

茶叶中铝、铅、砷、汞、铬、镉含量的分析及危害评价

姚奋增, 高海荣, 刘晨, 毛林芳, 陈亮*

(福建省食品药品质量检验研究院, 福州 350001)

摘要: **目的** 研究福建省市售茶叶中金属元素含量情况, 通过分析茶叶中重金属含量情况, 评估其对人体的健康风险情况。 **方法** 在福建省市场随机抽取不同品种茶叶 98 份, 用微波消解法处理茶叶, 电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)检测茶叶中铝、铅、砷、汞、铬、镉的含量。 **结果** 98 批市售茶叶中的铅、砷、汞、铬、镉 5 种重金属元素含量都在国家标准范围之内, 目前暂无茶叶中铝含量相关限量标准, 但其危害作用有限。98 份市售茶叶中铅、砷、汞、镉检出率均为 100%, 铬、汞的检出率分别为 95.9%、37.8%。各元素靶标危害系数(target hazard quotient, THQ)排名依次为铝 > 铬 > 砷 > 铅 > 镉 > 汞, 危害指数(hazard Index, HI)为 0.2589, 铝对危害指数的贡献率为 45.2%。按照不同茶叶种类进行分类, 其危害指数排名依次为黑茶 > 乌龙茶 > 绿茶 > 红茶。按照茶叶产地进行分类, 其危害指数排名依次为云南 > 福建 > 浙江。 **结论** 福建省市售茶叶中这 6 种金属元素存在一定程度的污染, 但危害指数为 0.2589, 小于 1, 对人们的健康风险较低, 但仍应持续监测茶叶中金属元素的含量情况。

关键词: 茶叶; 铝; 铅; 砷; 汞; 铬; 镉; 危害评价

Analysis and hazard evaluation of aluminium, lead, arsenic, mercury, chromium and cadmium content in tea

YAO Fen-Zeng, GAO Hai-Rong, LIU Chen, MAO Lin-Fang, CHEN Liang*

(Fujian Institute for Food and Drug Quality Control, Fuzhou 350001, China)

ABSTRACT: Objective To study the content of heavy metal elements in tea in Fujian province, explore the content of heavy metals in different types of tea, and assess the health risks to the population. **Methods** A total of 98 tea samples were randomly collected from markets of Fujian province to detect the content of heavy metals (aluminum, lead, arsenic, mercury, chromium and cadmium) by inductively coupled plasma mass spectrometry after microwave digestion. **Results** The content of lead, arsenic, mercury, chromium and cadmium in the 98 tea samples was within the national standard. Aluminum limited content had no requirement in the national standard, but the damage was limited. The detection rates of lead, cadmium arsenic and aluminum were all 100.00%, and the detection rates of chromium and mercury were 95.9% and 37.8%, respectively. Target hazard quotient of each element (THQ) rank was aluminum>chromium>arsenic>lead>cadmium>Hg, hazard index (HI) was 0.2589, and the contribution of

基金项目: 福建省科技计划项目(2019Y0064)

Fund: Supported by the Science and Technology Planning Project of Fujian Province(2019Y0064)

*通信作者: 陈亮, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全质量检测。E-mail: 670493321@qq.com

*Corresponding author: CHEN Liang, Master, Engineer, Fujian Institute for Food and Drug Quality Control, Fujian Fuzhou 350001, China. E-mail: 670493321@qq.com

aluminum to the hazard index was 45.2%. According to the harm index of different tea types, harm index rank was dark tea>oolong tea>green tea>black tea. According to the origins of tea, harm index rank was Yunnan province>Fujian province>Zhejiang province. **Conclusion** There is a certain degree of metal pollution in the tea sold in Fujian province, but the hazard index is 0.2569, which is less than 1. The health risk is low, but the heavy metals in tea still need to be monitored continuously.

KEY WORDS: tea; aluminum; lead; arsenic; mercury; chromium; cadmium; hazard evaluation

0 引言

作为一个历史悠久的产茶大国,我国的茶产业在国内外均有十分广阔的市场。茶叶中含有多种人体必需的微量元素,人们日常对茶叶的消费量也在逐年上升^[1]。近年来,随着人们生活水平的不断提高,人们关注茶叶营养成分的同时,也开始重视茶叶中有害金属污染情况及其可能对人体产生的危害。由于环境污染、土壤特性以及肥料使用等因素影响,茶叶在生产和加工过程中均有可能受到不同程度金属污染。因此准确测定茶叶中金属元素的含量对确保茶叶品质、监控茶叶金属污染情况至关重要。本研究将样品通过微波消解,采用电感耦合等离子体质谱法同时测定市售98份茶叶中有害元素铝、铅、砷、汞、铬、镉,并对其结果进行分析,以期评价其安全性提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 仪器与试剂

1.1.1 仪器

ICAP-Q 电感耦合等离子体质谱仪(赛默飞世尔科技公司); Multiwave 5000 微波消解仪、BHW09A45 石墨消解仪(安东帕有限公司); Milli-Q 超纯水处理系统(美国 Millipore 公司); XSE204 电子天平(梅特勒有限公司)。所用玻璃器皿及微波消解管均用30%硝酸浸泡48 h,用超纯水反复冲洗,晾干后备用。

1.1.2 试剂

硝酸(优级纯,默克公司); 过氧化氢(优级纯,国药集团化学试剂有限公司); 铝(100 μg/mL, 国家有色金属及电子材料分析测试中心); 铅(1000 μg/mL)、砷(1000 μg/mL)、铬(1000 μg/mL)、镉(1000 μg/mL)、汞(1000 μg/mL)、钪(100 μg/mL)、锆(100 μg/mL)、铟(100 μg/mL)、铋(100 μg/mL)各种单元素标准溶液(中国计量科学研究院); 生物成分分析标准物质(GBW 10052a GSB-30a 绿茶, 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所)。

1.1.3 标准与内标溶液配制

各种单元素标准溶液配制成铝、铅、砷、铬、镉、汞6种元素混标,其质量浓度分别为铝:0、200、500、1000、2000、5000、10000、20000 ng/mL, 铅、砷、铬、

镉:0、1、2、5、8、10、20、50 ng/mL, 汞:0、0.1、0.2、0.5、0.8、1、2、5 ng/mL。钪、锆、铟、铋内标溶液由各单标用2%硝酸稀释成20 ng/mL混合内标溶液。

1.2 仪器操作参数及条件

ICAP-Q 电感耦合等离子体质谱仪工作条件: 射频功率1548 W, 采样深度5 mm, 冷却气流速14 L/min, 载气流速1.07 L/min, 雾化器流速0.8 L/min, 蠕动泵流速:40 r/min, 扫描模式跳峰, 数据采集重复5次。

1.3 实验方法

1.3.1 样品的制备

将每个样品充分混匀,采用四分法取样,粉碎,过60目筛,保存于聚丙烯塑料瓶中备用。

1.3.2 微波消解

称取0.35 g(精确到0.0001 g)备用样品于聚四氟乙烯消解管中,加入5 mL 硝酸、2 mL 过氧化氢,室温下于通风厨过夜预消解,次日加盖进行微波消解。消解结束后将样品管冷却至室温,打开消解管,消解管置于石墨消解仪100 °C加热赶酸至消解管内溶液约1~2 mL,加入10 mL 2%硝酸溶液于消解管,振摇消解管后将消解液移至50 mL 容量瓶中,用2%硝酸溶液洗涤消解管3次,洗液移至容量瓶中,用2%硝酸溶液定容至刻度,混匀,即得待测溶液;同样方法制备空白溶液和加标回收待测溶液。

1.4 测定方法编辑

选择铝质量数为27,内标元素钪质量数为45; 铅质量数208,内标元素铋质量数为209; 砷质量数75,内标元素锆质量数为72; 铬质量数52,内标元素钪质量数为45; 镉质量数111,内标元素铟质量数为115; 汞质量数202,内标元素铋质量数为209。依次将试剂空白、标准系列溶液和空白待测液、样品待测液、加标回收待测液引入仪器测定。

2 结果与分析

2.1 方法的线性和检出限及定量限

元素铅、砷、汞、铬、镉、铝的标准曲线线性相关系数(r^2)分别为0.999、1.000、0.998、1.000、1.000、1.000,其线性关系良好。制备20份样品空白,在相同条件下连

续测定,计算其标准偏差,分别以3倍标准偏差/方法校准曲线斜率^[2]和10倍标准偏差/方法校准曲线斜率^[3]计算得出检出限和定量限,可见实测结果明显小于国标方法检出限/定量限,结果见表1。

2.2 回收率及标准物质结果

2.2.1 回收率测定结果

称取茶叶样品0.35 g(精确至0.001 g)于消解管中,分别

加入铅、砷、汞、铬、镉、铝6种元素的标准溶液,按照上述方法和条件进行测定。6种元素的回收率在86.6%~106%以内,表明检测方法准确可靠,结果见表2。

2.2.2 标准物质测定结果

称取0.35 g(精确至0.001 g)标准物质,按照上述方法和条件进行测定。铝、铅、砷、铬、镉、汞的测定值均在真值的区间范围内,由此可见,本实验能较好地测定茶叶中的铝、铅、砷、铬、镉、汞含量,见表3。

表1 实际样品的检出限/定量限
Table 1 MLimits of detection /Limits of quantitative of 6 elements

检测项目	校准曲线	相关系数	国标方法检出限/定量限 ^[4] /(mg/kg)	实测检出限/定量限/(mg/kg)
铅	$Y=6849.2+24886.6X$	0.999	0.02/0.05	0.005/0.02
砷	$Y=8.980+631.2X$	1.000	0.002/0.005	0.001/0.003
汞	$Y=34.8+2807.1X$	0.998	0.001/0.003	0.0006/0.002
铬	$Y=581.8+5699.1X$	1.000	0.05/2	0.02/0.07
镉	$Y=210.3+3412X$	1.000	0.002/0.005	0.0008/0.003
铝	$Y=785.7+42.2X$	1.000	0.5/2	0.4/1

表2 加标回收率表
Table 2 Results of recovery

检测项目	样品质量浓度/(ng/mL)	加标液质量浓度/(ng/mL)	加标后质量浓度/(ng/mL)	回收率/%
铅	2.33	1	3.26	93.0
		2	4.37	102
		5	7.26	98.6
砷	0.215	1	1.18	96.5
		2	2.13	95.8
		5	4.97	95.1
汞	0.00469	0.1	0.0913	86.6
		0.2	0.185	90.2
		0.5	0.531	105
铬	3.93	1	4.99	106
		2	5.87	97.0
		5	8.84	98.2
镉	0.160	1	1.05	89.0
		2	1.99	91.5
		5	5.24	102
铝	3773	2000	5734	98.0
		4000	7641	96.7
		6000	9687	98.6

表3 标准物质测定结果
Table 3 Detection of reference material

测量项目	标准值/(mg/kg)	测定值/(mg/kg)
铅	1.6±0.2	0.147
砷	0.16±0.02	0.151
汞	0.0073±0.0007	0.00683
铬	0.6±0.1	0.563
镉	0.2±0.02	0.192
铝	1200±200	1135

2.3 茶叶样品中部分金属检出情况及其污染指数评估

利用靶标危害系数(target hazard quotient, THQ)和危害指数(hazard index, HI)评估茶叶中金属污染对人体健康影响的情况。THQ、HI计算方法如公式(1)~(3)所示,公式(1)计算出估计摄入量(estimated daily intake, EDI),应用公式(2)(3)计算 THQ 和 HI。当 THQ < 1 时,表明重金属污染对人体健康风险不明显;当 THQ > 1 时,重金属污染对人体健康存在风险,THQ 越大健康风险越大^[5]。

$$EDI = \frac{C \times E_F \times E_D \times F_{IR}}{W_{AB} \times T_A \times 1000} \quad (1)$$

$$THQ = \frac{EDI}{RFD} \quad (2)$$

$$HI = \sum_{i=1}^n THQ \quad (3)$$

公式(1)中 C: 茶叶中金属含量水平, mg/kg; F_{IR} : 茶叶平均消费量, 8 g/(人·天)^[6-7]; E_D : 暴露的期间, 70 年; E_F : 暴露的频率, 365 d/年; T_A : 暴露的时间, $E_F \times E_D$; W_{AB} : 成人平均体重, 60 kg^[8]。根据美国环境保护部(environmental protection agency, EPA)公布的镉、砷、铝的参考剂量(reference dose, RFD)值分别为 0.0005、0.0003 和 1.000 mg/(kg·d)^[9], 但并未公布汞、铬、铅的 RFD 值, 因

此汞、铬、铅的 RFD 值采用联合国粮农组织和世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(joint FAO/WHO expert committee on food additives, JECFA)公布镉、铅、汞的暂定每周耐受摄入量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)/7 的值计算, 其值分别是 0.00096、0.0036、0.00057 mg/(kg·d)。

对 2018 年福建省市售 98 份茶叶中铅、砷、汞、铬、镉、铝 6 种金属含量情况进行检测, 结果见表 4。其中铅、砷、镉、铝 4 种金属在 98 份茶叶样品中均有检出, 汞检出率为 37.8%, 铬检出率为 95.9%。依据 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[10]和农业部标准 NY 659—2003《茶叶中铬、镉、汞、砷及氟化物限量》^[11]中规定, 判定本次抽检 98 份茶叶样品中铅、砷、汞、铬、镉 5 种重金属无超标样品。由于茶叶中铝含量目前没有相关限量标准, 参考 2011 年 JECFA 制定的铝暂定 PTWI 为 2 mg/kg 体重, 以成人平均体重(60 kg)计算, 则每天耐受摄入量为 17.14 mg/d。另有研究表明, 以 1 g 茶叶加 100 mL 水冲泡, 反复冲泡 4 次总铝浸出率约 27%, 不同品种茶叶铝浸出率差异不大^[12]。本研究中茶叶铝含量的平均值为 852 mg/kg, 若浸出总铝均被人体吸收, 则每天饮茶量大于 7.45 L, 摄入的铝才有可能超标。

利用危害指数法评估, 铅、铬、镉、汞、砷、铝 6 种金属的 HI 为 0.2589, 小于 1, 说明在茶叶中这 6 种金属的污染程度对人体不具有显著的风险。2018 年福建省市售茶叶中不同金属污染物 THQ 排名依次是铝 > 铬 > 砷 > 铅 > 镉 > 汞, 其中铝对 HI 的贡献率为 45.2%。茶叶中铝含量较高, 主要原因是铝在地壳中占 8%, 是地壳中含量最高的金属元素, 茶树又是一种可以从土壤中吸收并富集铝元素的植物, 因此茶叶中铝含量较高。但是茶汤中铝浸出率不高, 且在胃的酸性条件中, 茶汤中的多酚类化合物能结合大部分铝, 这部分铝人体不可吸收, 因此茶叶中的铝对人体健康不产生威胁^[13]。

表4 2018年福建省市售茶叶检测结果
Table 4 Detection result of tea marketed from Fujian province in 2018

检测项目	样品批次	限量标准/(mg/kg)	检测值范围/(mg/kg)	检出数	检出率/%	平均值/(mg/kg)	THQ
铅	98	5	0.0764~1.34	98	100	0.551	0.0204
砷	98	2	0.0182~0.599	98	100	0.0683	0.0304
汞	98	0.3	0~0.0390	37	37.8	0.00934	0.00220
铬	98	5	0.0983~1.47	94	95.9	0.557	0.0774
镉	98	1	0.0145~0.0866	98	100	0.0331	0.00880
铝	98	-	291~1715	98	100	852	0.114

2.4 不同类别的茶叶重金属污染情况

将市售 98 份茶叶按照产品种类可分为绿茶、红茶、乌龙茶和黑茶。铅的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是黑茶 > 乌龙茶 > 绿茶 > 红茶; 砷的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是黑茶 > 绿茶 > 乌龙茶 > 红茶; 汞的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是黑茶 > 乌龙茶 > 绿茶 > 红茶; 铬的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是黑茶 > 绿茶 > 红茶 > 乌龙茶; 镉的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是黑茶 > 绿茶 > 红茶 > 乌龙茶; 铝的平均含量在不同茶叶种类中 THQ 排名依次是乌龙茶 >

黑茶 > 绿茶 > 红茶; 不同茶叶种类的 HI 排名依次黑茶 > 乌龙茶 > 绿茶 > 红茶, 结果见表 5。从数据中可知黑茶中铅、砷、汞、铬、镉平均含量都是最高的, 绿茶中这 6 种金属元素平均含量均高于红茶。

2.5 不同产地的茶叶重金属污染情况

按照茶叶的原产地不同, 对市售 98 份茶叶进行分类, 可分为福建、浙江、云南, 各产地茶叶金属含量情况见表 6。按照茶叶原产地的 HI 排名依次为云南 > 福建 > 浙江, 云南茶叶中铅、铬、镉、汞、砷的平均含量均最高, 浙江茶叶中铅、砷、汞、铝的平均含量均最低。

表 5 不同类别茶叶金属含量情况
Table 5 Detection results of different types of tea

茶叶种类	样品批次	测定元素	检测值范围 (mg/kg)	检出数	检出率 /%	平均值 (mg/kg)	THQ	HI
绿茶	23	铅	0.196~1.34	23	100	0.554	0.0205	0.262
		砷	0.0219~0.456	23	100	0.0962	0.0428	
		汞	ND~0.0325	6	26.1	0.00988	0.00226	
		铬	0.188~1.47	22	95.6	0.660	0.0917	
		镉	0.0209~0.0824	23	100	0.0397	0.0106	
		铝	309~1319	23	100	655	0.0873	
红茶	19	铅	0.102~1.09	19	100	0.437	0.0162	0.204
		砷	0.0198~0.104	19	100	0.0432	0.0198	
		汞	ND~0.013	5	26.3	0.00597	0.0014	
		铬	0.231~0.958	19	95.6	0.517	0.0718	
		镉	0.0154~0.0866	19	100	0.0351	0.0094	
		铝	291~1119	19	100	542	0.0723	
乌龙茶	53	铅	0.0764~1.3	53	100	0.598	0.0219	0.268
		砷	0.0182~0.599	53	100	0.0616	0.0274	
		汞	ND~0.039	23	43.43	0.0101	0.00240	
		铬	0.0983~1.38	50	94.3	0.495	0.0683	
		镉	0.0145~0.0445	53	100	0.0291	0.00780	
		铝	467~1715	53	100	1053	0.1404	
黑茶	3	铅	0.581~0.647	3	100	0.614	0.0227	0.353
		砷	0.0994~0.177	3	100	0.133	0.0591	
		汞	0.0036~0.032	2	66.7	0.0182	0.00426	
		铬	1.04~1.17	3	100	1.10	0.153	
		镉	0.0293~0.0605	3	100	0.0414	0.0110	
		铝	705~811	3	100	770	0.103	

表6 不同产地茶叶金属含量情况
Table 6 Detection results of different origins of tea

产地	样品批次	测定元素	检测值范围/(mg/kg)	检出数	检出率/%	平均值/(mg/kg)	THQ	HI
福建	68	铅	0.0764~1.34	68	100	0.578	0.0214	0.265
		砷	0.0182~0.599	68	100	0.0733	0.0326	
		汞	ND~0.0390	28	38.2	0.0106	0.0025	
		铬	0.0983~1.38	64	94.1	0.517	0.0718	
		镉	0.0145~0.0824	68	100	0.0322	0.00860	
		铝	420~1715	68	100	964	0.1285	
浙江	27	铅	0.102~1.09	27	100	0.498	0.0184	0.210
		砷	0.0198~0.104	27	100	0.0487	0.0216	
		汞	ND~0.014	5	26.3	0.00518	0.0012	
		铬	0.231~1.47	27	100	0.595	0.0826	
		镉	0.0154~0.0866	19	100	0.0347	0.00930	
		铝	291~1417	19	100	579	0.0772	
云南	3	铅	0.581~0.647	3	100	0.614	0.0227	0.353
		砷	0.0994~0.177	3	100	0.133	0.0591	
		汞	0.00360~0.0320	2	66.7	0.0182	0.00430	
		铬	1.04~1.17	3	100	1.10	0.153	
		镉	0.0293~0.0605	3	100	0.0414	0.0110	
		铝	705~811	3	100	770	0.103	

2.6 分析结果

茶叶中的铅、砷、汞、铬、镉、铝含量范围分别为0.0764~1.34、0.0182~0.599、ND~0.0390、0.0983~1.47、0.0145~0.0866、291~1715 mg/kg, 茶叶中铅、铬、镉、汞、砷5种金属含量均符合相关标准, 说明市售茶叶比较安全, 对人体健康不构成威胁。

将茶叶按照种类来分, 黑茶中铅、砷、汞、铬、镉、铝6种金属含量相对偏高, 绿茶中铅、砷、汞、铬、镉、铝6种金属含量均高于红茶。

按照茶叶原产地来分, 云南茶叶中铅、砷、汞、铬、镉、铝6种金属含量相对较高。

市售的3批黑茶原产地均来自云南省昆明市, 昆明市土壤中铅、砷、汞、镉的背景值分别是中国土壤背景值的1.73、1.34、2.18、8.25倍^[14], 这说明其土壤中铅、砷、汞、镉等元素存在不同程度的富集, 金属元素通过土壤-茶树迁移等途径进入到茶叶中^[15], 致使其生产的茶叶金属元素含量较高。

3 结论与讨论

在本研究分析了98份市售茶叶样品中铅、砷、汞、铬、镉、铝均存在不同程度的污染, 但铅、砷、汞、铬、

镉含量均符合国家相关标准要求, HI值低于1, 目前对人体健康不会构成明显风险。茶叶中铝目前没有相关限量标准, 虽然茶叶中铝的检出含量最高, 对HI的贡献率最高, 但对人体健康产生的危害作用有限。

茶叶的原产地不同, 金属含量也存在差别, 这可能是由茶叶种植的土壤各种金属背景值不同、地区气候不同、化肥农药用量不同、茶叶采摘季节、茶叶加工程序等因素引起的^[16]。在种植茶树和加工茶叶过程中要充分考虑这些影响因素, 尽可能降低茶叶中重金属污染程度, 提高茶叶品质。

参考文献

- [1] 管曦, 杨江帆. 中国城乡居民茶叶消费对比研究[J]. 茶叶科学, 2015, 35(4): 397-403.
GUAN X, YANG JF. Comparative study of tea consumption between urban and rural residents in China [J]. J Tea Sci, 2015, 35(4): 397-403.
- [2] GB/T 27404—2008 实验室质量控制范围 食品理化检测[S].
GB/T 27404—2008 Criterion on quality control of laboratories-Chemical testing of food [S].
- [3] 鲁静, 付凌燕, 王旭. 质量分析方法验证中检出限和定量限测定方法探讨[J]. 中国药品标准, 2012, 13(1): 33-35.
LU J, FU LY, WANG X. Discussion on the detecting methods for limit of detection and limit of quantification in validation of analytical method [J].

- Drug Stand China, 2012, 13(1): 33–35.
- [4] GB 5009.268—2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].
GB 5009.268—2016 National food safety standard-Determination of multi elements in food [S].
- [5] 孙清斌, 尹春芹, 邓金锋, 等. 大冶矿区土壤-蔬菜重金属污染特征及健康风险评估[J]. 环境化学, 2013, 32(4): 671–677.
SUN QB, YIN CQ, DENG JF, *et al.* Characteristics of soil-vegetable pollution of heavy metals and health risk assessment in Daye mining area [J]. Environ Chem, 2013, 32(4): 671–677.
- [6] CAO HB, LI Q, HUI Z, *et al.* Exposure and risk assessment for aluminum and heavy metals in Puerh tea [J]. Sci Total Environ, 2010, 408(14): 2777–2784.
- [7] LI L, FU QL, ACHAL V, *et al.* A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China [J]. Environ Monit Assess, 2015, 187(5): 4445.
- [8] FU QL, LIU Y, LI L, *et al.* A survey on the heavy metal contents in Chinese traditional egg products and their potential health risk assessment [J]. Food Addit Contam B, 2014, 7(2): 99–105.
- [9] Regional Screening Levels (RSLs)-Generic Tables (June 2017) [Z].
- [10] GB 2762—2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
GB 2762—2017 National food safety standard-Limits of pollutants in food [S].
- [11] NY 659—2003 茶叶中铬、镉、汞、砷及氟化物限量[S].
NY 659—2003 Residue limits for chromium, cadmium, mercury, arsenic and fluoride in tea [S].
- [12] ZHOU CY, WU J, CHI H, *et al.* The behaviour of leached aluminium in tea infusions [J]. Sci Total Environ, 1996, 177(1–3): 9–16.
- [13] 陈宗懋. 茶叶中的铝对人体健康不会构成威胁[J]. 中国茶叶, 1997, (3): 32–33.
CHEN ZM. Aluminum in tea poses no threat to human health [J]. China Tea, 1997, (3): 32–33.
- [14] 缪瑞琪, 燕永锋, 白燕, 等. 昆明市土壤重金属污染评价[J]. 地球与环境, 2015, 43(5): 536–539.
MIAO RQ, YAN YF, BAI Y, *et al.* Assessment of heavy contamination of soil in Kunming city, China [J]. Earth Environ, 2015, 43(5): 536–539.
- [15] 张清海, 龙章波, 林绍霞, 等. 贵州名优茶产区土壤-茶叶中重金属污染及迁移[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(61): 85–88.
ZHANG QH, LONG ZB, LIN SX, *et al.* Research of pollution and enrichment of heavy metal in soil and tea in typical tea producing areas of Guizhou province [J]. Environ Sci Technol, 2012, 35(61): 85–88.
- [16] 张亚莉, 耿丽平, 张春楠, 等. 市售茶叶中重金属含量特征及其分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(28): 151–157.
ZHANG YL, GENG LP, ZHANG CN, *et al.* Heavy metal concentration in commercial tea samples from urban markets [J]. Chin Agric Sci Bull, 2017, 33(28): 151–157.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



姚奋增, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全质量检测。

E-mail: 837721612@qq.com



陈亮, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全质量检测。

E-mail: 670493321@qq.com