398	98.85	2.97
	0.954	0.506	1.447	103.360		
	0.988	0.533	1.511	98.124		
	1.032	1.112	2.092	95.324		
	1.005	1.094	2.114	101.371		
	1.067	1.053	2.145	102.374		
	0.958	2.076	2.951	96.002		
	0.962	2.108	3.013	97.296		
	0.948	2.135	3.006	96.393		
	7.298	3.507	10.635	95.153		
	7.192	3.445	10.591	98.665		
	7.346	3.194	10.586	101.440		
	7.524	6.175	13.452	96.000		
	7.305	6.341	13.387	95.915		
7.299	6.223	13.364	97.461			
7.341	9.532	16.423	95.275			
7.271	9.017	15.912	95.830			
7.291	9.438	16.352	96.006			
Mo	0.218	0.104	0.321	99.038	98.88	2.60
	0.245	0.112	0.362	104.464		
	0.244	0.109	0.353	100.000		
	0.238	0.325	0.548	95.385		
	0.229	0.318	0.544	99.057		
	0.219	0.309	0.519	97.087		
	0.214	0.644	0.837	96.739		
	0.218	0.628	0.843	99.522		
	0.211	0.651	0.853	98.618		
	0.709	0.335	1.038	98.209		
	0.715	0.348	1.051	96.552		
	0.726	0.296	1.008	95.270		
	0.685	0.611	1.287	98.527		
	0.679	0.609	1.274	97.701		
0.688	0.638	1.309	97.335			
0.691	0.995	1.687	100.101			
0.694	1.036	1.725	99.517			
0.667	1.148	1.803	98.955			

2.9 样品中微量元素的含量测定

取3批样品细粉各适量,按“2.2.1”项下方法制备供

试品溶液,再按“2.1.1”项下 ICP-MS 条件进样测定,平行测定3次,记录仪器响应值并计算样品中微量元素的含量,结果见表3。

表3 样品中微量元素的含量测定结果($n=3, \mu\text{g/g}$)

Tab 3 Results of content determination of microelements in samples ($n=3, \mu\text{g/g}$)

待测元素	批号			平均值
	171104	180101	180102	
B	5.261	5.267	5.269	5.266
V	0.449	0.453	0.456	0.453
Cr	1.584	1.581	1.579	1.581
Mn	169.800	170.600	171.300	170.600
Co	11.240	11.280	11.330	11.280
Ni	5.216	5.205	5.191	5.204
Cu	1.580	1.570	1.520	1.560
Zn	24.500	24.200	24.100	24.300
Se	0.988	0.986	0.987	0.987
Rb	7.305	7.300	7.302	7.302
Mo	0.229	0.239	0.248	0.239
Sn	0.698	0.702	0.707	0.702

3 讨论

3.1 检测方法的选择

随着现代药物分析技术的不断发展,目前中药中微量元素分析常用的方法有紫外-可见分光光度法(UV)^[8]、原子吸收光谱法(AAS)^[9]、原子荧光光谱法(AFS)^[10]、原子发射光谱法(AES)^[11]、分子荧光光谱法(MFS)^[12]、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)^[13]和 ICP-MS 法^[14]等。本研究采用 ICP-MS 法同时测定了益中生血片中12种微量元素的含量,该方法精密度高、准确性好。

3.2 样品预处理方法的选择

中药化学成分复杂,在使用 ICP-MS 法进行微量元素测定时会受到同位素和其他多种原子的干扰,因此样品的预处理尤为重要。目前,常用的预处理方法主要为消化处理法,包括干法消解、湿法消解和微波消解。其中,干法消解可致待测元素挥发,导致测定结果偏低^[15];湿法消解通常用酸溶解样品,一般通过电热板以准温控方式加热,为非密闭消解,若要将样品完全消解需要消耗大量的酸,有时需要高温加热,从而导致器壁及试剂给样品的含量测定带来干扰;而本文采用氢氟酸-硝酸溶解样品,使用微波消解仪消解,温度控制较好,同时又为密闭消解,可完全破坏样品中的有机物^[16]。

3.3 结果分析

近年来,有研究表明,Mn、Zn、Co、Rb、B等微量元素对维持人体生命活动有着不可或缺的作用^[17]。本研究测定的益中生血片样品中Mn、Zn、Co、Rb、B的含量较高,其含量范围分别为169.800~171.300、24.100~24.500、11.240~11.330、7.300~7.305、5.261~5.269 $\mu\text{g/g}$ 。

Mn元素可参与糖和脂肪的代谢,参与人体内多种酶的合成和激活,调节机体内分泌系统,提高人体免疫功能,是公认的抑癌元素^[18-19]。Zn元素存在于多种酶系

中,如呼吸酶、超氧化物歧化酶等,是核酸、蛋白质、碳水化合物和维生素A合成利用的必需物质,具有加速机体生长发育、抗菌、凉血、消炎、清热、生肌、改善味觉等作用^[20-21]。Co元素可以刺激骨髓的造血系统,使血红蛋白的合成和红细胞数目增加,大部分以组成维生素B₁₂的形式参与体内的生理过程,可促进Zn元素的吸收并改善其生物活性,从而发挥抗衰老、延长寿命等作用^[22]。Rb元素具有抗癌作用,其机制可能与体液中的Rb盐能够中和癌组织释放的酸性毒物,进而降低其毒性作用有关^[23]。此外有研究表明,随着年龄的增加,脑部不断发育,而脑中Rb元素含量随年龄增长而降低^[24-25]。B元素可通过促进肝脏等组织对葡萄糖的摄取和葡萄糖向脂肪的转化等途径来降低血糖,同时其还是F元素中毒的重要解毒剂,通过在人体肠道内与F元素反应形成BF₄⁻复合物,而降低肠道对F元素的吸收,促进F元素的排泄;生理量的B元素对维护人体健康具有重要作用,成人对B元素的基础需要量大约为0.375 mg/d。有研究认为,成人可以接受的B元素平均摄入量安全范围为1~13 mg/d^[26]。

综上所述,本方法快速、灵敏度高、准确度高,可用于同时测定益中生血片中12种微量元素的含量,益中生血片样品中Mn、Zn、Co、Rb、B元素的含量相对较高。

参考文献

[1] 李曼曼,李红娟,范业文,等. ICP-MS测定盐地碱蓬籽油中必需微量元素含量[J]. 中国油脂, 2016, 41(10): 102-105.

[2] 夏敏. 必需微量元素的生理功能[J]. 微量元素与健康研究, 2003, 3(20): 41-44.

[3] 刘晨,王周利,岳田利,等. 苹果汁中重金属检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 16(9): 4326-4332.

[4] 张高强,袁建,贾继荣,等. 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)法测定大米中27种元素的含量[J]. 粮食与饲料工业, 2016. DOI: 10.7633/j.issn.1003-6202.

[5] 乔军,佟克兴,李安,等. 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定葡萄酒中的铜、镉、铅[J]. 中国无机分析化学, 2017, 7(4): 33-36.

[6] 沈琳. 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定转基因大豆中的无机元素[J]. 中国无机分析化学, 2018, 8(2): 60-62.

[7] 吴建江,程羽君,陈扉然,等. 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定阿奇霉素中金属铂的研究测定阿奇霉素中金属铂的研究[J]. 广东化工, 2018, 45(366): 158-159.

[8] 杜军,良杨,凤万燕,等. 分光光度法测定3种中草药中的

镉含量[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 299-301.

[9] 张换平,杜慧,王书红,等. 悬浮液进样-石墨炉原子吸收光谱法测定中药中铜和铅的溶出率[J]. 理化检验(化学分册), 2018, 54(3): 360-362.

[10] 刘丽,韩凤,金立弟. 氢化物原子荧光光谱法测定马蹄甲药材中硒、锑元素含量[J]. 中国药物评价, 2018, 35(3): 215-217.

[11] 张京京,何萍. 三七中微量元素的分析测定[J]. 山东化工, 2017, 46(10): 95-96.

[12] 刘明地. 红外光谱结合计算机解析技术对青海枸杞的鉴别研究[D]. 西宁:青海民族大学, 2015.

[13] 朱琼,严家文,钱保勇,等. 电感耦合等离子体发射光谱法检测碘海醇原料药中铜、铁、铝含量[J]. 中国药业, 2018, 27(15): 24-26.

[14] 周柏松,李平亚,王振洲,等. 蓝萼香茶菜的微量元素测定[J]. 微量元素与健康研究, 2017, 34(1): 38-39.

[15] 胡广林. 中药微量元素分析[M]. 北京:科学出版社, 2014: 36-37.

[16] 聂西度,符靓. 咖啡中14种无机元素的快速质谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2013, 33(7): 1953-1956.

[17] 王丽娟,刘菊林. 微量元素对人体健康的作用[J]. 临床合理用药杂志, 2013, 6(8): 63.

[18] 罗益远,刘娟秀,侯娅,等. 何首乌不同产地及商品药材中无机元素的ICP-MS分析[J]. 中草药, 2015, 46(7): 1056-1064.

[19] 郑炳真,刘金平,祁增,等. ICP-MS测定乌苏里瓦韦中人体必需微量元素的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(9): 57-61.

[20] 苏斌,李青仁,李春梅,等. 微量元素锰与人体健康[J]. 世界元素医学, 2008, 12(4): 17-20.

[21] 陈文强. 微量元素锌与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 62-65.

[22] 李青仁,苏斌,李胜钊. 微量元素钴、镍与人体健康[J]. 广东微量元素科学, 2008, 15(1): 66-70.

[23] 洪水声,滕利荣,孟庆繁,等. Rb与P53途径及相关抗癌药物的研究进展[J]. 生命的化学, 2003, 23(5): 372-374.

[24] 王亚茹,李雅萌,周柏松,等. ICP-MS法测定白花蛇舌草与水线草中的人体必需微量元素[J]. 特产研究, 2018. DOI: 10.16720/j.cnki.tcyj.2018.01.007.

[25] 王栋芳,闫赖赖,卢庆彬,等. 食管鳞癌患者血清15种非必需微量元素定量分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2015, 22(9): 649-654.

[26] 谢伟,徐国茂,叶琴. 微量元素硼与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2010, 27(1): 65-66.

(收稿日期:2018-06-23 修回日期:2018-09-16)

(编辑:陈宏)