

# ICP-MS 法测定药食同源性食物中的重金属及有害元素

庞小莲<sup>1</sup>,陈婷婷<sup>1</sup>,刘 兰<sup>2,\*</sup>

(1.玉林市食品药品检验检测中心,广西玉林 537000;

2.湖南省食品质量监督检验研究院,湖南长沙 410111)

**摘要:**建立药食同源性食品中的重金属及有害元素的残留量测定方法,为相关品种的重金属及有害元素的测定、标准完善及风险评估提供依据。采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定药食同源性食品中铅、镉、砷、汞、铜的含量。结果表明,5种重金属及有害元素的线性关系良好相关系数均大于0.9953,回收率为82.25%~115.13%,重复性良好。参照《中国药典》枸杞、黄芪等药食同源性食物的重金属及有害元素限量标准,17种73批药食同源性食物五种重金属元素含量测定的合格率为98.90%,其中镉存在超标现象,合格率为94.52%。本文采用的ICP-MS法适用于药食同源食品中的多种元素同时测定。实验显示少数个别品种的个别元素污染严重,建议重视此方面的控制,完善相关检测方法和限量标准。

**关键词:**电感耦合等离子体质谱(ICP-MS),药食同源性食物,重金属,有害元素,风险分析

## Determination of Heavy Metals and Harmful Elements in Medicine Food Homologous Food by ICP-MS

PANG Xiao-lian<sup>1</sup>, CHEN Ting-ting<sup>1</sup>, LIU Lan<sup>2,\*</sup>

(1.Yulin City Food and Drug Inspection Testing Center, Yulin 537000, China;

2.Hunan Institute of Food Quality Supervision Inspection and Research, Changsha 410111, China)

**Abstract:** A method for the determination of heavy metals and harmful elements in medicine food homologous food was established, so as to provide for risk evaluation, standard improvement and quality supervision for the related food. The contents of lead, cadmium, arsenic, mercury and copper in medicine food homologous food were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The results showed that the linear relationship of five heavy metal elements was good ( $r > 0.9953$ ), the recovery rate ranged from 82.25% to 115.13%, and the repeatability was also good. The established method was applicable for determining the amount of heavy metals and harmful elements of medicine food homologous food. According to limits of heavy metals and harmful elements for medicine food homologous food such as leech in Chinese Pharmacopoeia, the qualified rate of heavy metals and harmful elements in 17 kinds of 73 batches of medicine food homologous food was 98.90%. Among them, the cadmium exceeded the standard, and the qualified rate was 94.52%. The ICP-MS method used in this paper was suitable for simultaneous determination of many elements in medicine food homologous food. The experiment showed that the contamination of individual elements in a few species was serious. It was recommended to take control of this aspect and improved relevant detection methods and limit standards.

**Key words:** inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS); medicine food homologous food; heavy metals; harmful elements; risk assessment

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)10-0280-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.10.046

引文格式: 庞小莲, 陈婷婷, 刘兰. ICP-MS 法测定药食同源性食物中的重金属及有害元素[J]. 食品工业科技, 2019, 40(10): 280-285.

药食同源是指许多食物同时也是中药,食物与中药同时起源又没有绝对的分界线,在食养、食疗和药膳方面,应用非常广泛和全面。在我国教育体

系里面,对药食同源的应用方面也很重视,越来越受到关注<sup>[1]</sup>。药食同源食物在养生和临床饮食调护方面应用广泛,具有祛暑、润秋燥和抗衰老等功

收稿日期: 2018-08-21

作者简介: 庞小莲(1979-),女,本科,主管药师,研究方向: 食品药品检验分析, E-mail: 41875235@qq.com。

\* 通讯作者: 刘兰(1986-),女,硕士,工程师,研究方向: 食品药品质量分析, E-mail: 371420797@qq.com。

效,同时药食膳在降血糖和心脏疾病方面也有一定应用<sup>[2-7]</sup>。其中山药、茯苓、百合、红枣、枸杞等以其特有的营养成分和功效深受大众欢迎<sup>[8-10]</sup>。药食同源食物和药食膳疗已成为中华民族文化的瑰宝<sup>[11]</sup>。

药食同源食物的重金属及有害元素污染源主要是在种植、加工、运输、储存过程中带入的,其中在种植环节受污染较多,主要来自于其生长的土壤和水体的污染。目前对药食同源性食物的重金属及有害元素的测定标准和测定研究方法报道较少,《中国药典》2015版一部只对枸杞、黄芪等少数药食同源性食物作为药材时的重金属及有害元素的测定方法和限量标准<sup>[12]</sup>。对重金属及有害元素的测定分析前处理方法,由传统的人工加酸湿法及干法消解,发展到今天的自动微波消解。测定分析的仪器和标准方法主要有:石墨炉原子吸收法测定铅、镉、铬等元素<sup>[16-17]</sup>;火焰原子吸收法测定锌和铜<sup>[12]</sup>;原子荧光光度法测定总砷和汞等<sup>[18-19]</sup>。这些方法单次只能测定单个元素。而ICP-MS法,经过一次消解后可以同时对多个元素进行分析测定,并且具有高灵敏度,低检出限,宽线性范围,高效率等优点,受到广大重金属分析者的关注<sup>[20-21]</sup>。

本实验收集了17种73批次常见、消费较多的药食同源性食物,采用微波消解前处理和ICP-MS分析测定法,同时测定了铅、镉、砷、汞、铜5种重金属及有害元素的残留量,为进一步提高药食同源性食物的质量,保证其食用安全提供了测定方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

山楂1~3号、枸杞子1~3号、黑枣1~3号、百合1~3号、莲子1~3号、薏苡仁1~3号、赤小豆1~5号、龙眼肉1~3号、核桃仁1~3号、茯苓1~11号、葛根1~8号、粉葛1~2号、淮山1~10号、黄芪1~3号、麦冬1~3号、罗汉果1~4号、胎菊1~3号样品 收集于玉林众康、百源堂、至真和大润发等药店及超市,产地为湖南、广西、甘肃、宁夏、新疆、云南、贵州、四川、河南、安徽、浙江等省份;硝酸、过氧化氢 均为优级纯,国药集团化学试剂有限公司;实验用水均为超纯水 由玉林食品药品检验所纯水系统制得,并通过超纯水机过滤,电阻率均达到18.2 MΩ·cm(25℃);调谐液:Ge、Co、Li、Mg、Tl、Y浓度1 μg/L,内标为含Bi、Ge、In、Li(6)、Lu、Rh、Sc、Tb的混合内标液 浓度100 mg/L, Hg标准物质溶液(10 μg/mL),安捷伦科技有限公司;Pb、Cd标准物质溶液(100 μg/mL)、Cu、As标准物质溶液(1000 μg/mL) 中国计量科学研究院;Au标准物质溶液 浓度1000 μg/mL,国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院。

AK-400A中药粉碎机 温岭市奥力中药机械有限公司;AE-200电子分析天平 梅特勒托利多仪器有限公司;ETHOS One微波消解仪 意大利麦尔斯通公司;VB24 Plus智能样品处理器 莱伯泰科有限公司;ICP-MS 7700x 电感耦合等离子体质谱 安捷伦科技有限公司。

## 1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理 样品经过四分法后,挑取对角两份置于中药粉碎机中粉碎,过筛,备用。精密称取粉碎均匀样品约0.5 g于消解罐内,加5.0 mL硝酸、80℃预消解30 min,待冷却后,再加入2.0 mL硝酸、1.0 mL过氧化氢,用滤纸擦干净罐口边缘的液滴,盖好罐盖,放入微波消解仪内按升温条件(表1)进行微波消解。空白实验除不加试样外,其他操作均同样品处理。消解完并且冷却后,轻缓打开消解罐,用超纯水清洗盖子,于120℃脱气3 h,将罐内的消解液转移入刻度离心管用超纯水清洗消解罐3次,确保转移完全,并定容至25 mL刻度,摇匀后备用。

表1 微波消解升温条件

Table 1 Microwave digestion and heating conditions

时间 (min)	升温程序 (℃)	保持 (min)	功率 (W)
0~10	室温升到130℃	5	1500
15~25	130℃升到180℃	/	1500
25~55	180℃升到190℃	20	1500

注:/代表无保持时间。

1.2.2 标准溶液配制 分别精密吸取Cu 0.2 mL、As 0.01 mL、其它标准品0.1 mL到10 mL容量瓶中,用含2 μg/mL Au标准溶液的2%的硝酸溶液稀释至刻度,得到Cu、As、Pb、Cd、Hg分别为20.0、1.0、1.0、1.0、0.1 μg/mL的混合标准溶液。再分别精密吸取0.05、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50 mL混合标准溶液到25 mL的容量瓶中,用2%的硝酸溶液稀释至刻度。得到Cu浓度分别为40、80、160、240、320、400 ng/mL; As、Pb、Cd浓度分别为2、4、8、12、16、20 ng/mL; Hg的浓度为0.2、0.4、0.8、1.2、1.6、2 ng/mL的系列混合标准工作液。精密吸取0.1 mL混合内标液到100 mL容量瓶中,用2%硝酸稀释到刻度即得,得到浓度为100 ng/mL的Bi、Ge、In等混合内标液。

1.2.3 仪器测定条件 ICP-MS同时测定五种元素时调谐模式为氦模式;质量轴:Li(7)、Y(89)、Tl(205);等离子气流量:15.0 L/min;蠕动泵0.1 r/s;雾化室温度:2℃;辅助气流量:0.8 L/min;氦气流量:4.3 mL/min;载气流量:0.8 L/min;数据采集模式:跳峰;进样方式:自动;重复次数:3次;扫描次数:100次。其中各元素的内标选择与其质量数接近的稀有元素做为内标物,具体见表2。因为仪器内标进样管的管路小,速度慢,进样体积小,所以内标的加入方式为蠕动泵在线连续加入浓度为100 ng/mL的内标

表2 5种元素质量数及积分时间

Table 2 Mass and integration time of 5 elements

元素	质量数 (m/z)	积分时间 (s)	内标	质量数 (m/z)
Cu	63	0.3	Ge	72
As	75	1	Ge	72
Cd	111	0.3	In	115
Hg	201	2	Bi	209
Pb	208	0.3	Bi	209

混合液方式,以保证每次进样的量的稳定性。

#### 1.2.4 方法学考察

1.2.4.1 标准曲线绘制 在 1.2.2 中配制的混合标准系列溶液,按照 1.2.3 仪器条件进行测量,分别以各元素浓度为横坐标,分别选择合适的内标,各元素的质谱信号与内标元素的质谱信号的强度比为纵坐标,内标法定量,绘制标准曲线。

1.2.4.2 重复性和回收实验 分别精密称取枸杞子 3 号样的 6 份平行样品进行重复性实验;分别精密称取枸杞子 3 号样的 6 份平行样品,两两平行,取样后,分别加入混合标准溶液 0.1、0.3、0.4 mL 做三个水平浓度的回收实验。按照 1.2.1 样品前处理进行处理,依据 1.2.3 仪器方法进行样品中 Cu、As、Pb、Cd、Hg 5 种元素的定性定量测定,数据进行分析。

1.2.4.3 精密性 取 Cu 浓度 160 ng/mL、As、Pb、Cd 的浓度为 8 ng/mL、Hg 的浓度为 0.8 ng/mL 的混合标准工作液,连续按照 1.2.3 仪器方法进行样品中 Cu、As、Pb、Cd、Hg 5 种元素的定性定量测定,数据进行分析。

1.2.4.4 检出限 取空白试验溶液,按照 1.2.3 仪器条件进行 Cu、As、Pb、Cd、Hg 5 种元素的定性定量的 11 次测定,得到响应值的标准偏差为 D.L,为仪器检出限;以仪器检出限 D.L 与样品实验时的稀释倍数的乘积,再除以样品的取样量,则得到实验的方法检出限。

1.2.5 样品测定 样品测定实验,主要是按 1.2.1 对样品进行取样、消解、稀释等前处理,再按照 1.2.3 的仪器条件,待仪器稳定后,按照先测定 11 次空白溶液,再测定不同浓度的标准溶液,最后再按样品类别编号顺序测定样品溶液。每测定 10 批次的样品,测定一次标准曲线的第 3 个浓度的混合对照品溶液来监测仪器的状态,绘制各个元素的标准曲线,并以标准曲线定量各样品溶液的浓度,根据取样量和稀释倍数计算样品中各个重金属的含量。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2010 软件对实验结果数据进行分析。

表 3 标准曲线方程、相关系数、线性范围及检出限

Table 3 Standard curves of regression equation, correlation coefficient, linearity ranges and detection limit

元素	线性回归方程	相关系数 r	线性范围 (ng/mL)	检出限 (mg/kg)
Cu	$Y = 0.7928X + 5.0302$	0.9957	40~400	0.0100
As	$Y = 0.0761X + 0.0050$	0.9998	2~20	0.0020
Pb	$Y = 0.0865X + 0.0676$	0.9953	2~20	0.0100
Cd	$Y = 0.0187X - 0.0038$	0.9996	2~20	0.0020
Hg	$Y = 0.0190X - 0.0003$	0.9997	0.2~2	0.0001

表 4 精密性及相对标准偏差

Table 4 Precision and relative standard deviation

元素	浓度 (ng/mL)		测定浓度 (ng/mL)					相对标准偏差 (RSD%)
Cu	160	154	156	155	151	160	149	2.51
As	8	7.3	7.3	7.6	7.3	7.9	7.4	3.51
Pb	8	7.5	7.6	7.5	7.9	7.8	7.9	2.64
Cd	8	7.2	7.6	7.7	7.6	7.9	7.6	2.87
Hg	0.8	0.78	0.79	0.76	0.79	0.76	0.77	1.78

## 2 结果与分析

### 2.1 标准曲线方程、相关性及线性范围

混合系列标准溶液,经过仪器 ICP-MS 分析,以混合标准浓度为横坐标 (X),响应为纵坐标 (Y),由仪器分析软件分析得到标准工作曲线。标准工作曲线显示五种元素浓度 Cu 在 40~400 ng/mL, As、Pb、Cd 在 2~20 ng/mL, Hg 在 0.2~2 ng/mL 范围内,标准曲线的线性关系良好,线性范围相关系数均在 0.9953 以上;其中 Cu、Pb 的检出限为 0.01 mg/kg, As、Cd 为 0.002 mg/kg, Hg 为 0.0001 mg/kg, 具体线性回归方程、相关系数及方法的检出限(见表 3)。由结果显示的宽线性范围及良好线性关系,以及低检出限完全可以满足药食同源性食品中 5 种重金属元素的同时测定。

### 2.2 重复性

由重复性实验仪器分析结果显示,所选取的样品测定结果显示测得 Cu、As、Pb、Cd、Hg 的平均含量分别为 5.120、0.030、0.050、0.048 mg/kg、未检出;各个元素 6 次响应的 RSD 分别为 4.02%、3.28%、5.31%、3.19%、0%。结果显示,实验重复性良好符合重金属元素测定要求。

### 2.3 精密性

对标准工作溶液的第 3 个点连续进样 6 次,测定后数据进行分析,各元素的配制浓度和测得浓度及相对标准偏差见表 4,相对标准偏差均小于 3.51%,数据分析表明仪器精密性良好,可以满足实验使用。

### 2.4 回收率

平均回收率结果和相对平均偏差分别见表 5~表 9。经过计算 Cu、As、Pb、Cd、Hg 5 种元素的测定,其中 Cu 的回收率为 82.25%~98.42%、As 的回收率为 93.36%~115.13%、Cd 的回收率为 83.33%~99.40%、Hg 的回收率为 91.62%~109.04%、Pb 的回收率为 85.90%~102.25%。回收率和相对平均偏差结果显示此方法回收率符合 5 种重金属元素的测定要求。

表5 Cu单元素回收率

Table 5 Cu single element recovery

实验组	加入量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对平均偏差 (%)
1	2	83.24	82.25	1.20
2	2	81.26		
3	6	91.24	92.40	1.26
4	6	93.57		
5	8	97.63	98.42	0.80
6	8	99.21		

表6 As单元素回收率

Table 6 As single element recovery

实验组	加入量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对平均偏差 (%)
1	0.1	91.25	93.36	2.26
2	0.1	95.47		
3	0.3	93.81	95.52	1.79
4	0.3	97.22		
5	0.4	115.02	115.13	0.096
6	0.4	115.24		

表7 Cd单元素回收率

Table 7 Cd single element recovery

实验组	加入量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对平均偏差 (%)
1	0.1	82.73	83.33	0.72
2	0.1	83.93		
3	0.3	85.90	86.62	0.83
4	0.3	87.33		
5	0.4	100.38	99.40	0.98
6	0.4	98.43		

表8 Hg单元素回收率

Table 8 Hg single element recovery

实验组	加入量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对平均偏差 (%)
1	0.01	89.00		
2	0.01	94.25	91.62	2.86
3	0.03	82.58		
4	0.03	87.17	84.88	2.70
5	0.04	106.88		
6	0.04	111.19	109.04	1.98

表9 Pb单元素回收率

Table 9 Pb single element recovery

实验组	加入量 ( $\mu\text{g}$ )	回收率 (%)	平均回收率 (%)	相对平均偏差 (%)
1	0.1	85.06	85.90	0.98
2	0.1	86.74		
3	0.3	97.53	96.64	0.92
4	0.3	95.75		
5	0.4	102.71	102.25	0.45
6	0.4	101.79		

## 2.5 样品测定结果

通过使用 ICP-MS 方法对 17 类 73 批次的药食同源性食物中的 5 种重金属及有毒元素的测定, 结果见表 10, 空白实验中 5 种元素均为未检出, 各个样品的结果均为仪器软件自动扣除空白实验结果后再根据取样量和稀释倍数计算的结果。参照《中国药典》2015 版一部中对山楂、枸杞子、黄芪等少数药食同源性食物的重金属及有害元素的限量<sup>[12]</sup> 规定进行

表10 样品中五种元素测定结果

Table 10 Determination of five elements in samples

样品名称	元素名称				
	Cu(mg/kg)	As(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Hg(mg/kg)	Pb(mg/kg)
限值	20	2	0.3	0.2	5
空白	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
葛根 1	4.45	0.16	0.17	0.0014	0.57
葛根 2	5.06	0.068	0.20	0.0012	0.24
葛根 3	4.47	0.18	0.074	0.0015	0.58
葛根 4	5.51	0.11	0.26	0.0027	1.7
葛根 5	3.13	0.033	0.16	0.00039	0.23
葛根 6	2.90	0.035	0.059	未检出	0.13
葛根 7	5.36	0.081	0.18	0.00090	0.95
葛根 8	3.83	0.064	0.25	0.00070	0.39
粉葛 1	2.71	0.084	0.070	0.0016	0.25
粉葛 2	2.93	0.018	0.061	0.00063	0.77
淮山 1	3.07	0.046	0.044	0.00047	0.049
淮山 2	2.76	0.019	0.033	0.0013	未检出
淮山 3	1.64	未检出	0.064	0.00070	未检出
淮山 4	2.24	0.015	0.021	0.00089	0.031

续表

样品名称	元素名称				
	Cu(mg/kg)	As(mg/kg)	Cd(mg/kg)	Hg(mg/kg)	Pb(mg/kg)
淮山 5	2.61	0.013	0.044	0.0019	0.034
淮山 6	4.58	0.10	0.013	0.0033	0.091
淮山 7	1.88	0.0032	0.15	0.0023	未检出
淮山 8	4.07	0.0070	0.23	0.0013	0.012
淮山 9	2.32	未检出	0.045	0.00096	未检出
伏苓 1	1.15	0.0068	0.0040	0.00039	未检出
伏苓 2	2.11	0.011	0.0057	0.00083	未检出
伏苓 3	1.08	0.0081	0.0059	0.00069	未检出
伏苓 4	1.81	0.053	0.012	0.0027	0.052
伏苓 5	1.36	0.047	0.010	0.0026	0.086
伏苓 6	2.70	0.045	0.0094	0.0025	0.18
伏苓 7	2.83	0.047	0.0088	0.0020	0.19
伏苓 8	1.87	0.075	0.048	0.0012	0.12
伏苓 9	1.66	0.028	0.026	0.0016	0.023
伏苓 10	1.28	0.010	0.0058	0.0017	未检出
伏苓 11	2.96	0.032	0.010	0.0020	0.16
山楂 1	1.96	0.029	0.013	0.0026	0.20
山楂 2	2.10	0.084	0.027	0.0022	0.31
山楂 3	1.89	0.039	0.020	0.00061	0.16
优质黄芪 1	3.21	0.051	0.010	0.00028	0.029
黄芪 2	3.12	0.15	0.016	0.00024	0.12
黄芪 3	3.09	0.067	0.017	未检出	0.032
绵麦冬 1	1.53	0.17	0.12	0.00057	0.15
麦冬 2	4.49	0.14	0.33	0.0035	0.067
麦冬 3	4.43	0.054	0.15	0.0015	0.065
脱水罗汉果 1	2.95	0.0035	0.026	未检出	0.012
罗汉果 2	5.35	0.0061	0.0079	未检出	0.043
脱水罗汉果 3	4.56	0.0078	0.0078	0.00010	0.054
罗汉果 4	8.92	未检出	0.0064	未检出	0.057
胎菊 1	6.65	0.068	0.092	0.00073	0.50
菊花 2	6.96	0.61	0.14	0.014	2.2
胎菊 3	1.82	0.055	0.27	0.00072	0.29
黑枣 1	1.17	0.021	未检出	未检出	0.013
黑枣 2	1.58	0.0068	未检出	未检出	未检出
黑枣 3	1.55	0.013	0.0024	未检出	0.029
百合 1	5.20	0.033	1.2	0.0031	0.080
百合 2	4.50	0.023	0.85	0.0039	0.023
百合 3	4.55	0.023	1.0	0.0032	0.083
红莲子 1	9.82	0.035	0.068	0.0014	未检出
莲子 2	11.5	0.048	0.063	0.0010	未检出
莲子 3	10.7	0.047	0.060	0.0048	0.015
薏苡仁 1	3.73	0.0085	未检出	未检出	未检出
薏苡仁 2	4.00	0.0059	未检出	未检出	0.019
薏苡仁 3	1.83	0.010	0.0039	未检出	0.024
赤小豆 1	5.23	0.019	0.0062	未检出	0.40
赤小豆 2	5.36	未检出	0.033	未检出	未检出
赤小豆 3	4.73	未检出	0.0030	未检出	未检出
赤小豆 4	5.44	未检出	0.0034	0.00020	未检出
赤小豆 5	4.84	未检出	0.0041	未检出	未检出

样品名称	元素名称				
	Cu (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)
龙眼肉 1	3.93	0.020	0.0082	未检出	0.17
龙眼肉 2	4.38	未检出	0.025	未检出	0.099
龙眼肉 3	4.32	0.50	0.0063	0.0021	0.18
核桃 1	12.1	0.0078	未检出	未检出	未检出
核桃 2	10.5	0.0078	未检出	0.00015	未检出
核桃 3	13.2	0.010	未检出	未检出	未检出
枸杞子 1	5.99	0.036	0.046	0.00019	0.040
枸杞子 2	5.28	0.051	0.051	0.00034	0.067
枸杞子 3	5.12	0.030	0.048	未检出	0.050

判定。Cd 的检出为 67 批次,超标 4 批次,其中麦冬 1 批、百合 3 批,除此 4 批次外,本次试验中测定的其它药食同源性食物的 5 种重金属均符合要求。统计结果:未检出率项次为 14.79%;检出率项次为 85.21%;样品项次合格率为 98.90%,批次合格率为 94.52%。

测定结果显示,大部分药食同源性食物的重金属及有毒元素含量是合格的,但是也有少数批次中的镉含量是超标的,其中以百合尤为突出,是否为土壤污染、加工、运输环节或者是百合自身某成分对镉测定时的响应有干扰,或者是百合具有对重金属元素镉的富集作用,有待进一步研究分析。

结果同时显示,根类品种比果实类品种重金属及有毒元素的含量明显要高,可能与根对营养等吸收快,与果实和种子相比离土壤近,生长周期相对时间长有一定的关系。

### 3 结论

采用 ICP-MS 方法测定药食同源性食物的多种重金属及有毒元素含量,标准工作曲线线性的相关性良好:相关系数均在 0.9953 以上,线性范围宽:所测定样品溶液基本不需要二次稀释,重复性好:重复性实验测定结果相对标准偏差均小于 5.31%、精密性良好:相对标准偏差均小于 3.51%,可以同时多元素进行分析测定,且具有检出限低、灵敏度高、准确性好,省时和高通量,可以同时测定 5 种元素甚至也可以更多种元素等优点,适合食品药品大批量样品中多元素的同时测定。在本实验中测定的 17 类 73 种药食同源性食物的重金属测定结果显示,参照中药材的标准要求,合格率高,不合格元素及样品品种比较集中。

目前鉴于药食同源性食物分类和用途的双重性,标准也会不一样,对于其重金属及有毒元素,还没有明确的测定标准和评价依据,对直接食用的药食同源性食物及其开发和加工成的各类副产品的质量控制在风险评估有待加强、引起重视。

### 参考文献

- [1] 赵欣,李贵节.食品专业中加强药食同源内容教学的改革[J].西南师范大学学报:自然科学版,2017,42(8):141-143.
- [2] 周淑敏.浅谈药食同源在临床饮食调护中的应用[J].影像

研究与医学应用,2017,1(6):198-199.

- [3] 景然.药食同源巧祛暑[J].糖尿病天地,2017(7):52-53.
- [4] 景然.药食同源润秋燥[J].糖尿病天地,2017(7):56-57.
- [5] 薛立英,高丽,秦雪梅,等.药食同源中药抗衰老研究进展[J].食品科学,2017,38(5):302-309.
- [6] 幸宏伟,唐春红.药食两用植物降血脂功能研究进展[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2003,20(4):103-105.
- [7] 李晓梦.心脏疾病的药膳食疗[J].健康生活,2017(5):46-47.
- [8] 兰晓雁.山药-药食两用的佼佼者[J].家庭中医药,2017(9):66-67.
- [9] 杨璞.被称为“四时神药”的茯苓有何过人之处[J].养生大世界,2017(6):25-27.
- [10] 杨璞.安心定胆补虚损,百合作用真不少[J].药物养生,2017(6):41.
- [11] 林岚子.李时珍“药食同源”养生法[J].中医学:用药与健康,2016,3:34.
- [12] 国家药典委员会.中华人民共和国药典一部(2015年版)[M].北京:国家药典委员会,2015.
- [13] Tóth G, Hermann T, Silva M R Da, et al. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety[J]. Environment International, 2016, 88:299-309.
- [14] 王丽娟.土壤重金属污染的危害及修复[J].现代农业,2017(1):73-75.
- [15] 许岚.长江流域重金属污染来源分析及预防措施探讨[C]//厦门:重金属污染防治及风险评估研讨会,2016:5-8.
- [16] GB 5009.12-2017 食品中铅的测定[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [17] 傅亚平,吴卫国.湿法消解-石墨炉原子吸收光谱法测定大米中的镉[J].粮食与油脂,2015,28(10):59-62.
- [18] GB 5009.11-2014 食品中总砷及无机砷的测定[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [19] 蒋孟圆,李文廷,欧利华,等.酱油中总砷测定的分析研究[J].中国调味品,2016,41(10):105-108.
- [20] 左甜甜,李耀磊,金红宇,等.ICP-MS法测定18种动物药中重金属及有害元素的残留量及初步风险分析[J].药物分析杂志,2017,37(2):237-242.
- [21] GB 5009.268-2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.