

2种苦丁茶中重金属及稀土元素含量调查分析

李汉敏^{1,2}, 陈岩^{1,3*}, 耿安静^{1,3}, 王富华^{1,2,3*}, 邹素敏^{1,2}, 刘帅^{1,2}

(1. 广东省农业科学院农产品公共监测中心, 广州 510640; 2. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070;
3. 农业部农产品质量安全风险评估实验室(广州), 广州 510640)

摘要: **目的** 研究大叶苦丁茶和小叶苦丁茶中重金属铬、镉、铅和16种稀土元素的含量情况, 了解苦丁茶重金属及稀土元素摄入的风险。 **方法** 以微波消解法进行样品前处理, 采用电感耦合等离子体质谱仪(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)同时检测2种苦丁茶中重金属铬、镉、铅和16种稀土元素, 并将检测结果与食品安全国家标准进行比较。 **结果** 本方法对各元素的检出限为0.012~0.062 μg/L, 加标回收率为94.6%~107.7%, 相对标准偏差为0.3%~6.1%, 该方法经茶叶标准物质(GBW 08513)验证可靠。苦丁茶样品分析表明, 铅、铬和稀土元素在2种苦丁茶中的含量较低, 而大叶苦丁茶镉的含量(2.00~15.73 mg/kg)明显高于小叶苦丁茶(0.05~0.14 mg/kg)。 **结论** 本方法适用于茶叶类样品中多元素污染物快速检测及风险评估, 风险监测数据表明大叶苦丁茶中存在重金属镉摄入性风险。

关键词: 苦丁茶; 重金属; 稀土元素; 电感耦合等离子体质谱法

Investigation and analysis of heavy metals and rare earth elements content in 2 kinds of Chinese holly leaf

LI Han-Min^{1,2}, CHEN Yan^{1,3*}, GENG An-Jing^{1,3}, WANG Fu-Hua^{1,2,3*}, ZOU Su-Min^{1,2}, LIU Shuai^{1,2}

(1. *Public Monitoring Center for Agro-product of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China*; 2. *College of Resource and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*;
3. *Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-products (Guangzhou), Ministry of Agriculture, Guangzhou 510640, China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the content of chromium (Cr), cadmium (Cd), lead (Pb) and 16 kinds of rare earth elements in 2 kinds of Chinese holly leaf (*Ilex Kudingcha* C. J. Tseng. and *Ilex lartifolia* Thunb.), so as to reveal the ingestion risk of each element. **Methods** The samples were digested by microwave digestion system firstly, and then the content of Cr, Cd, Pb and 16 kinds of rare earth elements were detected by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), and the results were compared with the national standards. **Results** The detection limits of the method were 0.012~0.062 μg/L. The spiked recoveries were in the range of 94.6%~107.7%.

基金项目: 国家农产品质量安全风险评估项目(GJFP2016000501)、国家自然科学基金项目(41401367)、广东省科技厅农业领域科技计划项目(2013B020204001)

Fund: Supported by the Project of Risk Assessment of Agro-product Quality and Safety (GJFP2016000501), the National Natural Science Foundation of China (41401367) and Scientific and Technological Project of Guangdong Province (2013B020204001)

*通讯作者: 陈岩, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与监测。E-mail: gdaas_cyan@163.com

王富华, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。E-mail: wfhwqs@163.com

*Corresponding author: CHEN Yan, Research Assistant, Public Monitoring Center for Agro-product of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, No. 29, Jinying Road, Tianhe District, Guangzhou 510640, China. E-mail: gdaas_cyan@163.com

WANG Fu-Hua, Professor, Public Monitoring Center for Agro-product of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, No. 29, Jinying Road, Tianhe District, Guangzhou 510640, China. E-mail: 490666886@qq.com

and the relative standard deviations were 0.3%~6.1%. This method had been verified accurate by the reference material Tea (GBW 08513). Samples analysis demonstrated that the risk of Cr, Pb and rare earth elements was negligible in 2 kinds of Kudingcha. However, the content of Cd in *Ilex Kudingcha* C. J. Tseng. (2.00~15.73 mg/kg) was extremely higher than that in *Ilex lartifolia* Thunb. (0.05~0.14 mg/kg). **Conclusion** This method is suitable for the multi-element determination and risk assessment in tea. Risk monitoring data shows that *Ilex Kudingcha* C. J. Tseng exists the potential risk of excess intake of Cd.

KEY WORDS: Chinese holly leaf; heavy metal; rare earth element; inductively coupled plasma-mass spectrometry

1 引言

苦丁茶是我国民间一类药茶两用植物,在中国已有 2000 多年的饮用历史,是我国作为世界上最早培育茶叶的重要证据^[1,2]。苦丁茶不仅具有防癌、抗衰老等药理功能,同时还具有预防心血管疾病、抗高血压等重要医疗作用^[3]。近年来,农业环境污染问题日益加剧,给农产品质量安全带来严重威胁。重金属和稀土等无机外源性污染物,容易通过土壤、空气、水及肥料引入到茶叶中,造成茶叶污染物超标^[4-6]。因此,茶叶中重金属及稀土安全风险已引起广泛关注,农业部每年也针对各种茶叶开展了大量的风险评估与监测工作,然而针对苦丁茶的监测工作则很少开展。

目前,重金属铬、镉、铅的国家标准分析方法为原子吸收光谱法^[7-9],稀土分析方法为电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)^[10]。对于同一样品,测定其重金属及稀土元素需多次重复,耗时长,操作繁琐,也不符合农产品质量安全风险评估及应急检测的时效要求。本研究采用微波消解法对大叶苦丁茶和小叶苦丁茶样品进行前处理,以电感耦合等离子体质谱仪为主要分析仪器,通过条件优化,建立同时测定苦丁茶中重金属铬、镉、铅和 16 种稀土元素快速、准确的分析方法,并将该方法运用于苦丁茶的风险评估中,研究结果为苦丁茶的安全监管与风险控制提供数据参考基础。

2 材料与方 法

2.1 材料与试剂

稀土多元素混合标准溶液(GSB 04-1789-2004)、钪单元素标准溶液(GSB 04-1750-2004)、铅单元素标准溶液(GSB 04-1742-2004)、镉单元素标准溶液(GSB 04-1721-2004)、铬单元素标准溶液(GSB 04-1723-2004)、锆单元素标准溶液(GSB 04-1728-2004)、铟元素单元素标准溶液(GSB 04-1731-2004)、铋元素单元素标准溶液(GSB 04-1719-2004)(国家有色金属及电子材料分析测试中心);调谐溶液(10 mg/L,美国 Agilent 公司);茶叶标准物质(GBW 08513)(国家标准物质中心);浓 HNO₃(MOS 级,

Merck 公司); 30% H₂O₂(优级纯,阿拉丁试剂公司);液氦(纯度 99.999%,广州市广气气体有限公司);超纯水(电阻率 18.2 mΩ·cm)。

苦丁茶样品分大叶苦丁茶和小叶苦丁茶 2 类,样品均为市购,产地为浙江、安徽、四川、海南、广西等苦丁茶主产区。

2.2 仪器与设备

7700x 电感耦合等离子体质谱仪,配有八级杆碰撞反应池和 MassHunter 工作站(美国 Agilent 公司);ETHOS One 型微波消解系统(意大利 Milestone 公司);AL204 型电子天平(瑞士 Mettler Toledo 公司);Milli-Q 型纯水系统(美国 Millipore 公司)。实验器皿均用 20% HNO₃ 浸泡 24 h 以上。

2.3 实验方法

2.3.1 样品前处理

将苦丁茶样品粉碎混匀,准确称取约 0.2 g 于聚四氟乙烯消解管中,加 4 mL HNO₃ 和 1 mL 30% H₂O₂,拧紧消解罐盖浸泡 30 min,使样品与消解液充分混匀,放入微波消解装置中消解(微波消解程序见表 1)。样品消解完全后,冷却至室温,缓慢开启消解罐盖排气,并移入控温电热板上 140 °C 赶酸,完毕,取出消解罐冷却,将消化液转移至 25 mL 比色管,用超纯水洗涤消解罐 3 次,合并洗液于比色管并定容至刻度,混匀后静置待测。同时做茶叶标准物质样品和试剂空白。

表 1 微波消解程序
Table 1 Microwave digestion procedures

步骤	控制温度(°C)	升温时间(min)	保持时间(min)
1	120	5	5
2	160	10	15
3	180	5	10

2.3.2 质谱条件

采用稀释的调谐溶液对 ICP-MS 进行调谐,使仪器达到最佳分析状态,ICP-MS 的工作条件如表 2 所示。将 16 种稀土元素标准溶液及 3 种重金属铬、镉、铅标准溶液逐级稀释,配成混合标准溶液系列,最终稀土溶液浓度范围

为 0~100 $\mu\text{g/L}$, 铬、镉、铅浓度范围为 0~500 $\mu\text{g/L}$ 。以锆、铟、铋元素为虚拟内标, 按表 2 工作条件依次将混合标准溶液、空白溶液及样品溶液上机测试。

3 结果与分析

3.1 样品前处理优化

3.1.1 消解方式的选择

样品消解彻底及消解过程中不发生元素损失是实验测定结果准确性的重要保障。目前, 电热板湿法消解和微波消解是农产品前处理中较为常用的 2 种消解方式。电热板湿法消解存在消解速度慢, 耗时长, 不适合挥发性大的元素消解等弊端, 但具有仪器廉价及运行成本低等优点, 目前仍应用比较广泛^[11]。微波消解则具有快速、高效、污染小、对易挥发组分无损失, 可一次消解多种样品基质等特点^[12]。本研究以茶叶标准物质(GBW 08513)为受试样品, 比较 2 种消解方式发现, 为了保证样品完全消解, 电热板需耗时 6~8 h 甚至更长, 而微波耗时不足 2 h。对于风险评估及风险监测来说, 样品检测的时效性非常重要。因此, 本研究推荐使用微波消解法作为风险评估样品的前处理方法。

3.1.2 消解液及消解时间优化

茶叶样品消解若只使用单一硝酸作消解液, 样品中有机质消解不够彻底, 易呈浑浊状^[13]。浓 HNO_3 、 HClO_4 因具有强氧化性, 常被配成 4:1(V:V)的混酸来消解样品中

难破坏的有机物。但浓 HClO_4 反应时过于剧烈, 在密闭系统中易发生爆炸, 不宜在微波消解中使用^[14]。因此, 本研究采用以浓 HNO_3 为主, 以同样具有强氧化性的 H_2O_2 代替 HClO_4 对苦丁茶样品进行消解。通过加标回收发现, 4:1(V:V)的混酸作消解剂对重金属 Cr、Cd、Pb 的加标回收率明显优于单一使用硝酸做消解剂(见图 1)。对于某些稀土元素, 混酸的回收率略微偏高, 可能原因是少量的 H_2O_2 会产生仪器对部分元素的增敏效应^[15]。综合比较后本研究认为加入具有强氧化性的 H_2O_2 有利于更好地促进苦丁茶样品的消解。

3.2 ICP-MS 仪器条件的优化

3.2.1 内标元素的选择

影响 ICP-MS 测定准确性的主要干扰物包括多原子离子、氧化物及同质异位素, 且待测液中不同元素质量数的差异也会带来一定的基体效应。采用内标稳定性测试, 可有效监控和校正分析信号的漂移, 对基体效应进行显著地补偿校正^[16]。本研究涉及多种重金属元素及稀土元素, 而单一内标难以满足分析需求, 根据待测物质中不含有所选内标元素, 内标元素与待测元素在质谱中行为应保持一致(如质量数相近)和内标元素受干扰因素应尽量少等内标选择原则^[14], 实验最终选择涵盖与待测元素相近的低、中、高 3 种质量数内标元素 ^{72}Ge 、 ^{115}In 、 ^{209}Bi 作为多元素内标, 通过多元素内标 VIS 趋势校正, 对待测元素进行数据分析。

表 2 7700x ICP-MS 仪器工作条件
Table 2 Operating conditions of Agilent 7700 ICP-MS

参数	设定值	参数	设定值
射频功率(W)	1550	提取透镜 1 电压(V)	0.0
采样深度(mm)	8.0	提取透镜 2 电压(V)	-180.0
等离子体气流速(L/min)	15	偏转透镜 1 电压(V)	-80.0
载气流速(L/min)	0.6	偏转透镜 2 电压(V)	10.0
稀释气体流速(L/min)	0.55	He 气流速(L/min)	3.8

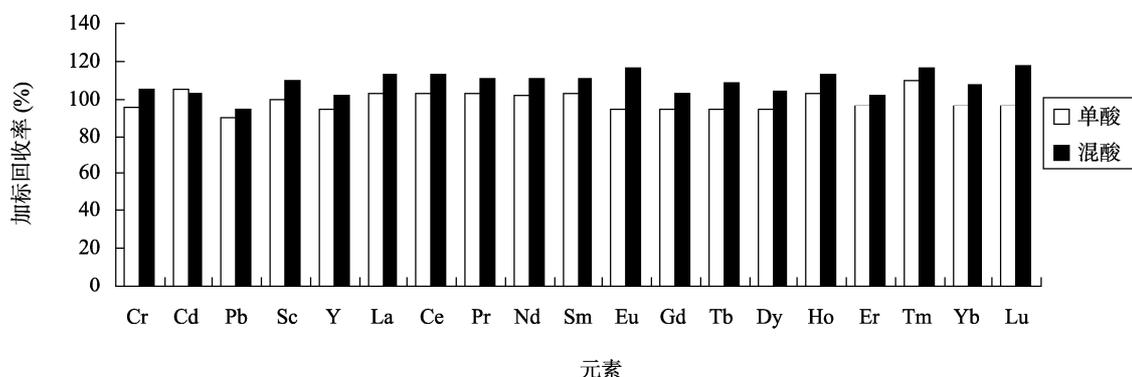


图 1 微波消解单酸和混酸消解效果对比

Fig. 1 Comparison of microwave digestion with single or mixed acids

3.2.2 待测元素质量数的选择

在 ICP-MS 检测中, 分析元素质量数不同对检测结果也有十分重要的影响, 检测过程中应尽量选择丰度大、灵敏度高、干扰性小的元素^[17]。通过比对不同丰度质量数待测元素在 ICP-MS 上的信号响应强度, 本研究选择了 ⁴⁵Sc、⁵²Cr、⁸⁹Y、¹¹⁴Cd、¹³⁹La、¹⁴⁰Ce、¹⁴¹Pr、¹⁴⁶Nd、¹⁴⁷Sm、¹⁵³Eu、¹⁵⁷Gd、¹⁵⁹Tb、¹⁶³Dy、¹⁶⁵Ho、¹⁶⁶Er、¹⁶⁹Tm、¹⁷²Yb、¹⁷⁵Lu、²⁰⁸Pb 作为测定质量数。

3.3 线性范围、回归方程及检出限

按上述实验方法对标准系列溶液进行测定, 绘制标准曲线。对空白溶液样品进行 11 次测定, 以平均值的 3 倍标准偏差计算得到各元素的检出限。各元素线性回归方程、相关系数及检出限见表 3。

3.4 精密度与加标回收率

通过对国家标准物质 GBW 08513 绿茶进行分析, 考察方法的准确度和精密度, 实验对选取的苦丁茶样品进行了高、低浓度加标回收实验, 结果如表 4 所示。绿茶测定值在标准值的允许误差范围内, 铬、镉、铅 3 种重金属的加标回收率在 94.6%~101.0% 之间, 相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD) 为 0.3%~6.1%, 16 种稀土元素的加标回收率为 99.1%~107.7%, RSD 为 0.4%~5.5%, 该方法符合茶叶样品中重金属铬、镉、铅及稀土元素的

分析要求。

3.5 样品检测结果分析

3.5.1 铬、镉、铅的测定

苦丁茶主要有 2 种, 一是产于四川、云南、浙江的小叶苦丁茶, 二是产于海南、广西的大叶苦丁茶。ICP-MS 对 2 种苦丁茶的检测结果见表 5。由表 5 可知, 不同产地大叶苦丁茶中铬的平均含量为 0.72~0.83 mg/kg, 略高于小叶苦丁茶 0.63~0.67 mg/kg。导致这一结果的原因是个别苦丁茶中铬的含量明显偏高。目前 GB 2762 没有规定苦丁茶及茶叶中铬的限量值, 但参照新鲜蔬菜中铬的限量值 0.5 mg/kg 的标准^[18], 苦丁茶的日均摄入量及含水量均较低, 其摄入性风险较低。然而检测发现, 海南、广西大叶苦丁茶中重金属镉含量(平均值 7.93、8.69 mg/kg)明显高于小叶苦丁茶中镉含量(0.06~0.08 mg/kg), 该值比 GB 2762 中所有食品中镉的限量值高数十倍, 这表明大叶苦丁茶树可能对镉具有较强的吸收富集能力, 大叶苦丁茶中镉的摄入性风险非常高。由于目前暂时没有苦丁茶及茶叶中镉的限量标准, 因此建议对大叶苦丁茶中镉的摄入性风险作进一步评估并提出限量值建议。对于重金属铅, 所有被测样品中检出 3 个小叶苦丁茶重金属铅含量超出了 2.0 mg/kg 的国家限量规定^[18], 建议将铅纳入苦丁茶的日常监测指标。

表 3 铬、镉、铅和 16 种稀土元素的线性范围、回归方程及检出限

Table 3 Linear ranges, regression equations and detection limits of Cr, Cd, Pb and 16 kinds of rare earth elements

元素	线性范围 ($\mu\text{g/L}$)	回归方程	相关系数	检出限 ($\mu\text{g/L}$)	元素	线性范围 ($\mu\text{g/L}$)	回归方程	相关系数	检出限 ($\mu\text{g/L}$)
Cr	0~200	$Y=0.0047X+0.0025$	1.0000	0.062	Eu	0~100	$Y=0.0283X+1.9975\times 10^{-5}$	0.9999	0.026
Cd	0~200	$Y=0.0035X+0.0002$	0.9999	0.024	Gd	0~100	$Y=0.0113X+4.9691\times 10^{-5}$	1.0000	0.026
Pb	0~500	$Y=0.0074X+0.0026$	1.0000	0.021	Tb	0~100	$Y=0.0702X+0.0001$	0.9998	0.026
Sc	0~100	$Y=0.0165X+0.0020$	1.0000	0.023	Dy	0~100	$Y=0.0191X+4.6708\times 10^{-5}$	0.9999	0.017
Y	0~100	$Y=0.0196X+0.0003$	1.0000	0.035	Ho	0~100	$Y=0.0820X+2.9088\times 10^{-5}$	0.9999	0.016
La	0~100	$Y=0.0276X+0.0008$	0.9998	0.043	Er	0~100	$Y=0.0289X+3.4526\times 10^{-5}$	0.9999	0.014
Ce	0~100	$Y=0.0326X+0.0021$	0.9999	0.041	Tm	0~100	$Y=0.0990X+3.0597\times 10^{-5}$	0.9999	0.013
Pr	0~100	$Y=0.0364X+0.0002$	0.9998	0.031	Yb	0~100	$Y=0.0247X+1.1132\times 10^{-5}$	0.9999	0.012
Nd	0~100	$Y=0.0076X+0.0001$	1.0000	0.037	Lu	0~100	$Y=0.0920X+7.1344\times 10^{-5}$	0.9999	0.012
Sm	0~100	$Y=0.0066X+2.4273\times 10^{-5}$	1.0000	0.031					

表 4 精密度和准确度实验(n=6)
Table 4 Precision and accuracy experiment(n=6)

元素	标准值* (mg/kg)	测定值* (mg/kg)	加标量 (mg/kg)	回收率 %	RSD %	元素	标准值* (mg/kg)	测定值* (mg/kg)	加标量 (mg/kg)	回收率 %	RSD %
Cr	0.92±0.20	0.75	1	94.6	5.8	Eu*	22±6	24	0.1	102.8	1.6
			5	101.0	2.5				0.5	104.0	4.8
Cd	0.076±0.004	0.078	1	98.8	6.1	Gd*	76±11	85	0.1	102.1	2.2
			5	100.3	0.3				0.5	101.0	4.5
Pb	1.6±0.2	1.7	1	97.4	4.3	Tb*	11.4±1.9	12.9	0.1	101.9	2.2
			5	100.8	1.2				0.5	101.2	4.5
Sc	0.07	0.06	0.1	102.5	1.6	Dy*	65±7	70	0.1	102.5	0.4
			0.5	103.3	2.9				0.5	101.7	2.3
Y	0.52±0.03	0.50	0.1	99.8	1.0	Ho*	13±2	15	0.1	105.0	1.2
			0.5	101.1	5.2				0.5	102.8	4.5
La	0.54±0.04	0.58	0.1	101.8	3.6	Er*	37±6	42	0.1	105.3	1.7
			0.5	100.8	3.6				0.5	104.7	3.6
Ce	0.81±0.03	0.83	0.1	102.3	2.9	Tm*	5.9±1.1	5.6	0.1	107.7	1.5
			0.5	100.3	3.8				0.5	103.6	5.5
Pr*	93±8	99	0.1	101.6	1.3	Yb*	38±5	35	0.1	102.6	2.2
			0.5	100.8	4.2				0.5	101.5	4.2
Nd	0.35±0.04	0.34	0.1	99.3	0.9	Lu*	6.2±0.9	6.8	0.1	105.3	2.1
			0.5	101.1	4.8				0.5	100.2	4.5
Sm*	66±10	74.2	0.1	99.1	1.4						
			0.5	101.2	4.3						

注: *表示标准值、测定值浓度单位为 μg/kg。

表 5 苦丁茶中铬、镉、铅和稀土元素含量
Table 5 Contents of Cr, Cd, Pb and rare earths in Kudingcha

样品名称	产地	样品数 (n)	污染物参数及含量(mg/kg)							
			Cr		Cd		Pb		REO*	
			浓度范围	平均值	浓度范围	平均值	浓度范围	平均值	浓度范围	平均值
小叶苦丁茶	浙江	10	0.58~0.76	0.63	0.05~0.07	0.06	1.12~1.71	1.22	0.18~0.22	0.20
	安徽	8	0.62~0.71	0.67	0.06~0.12	0.08	0.89~1.25	1.05	0.15~0.22	0.18
	四川	12	0.41~1.10	0.72	0.05~0.14	0.08	1.07~2.76	1.63	0.21~0.62	0.34
大叶苦丁茶	海南	18	0.38~3.21	0.78	2.00~15.73	7.93	0.63~1.98	0.98	0.17~0.55	0.26
	广西	12	0.44~3.15	0.83	4.49~12.26	8.69	0.64~1.28	0.84	0.16~0.58	0.26

*REO: 稀土含量, 以其氧化物计。

3.5.2 稀土的测定

茶叶中稀土元素的限量标准设定至今有十多年, 给我国茶叶出口及茶产品带来了严重影响。最近, 有报道称茶叶中稀土元素的限量标准将取消^[19]。本研究对苦丁茶中稀土元素的调查数据显示, 2 种苦丁茶中稀土元素的含量为 0.15~0.62 mg/kg, 均值为 0.18~0.34 mg/kg。其中大叶苦丁茶和小叶苦丁茶中稀土含量差异较小, 均远远低于 GB 2762 规定的茶叶中稀土元素 2.0 mg/kg 的限量规定, 也低于水果、蔬菜等大宗农产品中稀土的限量标准, 苦丁茶中稀土不存在超标的风险。因此, 无论该标准取消与否, 均不会对人体健康带来潜在的风险。

4 结论

本研究建立了以微波消解法进行样品前处理, 采用 ICP-MS 同时检测苦丁茶中重金属铬、镉、铅和 16 种稀土元素的方法。该方法应用于茶叶风险评估项目中, 初步认定苦丁茶中的首要潜在风险因子为大叶苦丁茶中的重金属镉, 而稀土元素不会带来人体健康风险。

参考文献

- [1] Li WH, Zhou HP, Li N, *et al.* Chromium level and intake from Chinese made tea [J]. *Food Addit Contam B*, 2013, 6(4): 289–293.
- [2] 蔡韵, 黄敏桃, 黄云峰, 等. 苦丁茶多糖活性成分动态累积及其抑菌活性[J]. *食品科学*, 2014, 35(9): 43–47.
Cai J, Huang MT, Huang YF, *et al.* Dynamic change in bioactive polysaccharides and antimicrobial activity of Kudingcha (*Ilex Kudingcha* C. J. Tseng.) [J]. *Food Sci*, 2014, 35(9): 43–47.
- [3] 刘国民. 我国的木犀科苦丁茶资源及其开发利用概况[J]. *贵州科学*, 2015, 33(1): 71–75.
Liu GM. Development and utilization on resources of Kudingcha species in oleaceae and general situation in China[J]. *Guizhou Sci*, 2015, 33(1): 71–75.
- [4] Li X, Zhang ZW, Li PW, *et al.* Determination for major chemical contaminants in tea (*Camellia sinensis*) matrices: A review [J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 649–658.
- [5] 骆和东, 王文伟, 王婷婷, 等. 我国茶叶中稀土元素残留现状及限量标准的探讨[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(5): 481–485.
Luo HD, Wang WW, Wang TT, *et al.* Progress on residues of rare earth elements and their limitations in Chinese tea [J]. *Chin J Food Hyg*, 2014, 26(5): 481–485.
- [6] Ning PB, Gong CM, Zhang YM, *et al.* La, Ce, Pr, Nd and Sm concentrations in Pu'er tea of Yunnan, China [J]. *J Rare Earth*, 2010, 28(4): 636–640.
- [7] GB 5009.123-2014 食品安全国家标准 食品中铬的测定[S].
GB 5009.123-2014 National standard for food safety-Determination of chromium in food [S].
- [8] GB 5009.15-2014 食品安全国家标准 食品中镉的测定[S].
GB 5009.15-2014 National standard for food safety-Determination of cadmium in food [S].
- [9] GB 5009.12-2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定[S].
GB 5009.12-2010 National standard for food safety-Determination of lead in food [S].
- [10] GB 5009.94-2012 食品安全国家标准 植物性食品中稀土元素的测定[S].
GB 5009.94-2012 National standard for food safety-Determination of rare earth elements in food [S].
- [11] 张瑞仙, 崔智勇, 王建绣, 等. 高压罐消解和湿法消解测定食品中铅的比较[J]. *中国卫生检验杂志*, 2016, 26(17): 2468–2470.
Zhang RX, Cui ZY, Wang JX, *et al.* Comparison of high pressure tank digestion and wet digestion in the determination of lead in food [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2016, 26(17): 2468–2470.
- [12] 王晓, 邵丽, 滕振勇. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定蔬菜中的重金属[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(4): 1439–1443.
Wang X, Shao L, Teng ZY. Determination of heavy metal elements in vegetables by microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(4): 1439–1443.
- [13] 王晶, 黄伟雄, 梁旭霞, 等. 土壤和海洋沉积物中 16 种稀土元素电感耦合等离子体-质谱测定的酸消解体系选择与消除钪元素背景干扰研究[J]. *环境与健康杂志*, 2016, 33(5): 448–455.
Wang J, Huang WX, Liang XX, *et al.* Selection of mix-acids digestion system and elimination of background interference on scandium applied in determination of 16 rare earth elements in soil and ocean sediments by ICP-MS [J]. *J Environ Health*, 2016, 33(5): 448–455.
- [14] 陈岩, 赵晓丽, 杨慧, 等. 湿法消解 ICP-MS 法测定紫菜和海带中 15 种元素[J]. *分析试验室*, 2015, 34(7): 803–804.
Chen Y, Zhao XL, Yang H, *et al.* Determination of 15 trace and hazardous elements in edible Laver and kelp by inductively coupled plasma mass spectrometry with wet digestion [J]. *Chin J Anal Lab*, 2015, 34(7): 803–804.
- [15] 林立, 陈光, 陈玉红. 液相色谱-电感耦合等离子体质谱法联用测定动物性海产品中的无机砷[J]. *环境化学*, 2009, 28(1): 149–152.
Lin L, Chen G, Chen YH. Determination of inorganic arsenic in animal seafood by HPLC-ICP-MS [J]. *Environ Chem*, 2009, 28(1): 149–152.
- [16] 李敏, 连晓文, 姚敬, 等. 电感耦合等离子体-质谱法测定酱油中 12 种金属[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(4): 344–347.
Li M, Lian XW, Yao J, *et al.* Determination method of 12 metals in soy sauce by ICP-MS [J]. *Chin J Food Hyg*, 2014, 26(4): 344–347.
- [17] 孙秀敏, 雷敏, 李璐, 等. 微波消解-ICP-MS 法同时测定土壤中 8 种重(类)金属元素[J]. *分析试验室*, 2014, 33(10): 1177–1178.
Sun XM, Lei M, Li L, *et al.* Simultaneous determination of eight heavy metals elements in soil by microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Lab*, 2014, 33(10): 1177–1178.
- [18] GB 2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
GB 2762-2012 National standard for food safety-Limits of contaminants in food[S].
- [19] 陈宗懋. 茶叶中稀土元素标准有望撤销[J]. *中国茶叶*, 2016, (03): 4–5.
Chen ZM. Limit standard of rare earth elements in tea is possible to repeal [J]. *China Tea*, 2016, (03): 4–5.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



李汉敏, 硕士研究生, 主要研究方向为农产品质量安全与植物营养。
E-mail: 576357620@com



陈岩, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与监测。
E-mail: gdaas_cyan@163.com



王富华, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。
E-mail: 490666886@com



《乳及乳制品质量与安全》专题征稿函

随着现代科技的发展和消费者的生活质量、安全意识的提高, 人们对于乳制品的新产品开发和质量安全提出了更为严格的要求, 在食品质量安全问题日益受到关注的今天, 乳制品的质量安全越来越受到关注。在这种形势下, 很多学者和企业开始关注和研究从原料乳到消费者食用各阶段的乳制品质量安全问题。

乳品安全关乎人们的健康, 本刊特别策划“乳及乳制品质量与安全”专题, 由北京市疾病预防控制中心的邵兵研究员担任专题主编。邵兵研究员现任食品安全国家审评委员会检验方法委员会专家委员和中心实验室主任等职务, 长期从事食品中农兽药残留检测、食品中毒原因筛查、环境痕量污染物检测等相关的研究。本专题主要围绕国内外乳品产业发展现状、原料乳质量控制及监测、乳制品品质检测、乳制品营养和毒理学研究、新型检测技术在乳及乳制品中的应用、乳制品中的功能成分研究等方面进行论述, 计划在 2017 年 8 月出版。

本刊编辑部主编吴永宁研究员及邵兵研究员特邀各位专家为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、研究型论文均可, 请在 2017 年 6 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部