

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241023002

深圳市市售茯砖茶氟含量现状探究

李莹莹*, 刁晓云, 李继裕, 何丽香, 高素君

(深圳市计量质量检测研究院, 深圳 518100)

摘要: 目的 通过深圳市市售茯砖茶氟含量的现状, 探究茯砖茶氟含量超标的成因。**方法** 在深圳市全市范围内采集 75 份茯砖茶, 对每份样品进行氟含量的检测, 按照 GB 19965—2005《砖茶含氟量》判定是否合格。**结果** 所分析的 75 批次茯砖茶中, 50 批次氟含量低于 GB 19965—2005 的限值(300 mg/kg), 合格率为 66.7%, 检测结果平均值为 349 mg/kg。**结论** 深圳市市售茯砖茶的合格率高于全国饮茶型地氟病监测点总的砖茶氟含量合格率, 茯砖茶氟摄入过量风险较低, 但仍存在部分不符合国家强制标准的产品在售, 部分茯砖茶的氟含量较高与其原材料的选取有关, 建议砖茶的相关产品标准明确氟含量的限量要求。

关键词: 茯砖茶; 氟含量; 合格率; 产品标准

Exploration on the current situation of fluoride content in commercially available Fuzhuan tea in Shenzhen City

LI Ying-Ying*, DIAO Xiao-Yun, LI Ji-Yu, HE Li-Xiang, GAO Su-Jun

(Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection, Shenzhen 518100, China)

ABSTRACT: Objective To explore the causes of excessive fluoride content in Fuzhuan tea through the current situation of fluoride content in Fuzhuan tea in Shenzhen. **Methods** The 75 samples of Fuzhuan tea were collected throughout the city of Shenzhen, and the fluoride content of each sample was tested to determine whether it was qualified according to GB 19965—2005 *Fluoride content of brick tea*. **Results** Among the 75 batches of Fuzhuan tea analyzed, 50 batches had fluoride content lower than the limit of GB 19965—2005 (300 mg/kg), with a pass rate of 66.7% and an average test result of 349 mg/kg. **Conclusion** The qualified rate of Fuzhuan tea sold in Shenzhen is higher than the total qualified rate of fluoride content in brick tea from the national monitoring points for fluoride disease in tea drinking areas. The risk of excessive fluoride intake in Fuzhuan tea is relatively low, but there are still some products on sale that do not meet the national mandatory standards. The high fluoride content of some Fuzhuan tea is related to the selection of its raw materials. It is recommended that the relevant product standards for brick tea clarify the limit requirements for fluoride content.

KEY WORDS: Fuzhuan tea; fluoride content; qualification rate; product standard

0 引言

砖茶, 又称紧压茶或边销茶, 因其具有补充营养、助消化、解油腻和抗氧化等功效广受饮茶者的喜爱^[1-2]。尤其

是对居住在沙漠、高原等主食以牛羊肉、奶酪的边疆游牧民族而言, 茯砖茶起到调节人体新陈代谢, 改善人体亚健康的作用, “宁可三日无粮, 不可一日无茶”之说在西北地区广为流传^[3]。砖茶可以分为黑砖茶、茯砖茶、花砖茶、

*通信作者: 李莹莹, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全与质量管理。E-mail: 649446659@qq.com

*Corresponding author: LI Ying-Ying, Assistant Engineer, Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection, No.114, Minkang Road, Longhua District, Shenzhen 518100, China. E-mail: 649446659@qq.com

青砖茶、康砖茶、米砖茶、金尖茶、紧茶和沱茶。其中之一的是茯砖茶是以黑毛茶为主要原料,经过毛茶筛分、半成品拼配、渥堆、蒸汽压制成型等工艺过程制成的砖茶。

由于茯砖茶的原料以粗老枝叶为主,相比起其他茶叶,茯砖茶是氟含量超标的易发对象^[4]。氟作为一种人体必需的微量元素,在人体生长发育和骨骼代谢中起着重要作用,主要是增强骨头与牙齿的结构稳定性,保护骨与牙齿的健康,起到生物钙化的作用^[5-6]。但氟摄入过量容易造成慢性氟中毒,以及引起神经系统的损害和对甲状腺功能的影响^[7-9]。根据 2011 年发布的 GB/T 17018—2011《地方性氟中毒病区划分》,饮茶型地方性氟中毒是指由于人们长期饮用氟含量超标的茶水,致使人体摄入过量的氟而导致的以骨组织和牙齿受累为主的慢性蓄积性中毒^[10-12]。

2021 年,全国饮茶型地氟病监测点总的砖茶氟含量合格率已提升至 20.08%,但全国砖茶氟含量平均值为 599.04 mg/kg^[13],仍处于较高水平。截至 2023 年底,深圳就业登记人数 1255.95 万人,其中非深户籍就业人数 995.50 万人。深圳作为一线城市,人群流动性大,市场在售商品来源广,民众购买及饮用砖茶类产品的几率高,市售茯砖茶氟含量的现状对深圳砖茶消费者的健康有着重要意义。为有效掌握市售茯砖茶氟含量的现状,探究茯砖茶氟含量超标的原因,本研究在深圳全市范围内开展了茯砖茶氟含量的筛查工作。通过对氟含量检测结果的梳理,统计市售茯砖茶氟含量的合格率,对氟含量易超限值的原因、日常饮用的风险性及执行标准的局限性进行探讨分析,并提出相关建议,以期进一步促进茶叶经销行业质量水平的提升。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

茯砖茶,随机取样地点包括茶叶店、茶庄、茶社、茶叶批发商行、茶叶销售公司、茶叶农批市场等,覆盖宝安、福田、光明、龙岗、龙华、罗湖、南山 7 个区。总共选取 75 批次预包装食品,其中 45 批次包装明示原/配料为黑毛茶,占比达 60%,产地为华中地区及西北地区,单价 30~900 元不等。

水中氟溶液标准物质(1000 μg/mL,中国计量科学研究院);氯化钠(分析纯,广州化学试剂厂);柠檬酸钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);冰乙酸(分析纯,天津市大茂化学试剂厂)。

1.2 仪器与设备

QUINTIX224-1CN 万分之一电子天平(德国赛多利斯公司);MP519 氟离子浓度计(中国三信公司);UF260 电热恒温鼓风干燥箱(德国 Memmert 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 适用范围

GB 19965—2005《砖茶含氟量》是国家卫生部、国家标准化管理委员会于 2005 年 10 月 18 日发布,2006 年 5 月 1 日实施的强制性国家标准。GB 19965—2005 规定了砖茶允许含氟量及含氟量检测方法,适用于砖茶生产和销售领域的砖茶含氟量的监测及监督。

1.3.2 检测方法

采用 GB 19965—2005 附录 A 规定的氟离子选择电极法进行检测。首先,取茯砖茶样品进行粉碎,过筛,烘干至恒重。随后称取制备好的样品,加水后沸水浴 15 min 提取。在冷却至室温后,加入总离子强度调节缓冲液测定平衡电位(以电极电位变化小于 0.5 mV/min,判定电极的平衡电位)。以标准溶液的平衡电位为纵坐标、氟离子浓度的对数为横坐标绘制标准曲线进行定量。

1.4 数据处理

砖茶氟含量采用 WPS Office v12.1.0 软件进行统计分析,与 GB 19965—2005 限量指标进行比对统计,分析检测结果。含氟量指每 1 kg 砖茶含水溶性无机氟的总量,GB 19965—2005 规定砖茶允许含氟量≤300 mg/kg,本次以该限量值作为评价依据。

2 结果与分析

2.1 茯砖茶中氟含量检测结果分析

2.1.1 总体情况

本次共检测 75 批次茯砖茶,其中 50 批次氟含量低于 GB 19965—2005 的限值(300 mg/kg),合格率为 66.7%,检测结果平均值为 349 mg/kg。总体检测结果分布情况见表 1。由表 1 可以看出,研究数据中深圳市市售茯砖茶的合格率(66.7%)远高于全国饮茶型地氟病监测点总的砖茶氟含量合格率(20.08%)^[13],这与深圳逐年加大的食品安全把控力度、低氟砖茶的推广以及各砖茶产地积极采取的降氟措施有着很大的关系。全国饮茶型地氟病监测点为内蒙古、四川、甘肃、青海、宁夏、新疆等 6 个省区,饮

表 1 总体结果分布情况
Table 1 Overall distribution of results

| 氟含量(X)所在区间/(mg/kg) | 批次数/批 | 区间批次占比/% |
|--------------------|-------|----------|
| 0 < X ≤ 300 | 50 | 66.7 |
| 300 < X ≤ 600 | 14 | 18.7 |
| 600 < X ≤ 900 | 10 | 13.3 |
| 900 < X ≤ 1200 | 1 | 1.3 |
| 合计 | 75 | - |

注: -表示无此数据。

用砖茶是当地居民世代沿袭下来的民族传统和生活习惯, 深圳虽距离受监测的省区较远, 但作为常住非深户籍人口占比达 50%以上的城市, 深圳砖茶的市场需求始终保持一定水平。本次研究的数据覆盖深圳 7 个区, 总体结果与监测点相比较为乐观。

2.1.2 问题样品情况

所分析的 75 批次茯砖茶中, 25 批次氟含量超出 GB 19965—2005 的限值(300 mg/kg), 25 批次超限值的茯砖茶

氟含量平均值为 572 mg/kg, 其中最高一批次茯砖茶氟的检出值为 939 mg/kg, 问题样品情况见表 2。由表 2 可以看出, 25 批次问题样品中: 标示原/配料为黑毛茶的有 17 批次, 占比 68%, 与总 75 批次茯砖茶中的占比(60%)相近; 执行标准均为 GB/T 9833.3《紧压茶第 3 部分: 茯砖茶》, 部分因生产年份不同而标示了不同的年代号; 7 个取样市售区域均有 2 至 4 个不等的问题样品分布, 表明各市售区域的问题样品分布没有显著性差异。

表 2 问题样品情况
Table 2 Problem sample situation

| 序号 | 样品 | 检测结果/(mg/kg) | 标示原/配料 | 市售区域 | 执行标准 | 生产年份 |
|----|-----------|--------------|---------|------|------------------|------|
| 1 | Sample_1 | 490 | 黑毛茶 | 龙华区 | GB/T 9833.3 | 2014 |
| 2 | Sample_3 | 398 | 黑毛茶 | 光明区 | GB/T 9833.3 | 2017 |
| 3 | Sample_13 | 480 | 黑毛茶 | 龙岗区 | GB/T 9833.3 | 2012 |
| 4 | Sample_14 | 485 | 茶叶 | 龙岗区 | GB/T 9833.3 | 2018 |
| 5 | Sample_18 | 459 | 黑毛茶 | 龙华区 | GB/T 9833.3 | 2014 |
| 6 | Sample_21 | 490 | 100%黑毛茶 | 龙华区 | GB/T 9833.3 | 2014 |
| 7 | Sample_22 | 628 | 茶叶 | 龙华区 | GB/T 9833.3—2002 | 2012 |
| 8 | Sample_24 | 442 | 黑毛茶 | 福田区 | GB/T 9833.3 | 2019 |
| 9 | Sample_27 | 939 | - | 罗湖区 | GB/T 9833.3—2002 | 2006 |
| 10 | Sample_29 | 568 | 黑毛茶 | 罗湖区 | GB/T 9833.3—2002 | 2012 |
| 11 | Sample_33 | 626 | 黑毛茶 | 罗湖区 | GB/T 9833.3—2002 | 2012 |
| 12 | Sample_35 | 606 | - | 罗湖区 | GB/T 9833.3—2002 | 2013 |
| 13 | Sample_37 | 395 | 黑毛茶 | 福田区 | GB/T 9833.3 | 2014 |
| 14 | Sample_38 | 399 | 二级黑毛茶 | 龙岗区 | GB/T 9833.3 | 2017 |
| 15 | Sample_42 | 616 | 三级黑毛茶 | 光明区 | GB/T 9833.3 | 2015 |
| 16 | Sample_45 | 582 | 黑毛茶 | 宝安区 | GB/T 9833.3 | 2017 |
| 17 | Sample_52 | 601 | 茶叶 | 南山区 | GB/T 9833.3—2002 | 2011 |
| 18 | Sample_53 | 720 | 茶叶 | 南山区 | GB/T 9833.3 | 2016 |
| 19 | Sample_54 | 661 | 黑毛茶 | 南山区 | GB/T 9833.3—2013 | 2015 |
| 20 | Sample_58 | 707 | 黑茶 | 宝安区 | GB/T 9833.3—2013 | 2015 |
| 21 | Sample_59 | 463 | - | 宝安区 | GB/T 9833.3—2002 | 2010 |
| 22 | Sample_62 | 583 | 三级黑毛茶 | 宝安区 | GB/T 9833.3—2002 | 2013 |
| 23 | Sample_67 | 634 | 三级黑毛茶 | 福田区 | GB/T 9833.3 | 2015 |
| 24 | Sample_68 | 549 | 黑毛茶 | 福田区 | GB/T 9833.3 | 2016 |
| 25 | Sample_75 | 772 | 野生原叶黑毛茶 | 南山区 | GB/T 9833.3—2002 | 2013 |

注: -表示产品包装未标识原/配料。

3 讨论

3.1 茯砖茶氟含量易超标的原因分析

相比起其他植物而言, 茶树本身是一种高富集氟的植物, 茶树氟含量比其他植物高出 10~100 倍, 茶叶的嫩度与

含氟量有密切的关系, 原料越老粗, 含氟量就越高^[14-17]。李丽霞^[18]研究发现茶树叶片是氟的主要富集器官, 约占树体总氟量的 96.22%, 茶树不同器官氟含量及其分布高低顺序为: 叶片>花蕾>树皮>生产枝>骨干枝>吸收根>茎主轴>主根>侧根。不同地区各种叶片的氟含量高低顺序为: 骨干枝

上老叶>落地叶>生产枝上老叶>春梢>1芽3、4叶。因原料多以黑毛茶树的粗老枝叶为主,粗老枝叶的氟含量较高,导致茯砖茶易出现氟含量超标的情况。此外,砖茶的含氟量与茶树的生长环境有直接的关系。研究表明,茶叶中氟含量与土壤中的水溶性氟含量有关,土壤中的无机氟含量越高,茶叶中氟含量也相应增高。马立锋等^[19]和赵晓宇等^[20]认为,灌溉水中的氟含量也会对茶叶的氟含量产生直接影响,而且水环境中的氟含量受土壤和大气的影 响。潘如圭等^[21]认为植物对大气中的氟具有吸收和积累功能。高绪评等^[22]和梁月荣等^[23]的研究发现,茶叶氟富集量与来自砖瓦窑厂的大气氟污染浓度呈现高度的正相关。

据上述分析,茯砖茶氟含量超限值的原因主要为茶树自身特性以及生长环境两方面,茯砖多以高富集氟的粗老叶片为原料,茶树在生长过程中又难以避免吸收环境中的氟。原料的高氟含量以及在压制生产过程中无需对所有茶叶进行粉碎均质,致使最终的产品难以保证完全符合限量要求,生产企业需在原料的培育、选取上加强质量把控。

3.2 茯砖茶氟摄入过量风险较低

在本项目检测数据中,深圳市市售茯砖茶氟项目检测的合格率为 66.7%,仍有问题样品在售,但对于普通消费者而言,茯砖茶氟摄入过量风险较低。根据中国营养学会发布的《中国居民膳食营养素参考摄入量》,18~64 岁成人的氟元素可耐受最高摄入量为 3.5 mg/d,我国卫生行业标准 WS/T 87—2016《人群总摄氟量》规定 16 周岁以上的人群,每人每日总氟摄入量 ≤ 3.5 mg。按本次研究中氟含量最高一批次茯砖茶的检出值 939 mg/kg 计算,成年人一天内摄入超过 3.5 g 茶叶则可能出现氟含量摄入过量的风险。从日常饮茶的角度而言,消费者饮用茯砖茶的方法多为冲泡^[24-25],冲泡法的含氟量和水浸出物含量均低于实验采用的浸提法,茶叶中的氟并不能全部被水浸出来,水浸出氟量只占茶叶全氟量的约 30%,氟摄入过量的风险较低^[26-32],但需引起资深茯砖爱好者的注意,避免每日大量饮用,并在选购过程中尽量选择含氟量较低的茯砖茶。

3.3 产品执行标准需明确氟含量的限量要求

本研究中茯砖茶外包装明示的执行标准均为 GB/T 9833.3—2013《紧压茶第 3 部分:茯砖茶》,但 GB/T 9833 系列标准的内容未包括氟含量的检验方法和限量要求,其卫生指标规定污染物应符合 GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》的指标要求。

氟含量在 2005 版的 GB 2762 中被当做食品污染物进行限量管理,但在修订 2012 版的 GB 2762 时,取消了氟的限量规定。2012 版 GB 2762 的修订说明中提到“随着对氟研究的不断深入,国际上普遍不再将氟作为食品污染物管理。如对个别食品需要制定氟限量的,可以在风险评估的基础上,经研究论证后在相应的产品标准中予以管理。”目前,陕

西省卫生健康委员会 2021 年发布的 DBS 61/0006—2021《食品安全地方标准 泾阳茯茶》已增加污染物氟的限量指标(≤ 300 mg/kg),且检验方法明确指向 GB 19965—2005《砖茶含氟量》。

综上,本研究认为,在 GB 19965—2005 已明确氟含量限值的情况下,执行标准应明确指向,避免商家和消费者在对砖茶的品质进行考量时忽略氟含量这个安全性指标。

4 结论与展望

上述分析探究表明,深圳市市售茯砖茶的合格率高于全国饮茶型地氟病监测点总的砖茶氟含量合格率,但仍存在部分不符合国家强制标准的产品在售。部分茯砖茶的氟含量较高与其原材料的选取有关,因茶树易富集生长环境中的氟元素,且茯砖茶的原料多以含氟量高的黑毛茶树粗老枝叶为主。对于普通消费者而言,茯砖茶氟摄入过量风险较低。在 GB 19965—2005 已明确氟含量限值的情况下,有必要考虑我国砖茶的饮用特点,在产品标准中明确相关限值或指向强制性国标。

为进一步提升行业质量水平,提出以下几点建议:(1)建议生产厂家加强出厂品控,确保产品满足国家强制性标准的要求。由于氟含量与茶叶原料有关,建议尽量选择茶叶嫩叶为原料进行加工^[33-34],并结合原料产地的自然条件,引进科研成果,在茶树自然生产过程中进行科学的人为干预,控制茶树对环境中的氟元素的富集。(2)建议经营者严格查验供货者的产品合格证明文件,在每次购进货品时要求供货者提供砖茶氟含量的合格检验报告,确保每阶段购进的砖茶氟含量都经过合格检验,降低出售问题产品的风险。(3)建议市场监管部门加大抽检力度,扩大对各品类砖茶的监督检查,形成覆盖范围广、抽检频次高的监管形式,同时与检测技术机构积极合作,形成技术联动,增强抽检的靶向性,提升对整体茶叶市场的监管力度。

参考文献

- [1] 黄逢阳,李浩,冯玮,等.黑茶的抗肥胖功效及其作用机制研究进展[J].食品安全质量检测学报,2024,15(4):242-249.
HUANG FY, LI H, FENG W, *et al.* Research progress on the anti-obesity efficacy of dark tea and its mechanism of action [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(4): 242-249.
- [2] 次珍,郭敏,赵生成,等.乃东区饮茶型地方性氟中毒监测结果[J].预防医学,2020,32(7):720-722.
CI Z, GUO M, ZHAO SC, *et al.* Monitoring results of tea drinking endemic fluorosis in the eastern district [J]. China Pre Med J, 2020, 32(7): 720-722.
- [3] 杨阳.湖南茶叶氟含量研究[J].福建茶叶,2007(1):13-14.
YANG Y. Study on fluorine content in Hunan Tea [J]. Tea Fujian, 2007(1): 13-14.
- [4] 石旭东.茯砖茶氟含量状况调查及降氟措施研究[J].农产品加工,

- 2020(20): 65–67
SHI XD. Investigation of fluorine content in Fu zhuan Tea and study on fluoride reduction measures [J]. *Farm Prod Pro*, 2020(20): 65–67.
- [5] 张永利, 廖万有, 王焯军, 等. 湖北、湖南砖茶主产区茶园土壤有效氟的背景调查[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(1): 318–321, 446.
ZHANG YL, LIAO WY, WANG YJ, *et al.* Background investigation on available fluoride in tea garden soil in the main production areas of brick tea in Hubei and Hunan provinces [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2015, 43(1): 318–321, 446.
- [6] MCNEILL EF, MOSTAFAEI F, PIDRUCZNY A, *et al.* Correlation between fluorine content in tea and bone assessed using neutron activation analysis in a Canadian urban population [J]. *J Radioanal Nucl Chem*, 2016, 309(1): 389–395.
- [7] 张莉, 尹春艳, 余婷婷, 等. 砖茶氟含量现状分析与高质量发展路径探讨[J]. *中国茶叶*, 2024, 46(2): 37–43.
ZHANG L, YIN CY, YU TT, *et al.* Analysis of fluorine content in Brick tea and exploration of high quality development Path [J]. *China Tea*, 2024, 46(2): 37–43.
- [8] QUOCK LR, GAO XJ, CHAN TJ. Tea fluoride concentration and the pediatric patient [J]. *Food Chem*, 2012, 130(3): 615–617.
- [9] MAZUREK A, KOWALSKA G, STASIAK WM, *et al.* The influence of the preparation of tea infusion on the content of fluoride and the assessment of health risk for the consumer in Poland [J]. *Appl Sci*, 2023, 13(8). DOI: 10.3390/app13085075
- [10] 范淑玲. “十三五”期间我国地方性氟中毒防制现状[J]. *环境与职业医学*, 2020, 37(12): 1219–1223.
FAN SL. The current situation of endemic fluorosis prevention and control in China during the 13th Five Year Plan period [J]. *J Environ Occup*, 2020, 37(12): 1219–1223.
- [11] 赵亚倩, 张强, 蒲光兰. 饮茶型地方性氟中毒防治进展[J]. *中国地方病防治*, 2021, 36(6): 581–582.
ZHAO YQ, ZHANG Q, PU GL. Progress in the prevention and treatment of tea drinking endemic fluorosis [J]. *Chin J Cont End Dis*, 2021, 36(6): 581–582.
- [12] 陈敬, 吴刚, 曹佳能, 等. 2020—2022 年阿坝州饮茶型地氟病监测结果分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2024, 40(5): 528–534.
CHEN J, WU G, CAO JN, *et al.* Analysis of monitoring results of tea drinking type fluorosis in aba prefecture from 2020 to 2022 [J]. *J Pre Med Inform*, 2024, 40(5): 528–534.
- [13] 中国疾病预防控制中心地方病控制中心. 2021 年度全国饮茶型地方性氟中毒监测报告(摘要)[EB/OL]. [2023-09-07]. <https://www.hrbmu.edu.cn/dbzx/fzjc/dfxfzd.htm> [2024-09-07].
Chinese Center for Disease Control and Prevention, Center for Local Disease Control and Prevention 2021 National Monitoring Report on Local Fluorosis Caused by Drinking Tea (Abstract) [EB/OL]. [2023-09-07]. <https://www.hrbmu.edu.cn/dbzx/fzjc/dfxfzd.htm> [2024-09-07].
- [14] 李戎娟, 刘东娜, 李俊, 等. 氟离子选择电极法测定砖茶中氟含量的稳定性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(4): 1173–1178.
LI RJ, LIU DN, LI J, *et al.* Study on the stability of fluorine content in brick tea by fluoride ion selective electrode method [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1173–1178.
- [15] 吴远兰, 贺军辉, 高兵财, 等. 安化黑茶含氟量测定方法验证及氟含量现状分析[J/OL]. *茶叶通讯*, 1-7. [2024-07-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1106.S.20240326.1519.032.html>
WU YL, HE JH, GAO BC, *et al.* Validation of fluorine content determination method and analysis of fluorine content status in Anhua Black Tea [J/OL]. *J Tea Comm*, 1-7. [2022-07-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1106.S.20240326.1519.032.html>
- [16] 邢安琪, 武子辰, 徐晓寒, 等. 茶树富集氟的特点及其机制的研究进展[J]. *茶叶科学*, 2022, 42(3): 301–315.
XING ANQ, WU ZC, XU XH, *et al.* Research progress on the characteristics and mechanisms of fluoride enrichment in tea plants [J]. *J Tea Sci*, 2022, 42(3): 301–315.
- [17] HAORYANG W, TENG H, MINGHAN W, *et al.* Biochar addition to tea garden soils: Effects on tea fluoride uptake and accumulation [J]. *Biochar*, 2023, 5(1). DOI:10.1007/s42773-023-00220-2
- [18] 李丽霞. 茶树吸收富集氟的特性及初步调控研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008.
LI LX. Characteristics and preliminary regulation of fluorine absorption and enrichment in tea plants [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2008.
- [19] 马立锋. 茶树对氟吸收累积特性及降氟措施研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
MA LF. Study on the characteristics of fluoride absorption and accumulation in tea plants and fluoride reduction measures [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.
- [20] 赵晓宇, 李海蓉, 冯福建, 等. 我国主要砖茶中 FAI 等元素含量及其影响因素分析[J]. *农业环境科学学报*, 2007(3): 1040–1044.
ZHAO XY, LI HR, FENG FJ, *et al.* Analysis of the content and influencing factors of FAI and other elements in major brick teas in China [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2007(3): 1040–1044.
- [21] 潘如圭, 汪嘉熙, 柳福妹, 等. 城市大气氟化物与植物含氟量之间关系的研究[J]. *环境科学*, 1987(2): 28–31.
PAN RG, WANG JX, LIU FM, *et al.* Study on the relationship between urban atmospheric fluoride and plant fluoride content [J]. *Environ Sci*, 1987(2): 28–31.
- [22] 高绪评, 王萍, 王之让, 等. 环境氟迁移与茶叶氟富集的关系[J]. *植物资源与环境*, 1997(2): 44–48.
GAO XP, WANG P, WANG ZR, *et al.* The relationship between environmental fluoride migration and fluoride enrichment in tea [J]. *J Plant Res Environ*, 1997(2): 44–48.
- [23] 梁月荣, 傅柳松, 张凌云, 等. 不同茶类和产区茶叶氟含量研究[J]. *茶叶*, 2001(2): 32–34, 44.
LIANG YR, FU LS, ZHANG LY, *et al.* Study on fluorine content in tea from different tea types and production areas [J]. *J Tea*, 2001(2): 32–34, 44
- [24] 任春风. 茶叶中重金属铅和氟含量检测结果分析[J]. *福建经纺*, 2023(3): 11–16.
REN CF. Analysis of the detection results of heavy metal lead and fluoride

- content in tea [J]. *Light Textile Ind Fujian*, 2023(3): 11–16.
- [25] SILVA PDL, VENTURA PG, LESLIE A, *et al.* Safety evaluation of fluoride content in tea infusions consumed in the azores-a volcanic region with water springs naturally enriched in fluoride. [J]. *Biol Trace Element Res*, 2017, 179(1): 158–164.
- [26] 黄亚亚. 泾渭茯砖茶水溶性氟浸出量研究[J]. *食品科技*, 2013, 38(2): 83–86.
- HUANG YY. Study on the leaching amount of soluble fluoride in Jingwei Fu zhuan tea water [J]. *Food Sci Technol*, 2013, 38(2): 83–86.
- [27] RAJIV D, DIANA P, MAYA R, *et al.* Fluoride content in various types of tea used by tea stalls in Salem district-An *in vitro* cross sectional study [J]. *J Oral Maxillof Pathol: JOMFP*, 2023, 27(2): 328–332.
- [28] 李张伟, 高润芝. 5 种茶类茶叶中氟含量及茶氟浸出规律的试验研究[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(6): 510–512.
- LI ZW, GAO RZ. Experimental study on fluoride content and tea fluoride leaching law in five types of tea leaves [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2011, 39(6): 510–512.
- [29] DUO Z, XIAOQIONG X, XIAOLING W, *et al.* Monitoring fluorine levels in tea leaves from major producing areas in China and the relative health risk [J]. *J Food Comp Anal*, 2023, 1: 118.
- [30] YUNITA A, ZUHAIR A, MUHAMMAD A, *et al.* Determination of the fluoride content of malaysian commercial teas [J]. *Sci Dental J*, 2021, 5(2): 68–73.
- [31] ING ME, MAGNUSON BE, FRANTZ DL. Fluoride content in Asian produced green teas [J]. *J (Canadian Dental Ass)*, 2021, 1: 8713.
- [32] 章发盛, 黄静. 黄金杜仲茯茶中氟含量测定及安全性评价[J]. *农业与技术*, 2023, 43(5): 4–6.
- ZHANG FS, HUANG J. Determination and safety evaluation of fluoride content in *Eucommia ulmoides* tea [J]. *Agric Technol*, 2023, 43(5): 4–6.
- [33] 曾姝莉, 向智宗, 胡巍, 等. 茶叶氟含量调查及初析[J]. *四川农业与农机*, 2022(3): 28–29.
- ZENG SL, XIANG ZZ, HU W, *et al.* Investigation and preliminary analysis of fluorine content in tea [J]. *Sichuan Agric Agric Mach*, 2022(3): 28–29.
- [34] 张正光, 蔡海鸣, 喻杰, 等. 安化黑茶氟含量研究[J]. *现代食品*, 2023, 29(12): 180–182.
- ZHANG ZG, CAI HM, YU J, *et al.* Study on fluorine content in Anhua black tea [J]. *Mod Food*, 2023, 29(12): 180–182.

(责任编辑: 蔡世佳 韩晓红)

作者简介

李莹莹, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全与质量管理。
E-mail: 649446659@qq.com