

风险评估

我国边销茶中稀土元素含量水平调查及成年消费人群的暴露风险评估

宋雁,刘兆平,张磊,隋海霞,毛伟峰,包汇慧,雍凌,李宁

(国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室,北京 100022)

摘要:目的 初步掌握我国边销茶中稀土元素含量水平,评估我国边销茶成年消费人群中稀土元素暴露水平及其潜在的健康风险。方法 用 GB 5009.94—2012《植物性食品中稀土元素的测定》中推荐的电感耦合等离子体质谱法对边销茶中稀土元素含量进行测定,采用 24 h 回顾法对我国边销茶消费地区成年人群的边销茶消费状况进行调查,通过简单分布评估法计算边销茶成年消费人群中稀土元素暴露水平并进行风险评估。结果 边销茶中稀土元素总体超标率为 74% (67/90),含量范围为 0.10~10.35 mg/kg,平均含量为 3.41 mg/kg,中位数为 3.10 mg/kg,其中稀土元素铈、镧、钇、钕的平均含量相对较高,分别为 0.74、0.43、0.35、0.30 mg/kg。我国边销茶成年消费人群通过饮用边销茶摄入的稀土元素每日平均暴露量为 0.668 μg/kg BW,占 ADI 的 1.13%;高边销茶成年消费人群(P95)稀土元素每日暴露量为 2.302 μg/kg BW,占 ADI 的 3.90%。16 种稀土元素中,铈、镧、钇、钕的每日平均暴露量相对较高,分别为 0.178、0.104、0.082、0.073 μg/kg BW,占总稀土元素暴露量的 65%。结论 目前我国边销茶成年消费人群中稀土元素摄入水平对人群健康造成的风险处于可以接受水平,健康风险较低。

关键词:边销茶;稀土元素;简单分布评估;暴露水平;风险评估;食品污染物

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)02-0249-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.02.023

Exposure assessment of rare earth elements in brick tea among Chinese adults

SONG Yan, LIU Zhao-ping, ZHANG Lei, SUI Hai-xia, MAO Wei-feng,

BAO Hui-hui, YONG Ling, LI Ning

(Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of Ministry of Health, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: **Objective** To study the rare earth elements (REEs) concentration level in brick tea, and evaluate REEs dietary intake level and potential health risks in brick tea in Chinese adults. **Methods** The concentrations of REEs in brick tea samples were detected by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The consumption of brick tea in Chinese adults was investigated in 2014-2015 by 24 hour dietary retrospective method. Based on the deterministic assessment model, the dietary intake of REEs in brick tea by Chinese adults was calculated. **Results** The violation rate of REEs in brick tea was 74%, the range of concentration was 0.10-10.35 mg/kg, the average was 3.41 mg/kg, and the median was 3.10 mg/kg. The average concentrations of Ce, La, Y, and Nd (0.74, 0.43, 0.35, and 0.30 mg/kg, respectively) were higher than the other 13 REEs. In brick tea consumption population, average exposure of REEs was 0.668 μg/kg BW, only accounting for 1.13% of ADI. The high consumption (P95) exposure of REEs was 2.302 μg/kg BW per day, accounting for 3.90% of the ADI. The average exposure of Ce, La, Y and Nd (0.178, 0.104, 0.082 and 0.073 μg/kg BW, respectively) was higher than the other 13 REEs, almost accounting for 65% of the total REEs exposure. **Conclusion** The exposure of REEs in brick tea by Chinese adults was considerably below the ADI and any health risk that would be expected to occur at this exposure level was negligible.

Key words: Brick tea; rare earth elements; deterministic estimate; exposure level; risk assessment; food contaminant

收稿日期:2016-01-16

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(81402683)

作者简介:宋雁 女 副研究员 研究方向为食品安全风险评估和食品毒理学 E-mail:songyan3000@sina.com

通信作者:张磊 男 副研究员 研究方向为食品安全风险评估 E-mail:zhanglei@cfsa.net.cn

稀土元素(REEs)包括 15 个镧系元素以及与其电子结构和化学性质相近的 2 个元素,共 17 个元素,即镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu)、铕(Sc)和钇(Y)。通常把镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕称为轻稀土元素,钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镱、钇称为重稀土

元素。我国是世界上稀土资源最丰富的国家,到目前为止我国稀土储量、生产数和出口量均列全球之首,主要被应用于工业、国防、医学等领域。自20世纪70年代,我国陆续将轻稀土(主要为La、Ce、Pr、Nd等)用于农业、畜牧业、水产养殖业,使农用稀土在全国范围内得到推广。同时也导致环境中稀土元素污染程度日益加剧。毒理学资料显示,一定剂量下的稀土元素可能具有遗传毒性、生殖发育毒性、慢性毒性、神经毒性、内分泌干扰作用、免疫毒性等作用^[1-5]。

边销茶,又称紧压茶、砖茶,以黑毛茶、老青茶及其他适制毛茶为原料,经过渥堆、蒸、压等工艺加工成砖形或其他形状的茶叶。由于该类茶叶的大宗品种主要销往西部边疆少数民族地区,故在商业经营中称为边销茶。边销茶是广大少数民族群众的生活必需品,在少数民族群众中素有“宁可三日无粮,不可一日无茶”之说。边销茶的品种主要有来自湖南省的茯砖、黑砖、花砖等,湖北省的茯砖、青砖、米砖等,四川省的康砖、金尖,云南省的康砖、紧茶等。边销茶的生产区域主要分布在气候条件比较湿润的南方丘陵和山区,以湖南、云南、四川、湖北、贵州和浙江等省为主要产区,这些地区边销茶总产量占全国的95%以上。其中,湖南省边销茶每年生产约2.5万吨,占全国边销茶总产量的一半。目前,我国饮用边销茶的人数已经达到4000多万,年消费量约为5万吨^[6]。

我国GB 2762—2012《食品中污染物限量》^[7]中规定了相关食品中稀土限量要求,其中茶叶的稀土限量为2.0 mg/kg。近些年我国部分省市的稀土元素调查结果显示,茶叶中稀土元素含量较高,其安全性越来越引起社会的广泛关注。有研究报道,边销茶中稀土含量较高^[8],但人群通过边销茶摄入的稀土元素水平却鲜见报道,尤其对于习惯性饮用边销茶的人群的健康风险不明。本研究利用2014年全国边销茶稀土元素含量调查数据,结合2014—2015年我国边销茶消费状况调查数据,对边销茶成年消费人群中稀土元素的暴露风险进行评估,为制定边销茶中稀土元素限量标准提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

我国边销茶中稀土元素含量数据来自2014年食品安全监测数据(35条)、中国农业科学院茶叶研究所专项调查数据(11条)和中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院专项调查数据(44条)。边销茶的种类包括茯砖、黑砖、花砖、青砖、米砖、康砖、金尖、紧茶

等。边销茶稀土元素含量数据覆盖了云南、湖南、河南、四川、浙江、湖北、广西等7个省或自治区。

边销茶的消费量数据来自2014—2015年我国边销茶成年消费人群的消费状况专项调查(西藏、青海、内蒙)。内蒙古自治区、青海省和西藏自治区3个省(自治区)分别选择3个城市区或县作为调查点,共9个调查点开展调查。调查对象为调查点内本地户籍人口或居住超过6个月以上的18岁及以上饮用边销茶的居民。每个调查点抽取100位居民,男女各半,在签署“知情同意书”后确认为调查对象。调查方法采用24 h回顾方法。共收集到837人(18岁及以上)的边销茶消费量数据。其中内蒙古自治区235人、青海省303人和西藏自治区299人。

1.2 方法

1.2.1 边销茶中稀土元素含量检测方法 & 数据处理

本次评估的边销茶中稀土元素检测方法采用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》中电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)进行^[9]。2012年我国发布了食品安全标准GB 2762—2012,规定了茶叶中稀土元素的限量为2.0 mg/kg(以稀土氧化物计)。按照WHO全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第2次会议“食品中低水平污染物可信评估”中对未检出数据的处理原则^[10],当未检出数据的比例低于60%时,所有未检出数据用1/2最低检测限值(即1/2LOD)替代,本次评估对未检出的数据均赋予1/2LOD值进行统计。

1.2.2 暴露评估方法

本次评估以2014—2015年中国边销茶成年消费人群消费状况专项调查中被调查对象的实际边销茶消费量和体重数据为基础,结合边销茶中的稀土元素含量均值,采用简单分布模型(确定性评估)的方法,计算每个个体每天每公斤体重稀土元素的暴露量,计算公式为:

$$EXP = \frac{F \times C}{W}$$

式中:EXP为某个体每天每公斤体重稀土元素的暴露量,μg/kg BW;F为某个体每天边销茶的消费量,g;C为边销茶中稀土元素的平均含量,mg/kg;W为某个体的体重,kg。

在得到个体通过边销茶摄入稀土元素量的基础上,可获得837名边销茶消费地区人群稀土元素暴露量的频数分布,并可计算边销茶消费地区居民的稀土元素暴露量的平均值和不同百分位数的暴露量,并分别对不同性别组人群的稀土元素暴露量进行计算。

1.2.3 健康指导值的确定

目前我国尚未制定稀土元素的每日允许摄入量(ADI),本次风险评估暂时按照朱为方等^[3]提出的稀土元素的ADI(59 μg/kg BW)进行评估。

2 结果

2.1 边销茶中稀土元素含量

在检测的90份边销茶中稀土元素的检出率为

100%,含量范围为0.10~10.35 mg/kg,平均含量为3.41 mg/kg,中位数为3.10 mg/kg,呈明显的正偏态分布(以氧化物计)。按照GB 2762—2012的限量规定,共检测出67份样品超标,超标率74%(67/90)(以稀土氧化物计)。在边销茶所含的16种稀土元素中,铈、镧、钇、钆的平均含量相对较高,分别为0.74、0.43、0.35、0.30 mg/kg,这4种稀土元素的含量占总稀土元素含量的54%(以元素计),见表1。

表1 边销茶样品稀土元素含量分析(n=90,mg/kg)

稀土元素种类	稀土元素含量(以元素计)					稀土元素含量(以氧化物计)				
	均值	P50	P95	P99	范围	均值	P50	P95	P99	范围
镧	0.43	0.42	0.89	1.00	0.01~1.11	0.51	0.50	1.05	1.17	0.01~1.31
铈	0.74	0.64	1.69	2.13	0.01~2.14	0.91	0.78	2.07	2.62	0.01~2.63
镨	0.10	0.09	0.26	0.28	0.00~0.28	0.13	0.11	0.31	0.34	0.00~0.34
钆	0.30	0.28	0.64	0.70	0.00~0.81	0.35	0.33	0.74	0.81	0.00~0.95
钐	0.09	0.07	0.24	0.53	0.00~0.54	0.11	0.08	0.28	0.61	0.00~0.62
铈	0.04	0.02	0.17	0.22	0.00~0.23	0.05	0.02	0.19	0.26	0.00~0.27
钐	0.08	0.06	0.20	0.25	0.00~0.26	0.10	0.07	0.23	0.29	0.00~0.30
铈	0.04	0.01	0.19	0.21	0.00~0.21	0.04	0.01	0.22	0.25	0.00~0.25
镧	0.17	0.05	0.19	4.10	0.00~4.80	0.19	0.06	0.21	4.70	0.00~5.51
钐	0.03	0.01	0.17	0.19	0.00~0.19	0.03	0.01	0.19	0.22	0.00~0.22
铈	0.08	0.03	0.18	1.36	0.00~1.80	0.10	0.04	0.20	1.55	0.00~2.06
铈	0.05	0.00	0.17	1.42	0.00~1.60	0.06	0.01	0.19	1.63	0.00~1.83
铈	0.04	0.03	0.13	0.18	0.00~0.19	0.05	0.03	0.15	0.21	0.00~0.22
铈	0.03	0.01	0.17	0.19	0.00~0.19	0.04	0.01	0.19	0.22	0.00~0.22
钐	0.20	0.13	0.62	0.89	0.00~0.89	0.31	0.20	0.94	1.36	0.00~1.36
钐	0.35	0.32	0.76	0.81	0.02~0.82	0.44	0.40	0.97	1.03	0.03~1.04
合计	2.77	2.50	5.53	7.97	0.08~8.98	3.42	3.10	6.75	9.20	0.10~10.35

2.2 边销茶消费量水平分析

本课题组在西藏、内蒙和青海3个省(自治区)开展了边销茶消费状况调查,结果见表2。我国边销茶成年消费人群的每日消费量范围为0.19~

144.89 g/d,平均消费量为14.46 g/d,中位数为6.72 g/d,高端消费量P95为50.32 g/d。边销茶成年女性消费人群的消费量略高于成年男性。

表2 我国边销茶成年消费人群每日边销茶的消费量

人群分组	人数/人	边销茶消费量(g/d)						
		均值	P50	P90	P95	P97.5	P99	范围
≥18岁男性	398	13.75	6.67	37.53	47.16	80.00	120.00	0.19~136.00
≥18岁女性	439	15.10	6.82	38.00	56.57	91.42	119.80	0.30~144.89
全部成年消费人群	837	14.46	6.72	37.95	50.32	82.75	119.81	0.19~144.89

2.3 边销茶消费人群稀土元素暴露水平分析

暴露评估结果显示,我国边销茶成年消费人群通过饮用边销茶摄入稀土元素的平均每日暴露量为0.668 μg/kg BW。高消费量人群的稀土元素每日暴露量(暴露量的P95,下同)为2.302 μg/kg BW。边销茶成年女性消费人群的稀土元素平均暴露量是成年男性的1.3倍。在边销茶的16种稀土元素中,铈、镧、钇、钆的成年消费人群平均每日暴露量相对较高,分别为0.178、0.104、0.082、0.073 μg/kg BW,这4种稀土元素暴露量占总稀土元素暴

露量的65%,见表3。

3 讨论

近年来,茶叶中稀土元素超标问题引起了社会各界的广泛关注,不少学者对茶叶中稀土元素污染情况进行了研究,并进行了溯源分析^[11-14]。一些研究报道,不同茶叶中稀土元素的含量有所不同,绿茶、乌龙茶、红茶中稀土元素的含量范围分别为未检出~7.27、0.25~10.69、0.26~5.87 mg/kg^[15-16]。对其溯源进行分析发现,茶叶中稀土元素含量与茶

表 3 我国边销茶消费地区居民每日边销茶稀土元素暴露量									
Table 3 China's tea consumption area residents daily side pin tea rare earth element exposure									
稀土元素 种类	人群分组	暴露量/(μg/kg BW)							均值
		最小值	P50	P90	P95	P97.5	P99	最大值	
总稀土元素	≥18 岁男性	0.008	0.284	1.476	2.054	2.963	3.860	5.686	0.571
	≥18 岁女性	0.015	0.333	1.762	2.962	4.562	5.984	7.571	0.756
	成年消费人群	0.008	0.308	1.658	2.302	3.502	5.444	7.571	0.668
镧	≥18 岁男性	0.001	0.044	0.229	0.319	0.460	0.599	0.883	0.089
	≥18 岁女性	0.002	0.052	0.274	0.460	0.708	0.929	1.176	0.117
	成年消费人群	0.001	0.048	0.257	0.357	0.544	0.845	1.176	0.104
铈	≥18 岁男性	0.002	0.075	0.393	0.547	0.789	1.027	1.513	0.152
	≥18 岁女性	0.004	0.089	0.469	0.788	1.214	1.593	2.015	0.201
	成年消费人群	0.002	0.082	0.441	0.613	0.932	1.449	2.015	0.178
镨	≥18 岁男性	0.000	0.011	0.055	0.076	0.110	0.143	0.211	0.021
	≥18 岁女性	0.001	0.012	0.065	0.110	0.169	0.222	0.281	0.028
	成年消费人群	0.000	0.011	0.062	0.085	0.130	0.202	0.281	0.025
钕	≥18 岁男性	0.001	0.031	0.160	0.223	0.322	0.420	0.618	0.062
	≥18 岁女性	0.002	0.036	0.192	0.322	0.496	0.651	0.823	0.082
	成年消费人群	0.001	0.033	0.180	0.250	0.381	0.592	0.823	0.073
钐	≥18 岁男性	0.000	0.009	0.048	0.067	0.096	0.126	0.185	0.019
	≥18 岁女性	0.000	0.011	0.057	0.096	0.149	0.195	0.246	0.025
	成年消费人群	0.000	0.010	0.054	0.075	0.114	0.177	0.246	0.022
铕	≥18 岁男性	0.000	0.004	0.022	0.030	0.043	0.056	0.083	0.008
	≥18 岁女性	0.000	0.005	0.026	0.043	0.067	0.088	0.111	0.011
	成年消费人群	0.000	0.005	0.024	0.034	0.051	0.080	0.111	0.010
钆	≥18 岁男性	0.000	0.009	0.045	0.062	0.089	0.117	0.172	0.017
	≥18 岁女性	0.000	0.010	0.053	0.089	0.138	0.181	0.229	0.023
	成年消费人群	0.000	0.009	0.050	0.069	0.106	0.164	0.229	0.020
铽	≥18 岁男性	0.000	0.004	0.020	0.028	0.040	0.053	0.077	0.008
	≥18 岁女性	0.000	0.005	0.024	0.040	0.062	0.082	0.103	0.010
	成年消费人群	0.000	0.004	0.023	0.031	0.048	0.074	0.103	0.009
镱	≥18 岁男性	0.000	0.017	0.087	0.121	0.175	0.228	0.336	0.034
	≥18 岁女性	0.001	0.020	0.104	0.175	0.270	0.354	0.447	0.045
	成年消费人群	0.000	0.018	0.098	0.136	0.207	0.322	0.447	0.039
镱	≥18 岁男性	0.000	0.003	0.015	0.021	0.031	0.040	0.059	0.006
	≥18 岁女性	0.000	0.003	0.018	0.031	0.047	0.062	0.078	0.008
	成年消费人群	0.000	0.003	0.017	0.024	0.036	0.056	0.078	0.007
铟	≥18 岁男性	0.000	0.008	0.044	0.061	0.088	0.115	0.169	0.017
	≥18 岁女性	0.000	0.010	0.052	0.088	0.136	0.178	0.225	0.022
	成年消费人群	0.000	0.009	0.049	0.069	0.104	0.162	0.225	0.020
铪	≥18 岁男性	0.000	0.006	0.029	0.040	0.058	0.076	0.112	0.011
	≥18 岁女性	0.000	0.007	0.035	0.058	0.090	0.118	0.149	0.015
	成年消费人群	0.000	0.006	0.033	0.045	0.069	0.107	0.149	0.013
铌	≥18 岁男性	0.000	0.005	0.024	0.033	0.048	0.062	0.091	0.009
	≥18 岁女性	0.000	0.005	0.028	0.048	0.073	0.096	0.122	0.012
	成年消费人群	0.000	0.005	0.027	0.037	0.056	0.087	0.122	0.011
钽	≥18 岁男性	0.000	0.003	0.017	0.024	0.035	0.045	0.067	0.007
	≥18 岁女性	0.000	0.004	0.021	0.035	0.054	0.070	0.089	0.009
	成年消费人群	0.000	0.004	0.020	0.027	0.041	0.064	0.089	0.008
铊	≥18 岁男性	0.001	0.020	0.106	0.147	0.213	0.277	0.408	0.041
	≥18 岁女性	0.001	0.024	0.126	0.213	0.327	0.429	0.543	0.054
	成年消费人群	0.001	0.022	0.119	0.165	0.251	0.391	0.543	0.048
铋	≥18 岁男性	0.001	0.035	0.182	0.254	0.366	0.476	0.702	0.071
	≥18 岁女性	0.002	0.041	0.217	0.366	0.563	0.738	0.934	0.093
	成年消费人群	0.001	0.038	0.205	0.284	0.432	0.672	0.934	0.082

树叶片的生长期有密切的关系,生长期越长,叶片越枯黄,其稀土元素的含量越高^[17-18],而边销茶生产所使用的是成熟度较高的茶树叶片。杨秀芳等^[8]对浙江、福建、江苏、云南、陕西、山东、北京等

地区主要产茶区和茶叶主销区 8 家茶叶质量检测机构检测的茶叶稀土数据进行了分析,发现原料成熟度较高的砖茶中稀土元素的合格率低于原料嫩度较好的绿茶、红茶、白茶和花茶^[13]。本研究结果显

示,边销茶中稀土元素平均含量为 3.41 mg/kg,高于 GB 2762—2012 中规定的限量值,含量范围为 0.10 ~ 10.35 mg/kg,超标率达到 74%。相比较其他的茶叶品种,边销茶中稀土元素的含量偏高。

目前诸多科研人员针对稀土元素先后提出不同健康指导值的建议值。纪云晶等^[11]在急性毒性试验的基础上,进行大鼠亚慢性毒性试验,确定混合硝酸稀土大鼠未观察到损害作用的剂量(NOAEI)为 200 mg/kg BW,以安全系数为 100 计算,ADI = 2 mg/kg BW [以氧化稀土(REO)计为 0.8 mg/kg BW]。1988 年相继进行了恒河猴 90 d 喂养试验和大鼠 2 年慢性毒性试验,提出恒河猴的硝酸稀土 NOAEI 为 100 mg/kg BW(以 REO 计为 40 mg/kg BW),大鼠为 60 mg/kg BW(以 REO 计为 24 mg/kg BW),以安全系数为 100 计算,据此提出的 ADI 值为 0.6 mg/kg BW(以 REO 计为 0.24 mg/kg BW)。熊炳昆等^[12]提出稀土硝酸盐经口摄入的 NOAEI 为 20 ~ 200 mg/kg BW(以 REO 计为 10 ~ 100 mg/kg BW),ADI 为 0.2 ~ 2.0 mg/kg BW(以 REO 计为 0.12 ~ 1.02 mg/kg BW)。朱为方等^[3]依据流行病学调查结果,测算出稀土区成人日摄入量为 6.0 ~ 6.7 mg(以 REO 计),根据与对照区成人日摄入量(3.3 mg)分析比较,提出 ADI 为 70 μg/kg BW(以 REO 计),以元素计为 59 μg/kg BW。经综合分析现有文献,本次风险评估暂时按照朱为方等^[3]提出的稀土元素的 ADI(59 μg/kg BW)来进行。

基于目前边销茶中稀土元素的污染水平和边销茶消费量对其进行暴露评估。结果显示,边销茶成年消费人群的稀土元素每日平均暴露量为 0.668 μg/kg BW(以元素计,下同),低于总稀土元素的 ADI(59 μg/kg BW),仅占 ADI 的 1.13%;高边销茶消费人群(P95)稀土元素每日暴露量为 2.302 μg/kg BW,仅占 ADI 的 3.90%。表明我国边销茶消费地区居民目前的边销茶稀土元素摄入对人群健康造成的风险处于可接受水平,健康风险较低。此外,如采取极端情景假设,假定某一个体饮用稀土元素含量最高的边销茶(8.98 mg/kg),且每日消费的边销茶达到消费量最大值(144.89 g/d),即暴露量计算中边销茶含量水平和消费量均采用最大值,则边销茶稀土元素暴露量为 21.69 μg/kg BW,占 ADI 的 36.76%,则此类人群可能存在较高的健康风险。

在边销茶的 16 种稀土元素中,铈、镧、钇、钆的成年消费人群平均每日暴露量较高,占总稀土元素暴露量的 65%,这与边销茶中这 4 种稀土元

素的含量相对较高有关。这一分布趋势与土壤中稀土元素的丰度分布规律一致。在今后对稀土元素进行进一步的风险评估时,如果在 16 种稀土元素毒理学资料不充分的情况下,可以考虑用铈、镧、钇、钆这 4 种稀土元素来代替总稀土元素进行风险评估。

需要说明的是,本次评估仅包括边销茶稀土元素的摄入水平,未考虑其他膳食来源。而且人体也可能通过空气、皮肤和吸入等其他途径暴露稀土元素。因此,评估结果存在一定不确定性,应进一步开展相关研究。

参考文献

[1] 宋雁,刘兆平,贾旭东. 稀土元素的毒理学安全性研究进展 [J]. 卫生研究,2013,42(5):885-892.

[2] 纪云晶,崔明珍,王贻嘉,等. 农用稀土硝酸盐毒理学评价 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志,1987,5(1):54-57.

[3] 朱为方,徐素琴,张辉,等. 稀土区儿童智商调查研究——赣南稀土区生物效应研究 [J]. 科学通报,1996,41(10):914-916.

[4] ZHAO H, CHENG Z, HU R, et al. Oxidative injury in the brain of mice caused by lanthanide [J]. Biol Trace Elem Res, 2011, 142(2):174-189.

[5] YANG J, LIU Q, ZHANG L, et al. Lanthanum chloride impairs memory, decreases pCaMK IV, pMAPK and pCREB expression of hippocampus in rats [J]. Toxicol Lett, 2009, 190(2):208-214.

[6] 杨建强,葛忠兴,张志刚,等. 边销茶 [M]. 北京:民族出版社,2008

[7] 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.

[8] 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.

[9] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.94—2012 植物性食品中稀土元素的测定 [S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[10] World Health Organization. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food [Z]. Rome: WHO, 1995.

[11] 纪云晶,崔明珍. 稀土硝酸盐对大鼠的亚慢性毒性实验研究 [J]. 中国稀土学报,1985:65-69.

[12] 熊炳昆,陈蓬. 稀土农林研究与应用 [M]. 北京:冶金工业出版社,2000.

[13] 胡碧玉,林长虹,黎绍学,等. 茶叶中稀土污染调查研究 [J]. 广东化工,2012,38(4):83-87.

[14] 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.

[15] 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.

[16] 王兴进,陈巧,林丽容,等. 闽东茶区茶叶稀土残留量分析 [J]. 亚热带农业研究,2013,9(2):115-118.

[17] 王兆荣,张汉昌,支霞臣. 植物中的稀土元素地球化学特征 [J]. 稀土,1996,17(5):66-68.

[18] 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.