

采用 *Xba* I 酶切,本研究对常见的非伤寒沙门菌进行 PFGE 分型,除发现相似值在 100% 的两个 PFGE 型均为肠炎沙门菌外,其余菌株的相似值在 53.9% ~ 96.8% 之间,关联性不大。与广东省 2010 年的报导<sup>[4]</sup>提示鼠伤寒沙门菌在不同地区的婴儿中高度散发不同,本资料提示肠炎沙门菌在不同地区的婴儿高度散发的可能,提示菌群感染有所变迁。

对病人分离株与鸡源分离株进行 PFGE 分型结果显示,暂时未发现关联,但鸡的分离菌 4 个血清型中有 3 个是腹泻患者常见的,说明鸡是感染源。尤其姆班达卡沙门菌占了 40%,而从 2007 年到今年<sup>[4,7,9-10]</sup>广东省未从腹泻患者中分离出该菌,查阅北京<sup>[6]</sup>、上海<sup>[5]</sup>以及河南、江苏、四川、山东四省<sup>[8]</sup>均未见报导该菌的检出,该血清型今后会不会在人类中传播,值得关注。

非伤寒沙门菌存在于人的肠道,也存在家禽的肠道,不仅能够通过食物链、人与禽畜接触或环境散播,还能在人与人,或人与禽畜之间进行传递,引发非伤寒沙门菌导致的疾病暴发流行,给食品性动物产品的生产、沙门菌病患者的临床治疗及公共卫生安全造成了极大的危害,同时对全球人类健康的影响也是一个巨大的潜在威胁。我们除了要关注患者的非伤寒沙门菌的检出及耐药性,也要关注家禽的带菌情况及与人类的关联性,及时采取预防措施,减少食品安全事件发生。

(志谢 感谢广东省疾病预防控制中心营养与食品安全所邓小玲副所长、微生物研究所柯碧霞、何冬梅的大力帮助)

## 参考文献

- [1] 张小兵,张丽,张丽华,等. 5 538 株肠杆菌科细菌感染分布及其耐药性[J]. 中国感染控制杂志,2013,12(5):377-380.
- [2] Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; twenty informational supplement[S]. 2010.
- [3] Rihot E M, Fair M A, Gautom R, et al. Standardization of pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) protocols for the subtyping of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella*, and *Shigella* for PulseNet [J]. Foodborne Pathog Dis, 2006, 3(1):59-67.
- [4] 何冬梅,柯碧霞,邓小玲,等. 2010 年广东省沙门菌监测及其病原学特征分析[J]. 中华预防医学杂志,2012,46(5):424-429.
- [5] 顾宝柯,袁政安,金汇明,等. 上海市沙门菌病流行特征分析[J]. 环境与职业医学,2008,25(3):245-251.
- [6] 何战英,窦相峰,刘桂荣,等. 北京市 2008—2009 年沙门菌感染性腹泻现状研究[J]. 中华流行病学杂志,2010,31(12):1438-1439.
- [7] 柯碧霞,邓小玲,张丽华,等. 广东省 2007 年度非伤寒沙门菌监测及病原学特征分析[J]. 中华流行病学杂志,2008,29(12):1199-1203.
- [8] 李薇薇,白莉,张秀丽,等. 中国四省肉鸡生产加工环节沙门菌的污染及耐药谱分布状况[J]. 中华预防医学杂志,2013,47(5):435-438.
- [9] 柯碧霞,邓小玲,李柏生,等. 广东省 2008—2009 年沙门菌监测[J]. 中华流行病学杂志,2011,32(8):789-792.
- [10] 杨小鹏,吴清平,张菊梅,等. 广东部分零售畜禽产品沙门菌生化型和血清型分析[J]. 卫生研究,2013,42(4):615-618.

## 风险监测

# 福建省地产茶叶中稀土元素残留状况的研究

骆和东<sup>1</sup>,王文伟<sup>1</sup>,王婷婷<sup>2</sup>,洪华荣<sup>1</sup>,周娜<sup>1</sup>

(1. 厦门市疾病预防控制中心,福建 厦门 361021; 2. 福建医科大学公共卫生学院,福建 福州 350004)

**摘要:**目的 了解福建省地产茶叶中稀土元素的残留状况,为减少稀土污染,科学制定茶叶稀土限量标准提供依据。方法 2011—2012 年在福建省主要产茶地区的产地和市场随机抽取 9 个茶叶品种共 145 份样品,采用微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定样品中 15 种稀土元素含量。结果 9 个品种 145 份样品的稀土氧化物总量在 0.405 ~ 20.74 mg/kg,平均值 2.988 mg/kg,中位数 1.857 mg/kg,合格率为 53.8%。各主要茶产区茶叶的稀土残留量:闽南地区 > 闽北地区 > 闽东地区。茶叶中的稀土残留与土壤和肥料中的稀土含量密切相关。结论 福建省地产茶叶中稀土超标情况不容乐观,应引起重视,加强监管,国家现行的茶叶中稀土元素的限量标准 GB 2762—2012《食品中污染的限量》值得商榷。

**关键词:**茶叶; 稀土元素; 电感耦合等离子体质谱; 污染物; 限量; 食品安全标准

中图分类号:R155.5; TS201.6 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)06-0609-07

DOI:10.13590/j.cjfh.2014.06.023

收稿日期:2014-05-28

基金项目:福建省卫生厅青年科研课题(2009-2-87)

作者简介:骆和东 男 主任技师 研究方向为食品安全 E-mail:luohedong@126.com

## Study on rare earth elements residues in the teas from Fujian Province

LUO He-dong, WANG Wen-wei, WANG Ting-ting, HONG Hua-rong, ZHOU Na  
(Xiamen Center for Disease Control and Prevention, Fujian Xiamen 361021, China)

**Abstract:** **Objective** To investigate the rare earth elements residues in teas from Fujian Province in order to provide suggestions on reducing rare earth element (REEs) contamination, and to provide a scientific basis for setting the proper limit standard of REEs in teas. **Methods** A total of 145 samples of nine teas varieties were collected from their plantation fields and markets in Fujian Province from 2011-2012. The concentrations of 15 REEs in the samples were determined by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) with microwave digestion. **Results** The total amount of rare earth oxides in the teas were 0.405-20.74 mg/kg, the average content was 2.988 mg/kg, and the median was 1.857 mg/kg. The qualified rate was 53.8%. The rare earth elements residues was the highest in samples from the southern Fujian, followed by the northern and eastern, and the rare earth elements residues in tea was related closely to the contents of REEs in the soil and fertilizers. **Conclusion** It is not optimistic about the status of the rare earth elements residues in the teas in Fujian Province. Regulating and monitoring REEs residues in teas should be strengthened. The current national limit standard of rare earth elements in tea (GB 2762-2012) is debatable.

**Key words:** Tea; rare earth elements; inductively coupled plasma mass spectrometry; pollutant; limit standard; food safety standard

茶叶在我国具有悠久的历史 and 深刻的文化内涵,茶叶的质量安全不仅关系到消费者的身体健康,也关系到国家、生产经营者的声誉。而近年来人们在关注茶叶中农残及重金属污染的同时,也开始重视茶叶中稀土元素(rare earth element, REE)的残留问题。研究表明<sup>[1-2]</sup>,稀土元素可以提高植物的叶绿素含量,对植物生根、生长、产量和品质具有促进作用,特别是对茶叶的增产和品质改善效果明显。但由于稀土在动物和人体内的蓄积可能产生负面效应,从而危及人们的健康<sup>[3]</sup>,GB 2762—2012《食品中污染物限量》<sup>[4]</sup>中明确规定,茶叶的稀土限量指标(以稀土氧化物总量计)不超过2.0 mg/kg。

近年来关于我国茶叶中稀土污染的研究屡有报道<sup>[5-8]</sup>,对茶叶中稀土的限量标准也争议不断<sup>[9-10]</sup>,但对福建不同地区茶叶稀土污染状况尚未见全面系统的比较研究。福建省是我国茶叶的重要产地,所产的铁观音、武夷岩茶等乌龙茶更是驰名中外。本研究从2011—2012年采集了福建省闽南、闽北、闽东等不同产茶区的9个主要茶叶品种共145份样品,采用微波消解-电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定茶叶中的15种稀土元素,为掌握福建省地产茶叶中REE的含量水平,初步了解茶叶中REE的污染来源,科学制定茶叶中REE的限量标准,加强对茶叶种植生产的监督管理提供科学的依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

##### 1.1.1 样品的种类与来源

从2011—2012年,在福建省闽南、闽北、闽东等

主要产茶地区的产地和当地市场随机抽取茶叶样品共145份,主要品种和数量有:安溪乌龙茶33份、永春佛手12份、正山小种10份、武夷岩茶32份、白茶13份、闽北水仙12份、工夫红茶13份、茉莉花茶10份、坦洋工夫红茶10份。同时采集各茶叶主产区安溪、建瓯、政和、武夷山、福鼎、福安等地的茶园中土壤及用于喷施的肥料等。

##### 1.1.2 主要仪器与试剂

Thermo X-7 电感耦合等离子体质谱仪(美国热电)、ETHOS 1 微波消解系统(意大利 Milestone)、GM200 型研磨仪(德国 Retsch)、Mili-Q 超纯水系统(美国 Millipore)

镧、铈、镨、钕、钐、铽、钇、铈、镉、钪、铟、铪、铯、钕、铷、钫15种REE混合标准溶液购自美国 SPEX(编号:CLMS-1),内标铈(编号:GSB 04-1746-2004)、镧(编号:GSB 04-1745-2004)、铈(编号:GSB 04-1758-2004)单标溶液、茶叶标准物(编号:GBW10016)、土壤标样(编号:GBW07405)均购自国家标准物质中心,浓硝酸、过氧化氢溶液均为优级纯。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 检测方法及样品处理

参照 GB 5009.94—2012《植物性食品中稀土元素的测定》<sup>[11]</sup>,准确称取经研磨粉碎、混合均匀的茶叶样品0.3 g,置于消解内罐中,加3 ml 硝酸放置过夜,加2 ml 过氧化氢,摇匀后装上消解外罐,放入微波消解炉中消解。0~180℃消解10 min,180℃保持20 min,待控温程序结束后取出消解罐冷却,将冷却后的消解罐置于80℃水浴锅中赶酸后,用超纯水多次洗涤定容至25 ml,同时做试剂空白。ICP-MS

工作条件见表1,以铯、铷、铈为混合内标,采用 ICP-MS 法测定 15 种 PEE 的含量。

表1 ICP-MS 工作参数

仪器参数	数值
等离子体射频功率/W	1 400
采样深度/mm	100
扫描模式	跳峰
扫描次数	25
辅助器流速/(L/min)	0.90
雾化室温度/℃	2
蠕动泵转速/(1/min)	30
驻留时间/ms	10
冷却气流速/(L/min)	13.0
雾化器流速/(L/min)	0.85

### 1.2.2 回收率测定

所有样品测定在质量控制下进行,均进行平行样分析和回收率测定。平行样测定的相对标准偏差  $RSD < 10\%$ ,各待测元素回收率测定结果范围  $91.2\% \sim 103.8\%$ 。同时,每批样品处理与检测均带茶叶国家标准物质或土壤标准物质,标准参考物的测定值在其定值范围内的同批样品检测值为有效结果。

### 1.2.3 评价标准

根据 GB 2762—2012《食品中污染物限量》中茶

叶的稀土限量指标(以稀土氧化物总量计)( $\leq 2.0 \text{ mg/kg}$ )进行评价。

## 2 结果

### 2.1 福建省不同茶叶品种的 REE 含量水平

本次研究共采集我省主要 9 个品种茶叶,包括乌龙茶 89 份(如闽北水仙、武夷岩茶、闽南安溪乌龙茶、永春佛手等)、红茶 33 份(如正山小种、工夫红茶等)、白茶 13 份(政和白牡丹等)、花茶 10 份(福州茉莉花茶)共 145 份,所测定的稀土及稀土氧化物总量结果见表 2,15 种 15 种 REE 的具体含量见图 1,各茶种合格率见图 2。145 份样品中稀土总量在  $0.309 \sim 17.26 \text{ mg/kg}$ ,平均值  $2.483 \text{ mg/kg}$ ,中位数  $1.544 \text{ mg/kg}$ ;以稀土氧化物计,平均值为  $2.988 \text{ mg/kg}$ ,中位数  $1.857 \text{ mg/kg}$ 。其中有 78 份样品稀土氧化物残留小于  $2.0 \text{ mg/kg}$  限量标准,总合格率  $53.8\%$ 。在  $2.0 \sim 5.0 \text{ mg/kg}$  之间占  $33.8\%$ ,而超过  $5.0 \text{ mg/kg}$  占  $12.4\%$ 。9 个主要茶种中以坦洋工夫红茶、白茶、茉莉花茶合格率较高,均高于  $80\%$ ,而安溪乌龙茶和闽北水仙的稀土含量合格率仅为  $15.2\%$  和  $16.7\%$ ,相对不容乐观。

表2 福建省不同品种茶叶中稀土总量残留水平

Table 2 REE contents of the different kinds of teas from Fujian Province

茶种	产地	样品数/份	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)	比例/%(以稀土氧化物计)			
						$\leq 2.0 \text{ mg/kg}$	$2 \sim 5 \text{ mg/kg}$	$5 \sim 10 \text{ mg/kg}$	$> 10.0 \text{ mg/kg}$
安溪乌龙茶	安溪	33	0.613 ~ 20.74 (0.509 ~ 17.26)	6.726 (5.587)	5.061 (4.209)	15.2	33.3	33.3	18.2
永春佛手	永春	12	0.730 ~ 4.280 (0.601 ~ 3.562)	2.017 (1.676)	1.751 (1.456)	58.3	41.7	0.0	0.0
武夷岩茶	武夷山	32	0.405 ~ 4.028 (0.336 ~ 2.348)	1.931 (1.606)	1.702 (1.413)	68.8	31.3	0.0	0.0
正山小种	武夷山	10	0.561 ~ 5.857 (0.465 ~ 4.858)	2.012 (1.674)	1.702 (1.201)	60.0	30.0	10.0	0.0
闽北水仙	建阳、建瓯	12	1.072 ~ 4.509 (0.888 ~ 3.756)	2.839 (2.361)	2.899 (2.416)	16.7	83.3	0.0	0.0
政和工夫红茶	政和	13	0.583 ~ 2.227 (0.485 ~ 1.852)	1.641 (1.331)	1.691 (1.377)	69.2	30.8	0.0	0.0
坦洋工夫红茶	福安、福鼎	10	0.877 ~ 3.001 (0.729 ~ 2.480)	1.616 (1.342)	1.541 (1.283)	80.0	20.0	0.0	0.0
白茶	政和、福鼎	13	0.372 ~ 2.473 (0.750 ~ 2.157)	1.337 (1.111)	1.363 (1.132)	84.6	15.4	0.0	0.0
茉莉花茶	福州	10	0.902 ~ 2.597 (0.750 ~ 2.157)	1.625 (1.352)	1.629 (1.356)	80.0	20.0	0.0	0.0
合计	—	145	0.405 ~ 20.74 (0.309 ~ 17.26)	2.988 (2.483)	1.857 (1.544)	53.8	33.8	8.3	4.1

注:括号内数据外茶叶对应的稀土氧化物数据;括号内数据为茶叶对应的 REE 数据;—为无内容

### 2.2 不同地区茶叶稀土含量差异

所采集的 9 个品种茶叶,按地理位置可分为以下三个地区:闽南地区(如安溪乌龙茶、永春佛手等)、闽北地区(如武夷岩茶、正山小种、闽北水仙、政和工夫红茶、政和白茶等)、闽东地区(如坦洋工

夫红茶、福鼎白茶、福州茉莉花茶等)。由表 3 可知,产于闽南地区的茶叶稀土残留量较闽北和闽东地区高。按照国家现行稀土限量标准,三个茶叶主要产区稀土合格率:闽南地区( $26.7\%$ ) < 闽北地区( $61.8\%$ ) < 闽东地区( $79.2\%$ )。

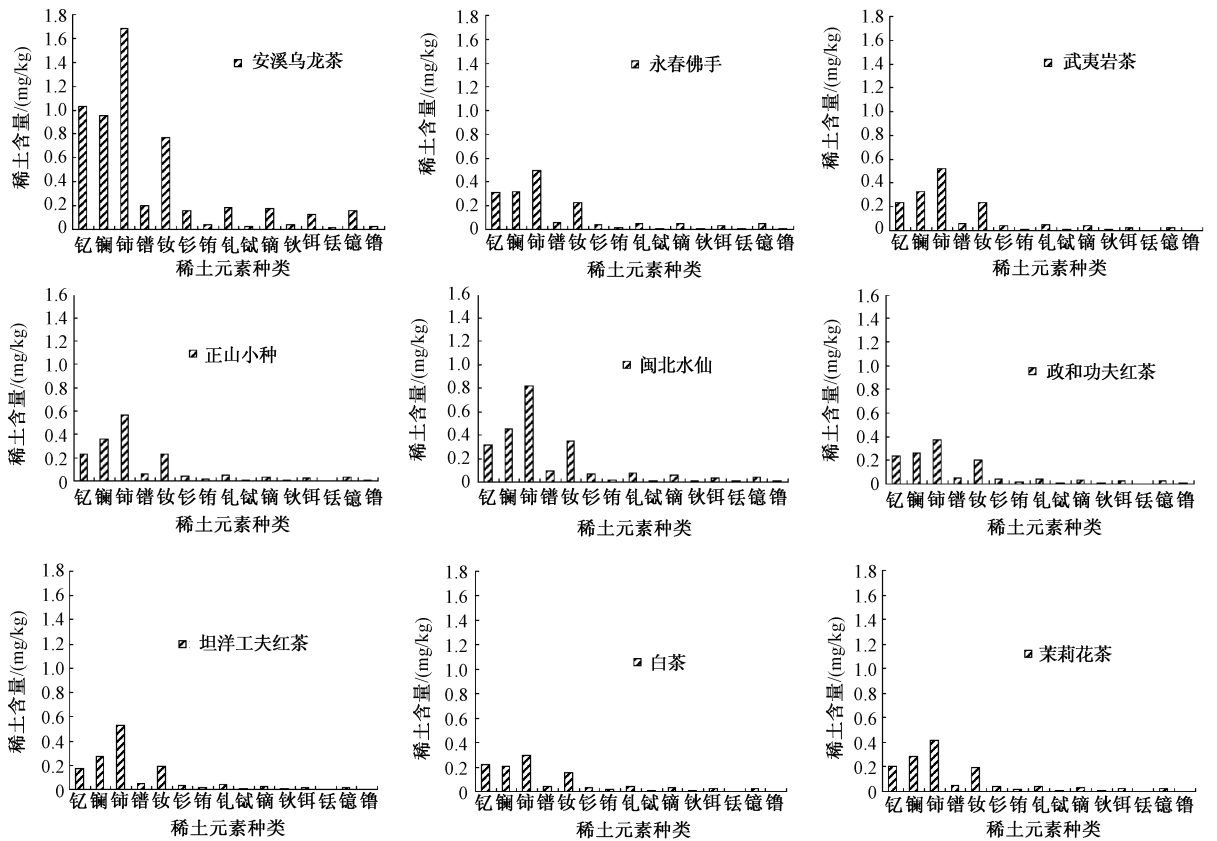


图1 福建省不同品种茶叶中15种REE的含量

Figure 1 Contents of 15 REEs in the different kinds of teas from Fujian Province

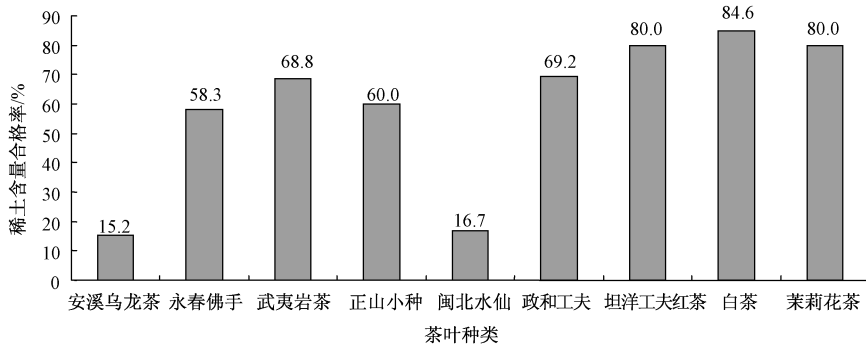


图2 福建省不同品种茶叶稀土含量合格率

Figure 2 Qualified rates of the different kinds of teas from Fujian Province

表3 福建省不同地区茶叶中稀土残留总量

Table 3 REE contents of the different kinds of teas from the different areas in Fujian Province

地区	主要茶种	样品数 /份	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	比例/% (以稀土氧化物计)			
					≤2.0 mg/kg	2~5 mg/kg	5~10 mg/kg	>10.0 mg/kg
闽南	安溪乌龙茶、永春佛手	45	0.613~20.74 (0.509~17.26)	5.470 (4.544)	26.7	35.6	37.8	13.3
闽北	武夷岩茶、正山小种、闽北水仙、政和工夫红茶、政和白茶	76	0.405~5.857 (0.336~4.858)	1.961 (1.631)	61.8	36.8	1.3	0.0
闽东	坦洋工夫红茶、宁德红茶、福鼎白茶、福州茉莉花茶	24	0.372~3.001 (0.309~2.480)	(1.588) (1.320)	79.2	20.8	0.0	0.0

注:括号外数据为茶叶对应的稀土氧化物数据;括号内数据为茶叶对应的稀土元素数据

2.3 茶叶中稀土残留同土壤中稀土含量的关系

在各地茶叶种植基地采集茶叶的同时,采集相应的土壤并检测REE含量。表4显示了在闽南安

溪、闽东福安、闽北武夷山、政和、建瓯所采集茶叶及相应土壤的稀土含量结果。仅从茶叶及其对应的土壤中15种稀土的结果可以看出,土壤的某些

表4 茶叶及其相应土壤的稀土含量(mg/kg)

Table 4 REE contents of the teas and corresponding soil

种类来源	钇	镧	铈	镨	钕	钐	铈	钐	铈	镨	钕	铈	镨	钕	铈	稀土总量
1 茶叶	1.032	0.959	1.681	0.198	0.773	0.155	0.040	0.183	0.028	0.175	0.038	0.123	0.021	0.156	0.024	5.587
1 土壤	8.827	25.889	82.234	5.689	19.265	3.333	0.038	2.626	0.033	1.886	0.403	1.165	0.189	1.282	0.198	153.060
2 茶叶	0.154	0.273	0.540	0.048	0.179	0.032	0.013	0.035	0.004	0.024	0.005	0.014	0.002	0.017	0.003	1.342
2 土壤	7.842	35.557	89.548	6.385	20.562	3.075	0.059	2.539	0.032	1.811	0.388	1.121	0.180	1.232	0.194	170.520
3 茶叶	0.176	0.212	0.319	0.041	0.154	0.030	0.013	0.033	0.005	0.027	0.006	0.017	0.003	0.021	0.003	1.060
3 土壤	8.937	45.333	82.007	10.056	34.089	5.526	0.081	3.891	0.045	2.298	0.447	1.231	0.200	1.402	0.227	195.770
4 茶叶	0.316	0.455	0.819	0.091	0.350	0.068	0.019	0.073	0.010	0.057	0.012	0.035	0.006	0.043	0.007	2.361
4 土壤	10.639	29.948	55.268	6.637	23.239	4.106	0.068	3.111	0.043	2.426	0.525	1.485	0.246	1.633	0.259	139.630
5 茶叶	0.236	0.331	0.518	0.062	0.238	0.045	0.013	0.053	0.007	0.040	0.008	0.023	0.004	0.026	0.004	1.606
5 土壤	14.507	37.087	55.056	7.537	25.458	4.203	0.077	3.393	0.048	2.956	0.648	1.850	0.294	1.937	0.297	155.350

注:1 为乌龙茶;2 为坦洋工夫红茶;3 为政和功夫红茶;4 为闽北水仙;5 为武夷岩茶

REE 含量较高者,其茶叶中相应的 REE 含量也较高,说明茶叶中 REE 的分布模式与土壤中的分布模式基本一致,存在相关性。但从茶叶与土壤 REE 总量来看,5 种土壤 REE 总量在 139.6 ~ 195.8 mg/kg 之间,土壤中 REE 含量高者其对应的茶叶中 REEs 总量并不是最高,不存在对应关系,说明还有其他因素影响茶叶中稀土的含量。

#### 2.4 喷施肥料对茶叶中 REE 残留的影响

为探究复合肥料对茶叶稀土残留的影响,在安溪虎丘茶园,采集同一区域、相同生长条件、相同茶树品种、相同茶龄,但施用稀土含量不同的正翔复合肥料和撒峰富复合肥的茶叶黄旦,并测定最终采摘的茶叶及两种肥料中稀土的含量(见表5)。图3分别显示了两种茶叶及其所施肥料中15种稀土的组成特征。可以看出肥料中稀土的含量分布与其所施与的茶叶中残留的稀土组成特征曲线基本相似并呈正相关,化肥中稀土含量较高者,其对应的茶叶稀土含量也较高。可以说明喷施含有稀土肥料是导致茶树稀土含量升高的原因之一。

表5 茶叶及其相应的肥料稀土残留结果(mg/kg)

茶叶(肥料)	含量
黄旦1(正翔复合肥料)	1.508(20.443)
黄旦2(撒峰肥)	0.957(5.460)

注:黄旦1 施用正翔复合肥料,黄旦2 施用撒峰肥

### 3 讨论

稀土元素广泛存在于自然界和生物链中,因常与氧化物或氧酸盐物伴生,且天然丰度较低而得名。它可以通过茶树的根茎而富集并残留于茶叶叶片中,被人体摄入,并对生态环境产生影响。近些年来研究发现茶叶中存在过高稀土元素的残留,根据文献[5-8],福建乌龙茶稀土超标率最高,乌龙茶稀土超标率在40%~65%,特别是安溪乌龙茶超标率甚至达到55%~100%<sup>[8]</sup>,远远超过绿茶、花

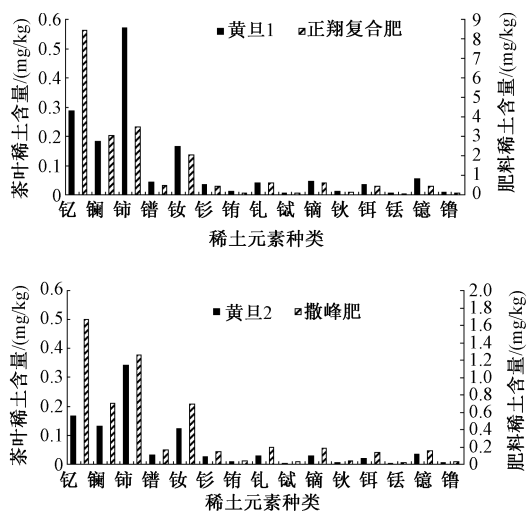


图3 茶叶及相应的肥料中15种REE的组成特征  
Figure 3 Characteristics of REE contents between the teas and corresponding fertilizers

茶等其他茶种。本次研究也证实了福建茶叶的稀土偏高<sup>[12]</sup>。从本次检测的结果看,福建省茶叶的稀土超标率达到46.2%,其中乌龙茶超标率达到59.6%,红茶的稀土超标率为30.3%,花茶、白茶的稀土超标率在15%~20%,与文献所报道的结果基本一致。而如此高的超标率,也带来一个疑问:目前我国的稀土标准限量是否适宜?

通过本次对福建省145份茶叶样品中稀土氧化物总量( $\sum$ REOs)结果的统计分析(见表2),发现87%以上的茶叶其 $\sum$ REOs < 5 mg/kg,其中 $\sum$ REOs 残留 < 2 mg/kg 的茶叶的比例为53.8%,含量介于2~5 mg/kg 之间的茶叶比例为33.8%, > 5 mg/kg 的茶叶比例为12.4%,仅4.1%超过10 mg/kg,该统计结果与中国农业科学院茶叶研究所对全国2007—2010年1245份茶叶的分析相近<sup>[5]</sup>。有研究表明<sup>[13]</sup>,茶叶中的稀土元素3/4以上不溶于热水而残存在茶渣中,其中又有16%是与 $\alpha$ -纤维素结合在一起,因此人们喝茶时摄入的稀土元素不到茶叶

中稀土含量的1/4。杨秀芳等<sup>[14]</sup>通过研究系统考察了原料成熟度较高的茶叶在不同浸提条件下茶汤中稀土的浸出率,结果表明在不同浸出条件下,稀土元素(以氧化物总量计)的总浸出率均在20%以内。依据朱为方等<sup>[15]</sup>通过生物效应研究提出的成人日容许摄入量(ADI)为4.2 mg/kg,可认为多数茶叶仍处于低暴露水平,而且茶叶是浸泡饮用,茶叶中的稀土多为络合态较难浸出,因此,GB 2762—2012将茶叶与谷物(包括稻谷、玉米、小麦等)这两类本底值不同的食物稀土限量设定在同一尺度(均为2 mg/kg)是不适宜的,在此限量值下乌龙茶等品种的稀土超标率较高。况且目前除中国以外的其他茶叶生产国和进口国,包括美国、日本、欧盟国家、澳大利亚、印度等均无相关标准,也没有把稀土列为检测项目。因此进一步加强对稀土健康危害的研究,从我国实际出发,研究出适合我国茶叶中稀土现状的限量标准是非常必要的。

但无论稀土标准如何改变,探清稀土来源并加以控制,仍是茶叶质量安全的关键,也是今后修改茶叶稀土标准的依据之一。结合本次结果,认为对于稀土来源考虑与以下几方面因素有关:

第一,与茶叶的种类有关。从茶叶品种来看,9种茶叶中安溪乌龙茶和闽北水仙的稀土平均含量分别为5.587和2.361 mg/kg,远高于其他茶叶。研究表明<sup>[16]</sup>,茶树新梢的稀土元素,其含量高低与茶树叶片的生长期有密切的关系,即在同样的生态条件下,生长期越长,叶片越老,其对稀土元素的积累就越高。通常不同种类的茶叶对原料的选择是不同的。乌龙茶、黑茶、紧压茶通常采摘成熟度较高的开面叶,而绿茶、红茶通常只采嫩芽叶,因此原料成熟度较高的安溪乌龙、闽北水仙中稀土元素的合格率远低于原料嫩度较好的红茶、白茶和花茶。特别是安溪乌龙茶对鲜叶原料有特定的要求<sup>[12]</sup>,即以新梢顶芽形成驻芽,顶叶中开面,第二、三叶成熟度适当的完整二、三叶为优质原料,导致茶叶中含量较高。

第二,与土壤本身所含稀土含量较高有关。福建的稀土储量位居全国第三位,已探明的稀土储量有5万多吨,远景储量达400万吨,因此不少茶叶种植地土壤中本身就含有稀土。再加上茶园周边乡镇企业的增加,工业“三废”的产生,茶园中化肥、农药的大量施用,使一些地区的土壤受到不同程度的稀土污染。研究表明<sup>[17]</sup>,自然界中植物体内稀土元素含量的高低与其生长的土壤中的稀土元素含量大小呈正相关,植物体中的稀土元素分布模式与土壤中的分布模式一致,表4中福建茶叶及其相应的土壤稀土残留结果也

说明了茶叶中REE的分布模式与土壤中的分布模式基本一致。由于土壤和茶树对稀土元素的富集作用<sup>[18]</sup>,必然导致茶叶稀土的升高。

第三,与茶叶生长过程中喷施稀土肥料有关。由于少量稀土对茶叶有增产提质作用,受巨大经济利益的驱使,肥料企业、农药企业生产了含有稀土的肥料(叶面肥、复合肥)和农药,部分茶农加大稀土施用量,造成茶叶中稀土总量超标,也导致对茶园土壤的污染。本次用两种不同稀土水平的肥料即正翔复合肥和撒峰富(经检测,肥料的稀土含量分别为20.443和5.460 mg/kg)喷施同一种茶叶(安溪黄旦),用前者喷施的茶叶稀土含量明显高于后者(见表5),对应茶叶的稀土总量分别为1.508和0.957 mg/kg,由此可见在茶树生长过程中使用含有稀土元素的肥料,是茶叶中稀土总量的来源之一。而且相比于土壤稀土残留的影响,后期茶叶生长过程中喷施稀土肥料对茶叶中稀土带来的影响更大。这也说明加强茶叶种植过程中所使用的肥料的监控,是降低茶叶中稀土残留的有效手段。

因此,在加强茶叶中稀土残留对人体健康的危害研究,探讨适宜的稀土限量指标的同时,还应加强对于含有稀土的肥料的监管,杜绝滥用,从源头上切除稀土的来源,严格控制茶叶质量安全。同时加强检测检验工作和市场监督管理工作的力度,维护消费者的利益。

## 参考文献

- [1] 何跃君,薛立. 稀土元素对植物的生物效应及其作用机理[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1983-1989.
- [2] 汪东风,王常红. 稀土在茶树上应用研究进展[J]. 稀土,1996,17(4):46-50.
- [3] 陈祖义,朱旭东. 稀土元素的骨蓄积性、毒性及其对人群健康的潜在危害[J]. 生态与农村环境学报,2008,24(1):88-91.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 食品中污染物限量[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [5] 石元值,韩文炎,马立锋,等. 茶叶中稀土氧化物总量现状及其溶出特性研究[J]. 茶叶科学,2011,31(4):349-354.
- [6] 杨秀芳,孔俊豪,高玉萍,等. 我国茶叶稀土问题现状与研究[J]. 中国茶叶加工,2012(1):4-7,11.
- [7] 胡书玉,林长虹,黎绍学,等. 茶叶中稀土污染调查研究[J]. 广东化工,2011,8(4):83-87.
- [8] 白婷婷. 安溪乌龙茶农药残留规律与稀土污染成因探究[D]. 福州:福建农林大学,2011.
- [9] 林锻炼. 乌龙茶生产过程中稀土质量安全初探[J]. 标准科学,2010(4):50-52.
- [10] 陈宗懋. 茶叶中稀土元素标准有望撤销[J]. 中国茶叶,2012,34(3):4-5.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 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]. 北京:中国标准出版社,2012.

- [12] 林荣溪,陈磊,谢承昌,等. 福建乌龙茶稀土来源初探[J]. 中国茶叶,2010,32(11):10-11.
- [13] 汪东风,赵贵文,叶盛. 茶叶中稀土元素的组成及存在状态[J]. 茶叶科学,1999,19(1):41-46.
- [14] 杨秀芳,孔俊豪,赵玉香,等. 不同稀土含量水平茶叶中稀土浸出率研究[J]. 中国茶叶加工,2012(1):14-17.
- [15] 朱为方,徐素琴,邵萍萍,等. 赣南稀土区生物效应研究——稀土日允许摄入量[J]. 中国环境科学,1997,17(1):63-66.
- [16] 杨秀芳,徐建峰,翁昆,等. 茶树成熟新梢不同部位元素含量研究[J]. 中国茶叶加工,2008(3):18-20.
- [17] 郭俊明,杜瑛. 植物体中稀土元素的含量分布及其某些影响因素(续完)[J]. 四川稀土,1996(1):10-12.
- [18] 陈照喜,王晓蓉,田笠卿,等. 土壤和茶树对稀土元素的富集作用[J]. 中国环境科学,1995,15(2):45-47.

## 风险监测

# 鉴定乳制品中厌氧芽胞杆菌的3种方法比较

刘慧玲,葛丽雅,吉彩霓,黄李华,洪小柳,黄欣迪,马淑棉,吕敬章

(深圳出入境检验检疫局 深圳市食品安全检测技术研发重点实验室,广东 深圳 518045)

**摘要:**目的 鉴定乳制品中的革兰氏阳性厌氧芽胞杆菌。方法 采用生化鉴定、基质辅助激光解析电离飞行时间质谱(MALDI-TOF MS)鉴定和16S rDNA测序三种方法,对乳制品中5株革兰氏阳性厌氧芽胞杆菌进行鉴定。结果 生化方法鉴定出3株菌,而飞行时间质谱鉴定和16S rDNA测序法对5株菌都给出了鉴定结果。3种方法仅对其中1株菌的鉴定结果一致;飞行时间质谱鉴定和16S rDNA测序的鉴定结果一致性程度高,共有4株菌的鉴定结果一致;而生化方法的鉴定结果与这两种方法差异较大。结论 飞行时间质谱鉴定和16S rDNA测序可作为生化方法的补充,用于革兰氏阳性厌氧芽胞杆菌的快速鉴定。

**关键词:** 乳制品; 厌氧芽胞杆菌; 鉴定; 16S rDNA 测序; 基质辅助激光解析电离飞行时间质谱

中图分类号:R155.5;TS252.53;S852.61<sup>+</sup>6 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)06-0615-04  
DOI:10.13590/j.cjfh.2014.06.024

## Identification of anaerobic sporeforming *Bacillus* in dairy product by three methods

LIU Hui-ling, GE Li-ya, JI Cai-ni, HUANG Li-hua, HONG Xiao-liu, HUANG xin-di,  
MA Shu-mian, LU Jing-zhang

(Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen Key Laboratory of Detection  
Technology R&D on Food Safety, Guangdong Shenzhen 518045, China)

**Abstract: Objective** To identify the anaerobic sporeforming *Bacillus* in dairy products. **Methods** Five strains of gram-positive anaerobic sporeforming *Bacilli* in dairy product were identified by three methods, including Biochemical identification, MALDI-TOF MS and 16S rDNA sequencing techniques. **Results** The biochemical method could identify three strains, whereas MALDI-TOF MS and 16S rDNA sequencing techniques could identify all five *Bacilli*. The three methods gave the same identification results on only one of the five *Bacilli*. By contrast, MALDI-TOF MS and 16S rDNA methods gave the same identification results on four of the five *Bacilli*, indicating that the two methods are highly identical in identifying the *Bacillus*. However, biochemical method had big variation in comparison with the other two methods. **Conclusion** MALDI-TOF MS and 16S rDNA sequencing methods can be used as supplemental methods to the biochemical method in rapid identification of anaerobic sporeforming *Bacillus*.

**Key words:** Dairy product; anaerobic sporeforming *Bacillus*; identification; 16S rDNA sequencing; matrix-assisted laser desorption ionization/time of flight mass spectrometry

收稿日期:2014-04-25

基金项目:深圳市科技计划项目(JCYJ20120618172144503);质检公益项目(201410025)

作者简介:刘慧玲 女 主管技师 研究方向为食品安全与检验 E-mail:hlliu2007@163.com

通讯作者:吕敬章 男 副主任医师 研究方向为食品安全与检验 E-mail:jz\_lu@yahoo.com.cn