

青砖茶原料采收方式与嫩度对茶叶氟含量及品质的影响

朱珺语^{1,2}, 春晓娅^{1,2}, 倪德江^{1,2*}, 甘多平^{3*}, 陈玉琼^{1,2}, 金 莉³,
余 志^{1,2}, 张 德^{1,2}, 李玉川^{1,2}

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 农业农村部华中都市农业重点实验室, 武汉 430070;
3. 湖北省赵李桥茶厂有限责任公司, 咸宁 437300)

摘 要: 目的 探究青砖茶原料采收方式与嫩度对茶叶氟含量及品质的影响, 探索有效降低青砖茶氟含量的青砖茶原料采收新技术。**方法** 选择 3 个不同地点的茶园对比分析青砖茶采收方式对氟含量的影响, 通过感官评价和理化指标检测分析不同嫩度原料加工青砖茶的品质差异。**结果** 在传统采收方式下, 3 个试验茶厂 7 月和 11 月每轮次茶叶氟含量平均都在 600 mg/kg 以上。新的采收方式将传统的采收两轮改为四轮。随着采收轮次的增加(即采收时期的推移), 茶叶氟含量呈现下降趋势, 新采收方式的茶叶氟含量显著低于传统方式 22%~51%。不同枝梢部位含氟量有极显著差异。随着嫩度的下降, 氟含量呈先升后降的趋势, 以红茎后段的含量最高, 绿茎的含量最低。青砖茶感官品质分析表明, 随着嫩度的下降, 外形调匀度、汤色黄色度下降; 带灰白色茎梗的原料加工的成品茶粗老气味较重, 滋味较淡薄, 提示青砖茶原料并非越老越好。理化分析结果表明, 随着嫩度的下降, 水浸出物、茶多酚及其氧化产物、氨基酸、可溶性糖含量呈降低趋势, 说明利用太老的原料加工青砖茶时不仅品质低下, 而且氟含量超标。**结论** 青砖茶原料宜控制在一定成熟度范围, 以成熟绿茎枝叶为宜, 生产上可以采取增加采制轮次、缩短生长期、提高采制嫩度等技术措施来有效降低茶叶中的氟含量。**关键词:** 青砖茶; 采收方式; 轮次; 鲜叶嫩度; 氟; 品质

Effects of different harvesting methods and tenderness of fresh leaf on fluorine content and quality of Qingzhuan tea

ZHU Jun-Yu^{1,2}, CHUN Xiao-Ya^{1,2}, NI De-Jiang^{1,2*}, GAN Duo-Ping^{3*}, CHEN Yu-Qiong^{1,2},
JIN Li³, YU Zhi^{1,2}, ZHANG De^{1,2}, LI Yu-Chuan^{1,2}

(1. College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Key Laboratory of Urban Agriculture in Central China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan 430070, China;
3. Hubei Zhaoliqiao Tea Factory Co., Ltd., Xianning 437300, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of raw material harvesting methods and tenderness on fluorine

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1000401)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2021YFD1000401)

*通信作者: 倪德江, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶加工与功能。E-mail: nidj@mail.hzau.edu.cn

甘多平, 高级工程师, 主要研究方向为青砖茶技术工作。E-mail: 2774953990@qq.com

*Corresponding author: NI De-Jiang, Ph.D, Professor, College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China. E-mail: nidj@mail.hzau.edu.cn

GAN Duo-Ping, Senior Engineer, Hubei Zhaoliqiao Tea Factory Co. Ltd., Xianning 437300, China. E-mail: 2774953990@qq.com

content and quality of Qingzhuan tea, and explore new technology of raw material harvesting for effectively reducing the fluorine content of Qingzhuan tea. **Methods** Three tea gardens in different locations were selected to compare and analyze the influence of the harvesting methods on the fluorine content, and the quality difference of Qingzhuan tea processed with different-tenderness fresh leaf through sensory evaluation and physicochemical index detection analysis. **Results** Through the traditional harvesting method, the fluorine content of tea processed in each round of the 3 experimental tea factories in July and November was more than 600 mg/kg on average. The traditional 2 harvesting rounds were changed into 4 rounds as a new harvesting method. With the increase of harvesting cycles (namely the time of harvest), the fluorine content of tea exhibited an downward trend, and the fluorine content of tea in the new harvesting mode was significantly lower than that in the traditional mode by 22%–51%. There was a very significant difference in fluorine content of different parts of treetops. With the decrease of tenderness, the fluorine content showed a trend of increasing first and then decreasing, with the highest content in the rear segment of red stem and the lowest content in green stem. The sensory quality analysis of Qingzhuan tea showed that the appearance uniformity and the yellow degree of soup color decreased with the decrease of tenderness; the tea processed from raw materials with gray-white stems had a heavy grassy smell and a thin taste, indicating that the raw material of Qingzhuan tea was not as old as possible. Physical and chemical analysis showed that the content of water extract, tea polyphenols and their oxidation products, amino acids and soluble sugar decreased with the decrease of tenderness, which indicated that the quality of Qingzhuan tea processed with too old raw materials was not only poor, but also the fluorine content exceeded the standard. **Conclusion** The raw materials of Qingzhuan tea should be controlled within a certain maturity range, and the branches and leaves with mature green stems are appropriate. In production, technical measures including increasing the number of picking rounds, shortening the growth period, and improving the picking tenderness can be taken to effectively reduce the fluorine content in tea.

KEY WORDS: Qingzhuan tea; harvesting method; rounds; fresh leaf tenderness; fluorine; quality

0 引言

青砖茶是我国重要的黑茶品类, 起源于湖北赤壁, 现已扩大到咸宁、黄冈、宜昌和恩施等主要产区。青砖茶具有减肥降脂、调节胃肠道、抑制糖吸收等功效, 除了传统的边销市场外, 近年来在内地市场广受欢迎^[1-2]。氟是影响黑茶饮用安全性的主要因素。人体长期饮用氟含量太高的黑茶会导致氟斑牙、氟骨症等多种疾病的发生^[3]。如何控制黑茶中氟含量一直是黑茶生产上备受关注的主要问题^[4]。在传统的黑茶生产中, 要求原料有一定成熟度。如四川康砖、湖南茯砖、湖北青砖等均要求鲜叶原料要达到乌巖白梗红脚的要求^[5-7]。然而, 大部分原料要求仅仅是根据生产经验得来, 尚缺乏系统的理论支持^[8]。近年来, 有文献报道从选育低氟茶树品种^[9]、细嫩采摘^[10]、原料水洗^[11]、专用微生物发酵^[12]等途径降低黑茶中氟含量。如陈瑞鸿等^[13]分析了乌牛早、浙农 138 等 31 个茶树品种的氟含量, 发现品种间氟含量存在差异性, 其中乌牛早含量较高, 浙农 138 较低, 前者为后者的 2.7 倍。春晓亚等^[14]研究水洗对揉捻叶氟含量的影响, 并提出揉捻叶用室温水洗 1~2 min, 既能显著降低氟含量, 又可以最大限度地保留其有效成分。

有关青砖茶氟含量及嫩度对品质影响的研究较少, 本课题组经比较后发现, 不同茶树品种和不同嫩度原料加

工的青砖茶氟含量存在差异^[15-16], 如何通过利用采摘方式来控制原料嫩度, 以达到既能降氟, 又不影响茶叶品质的研究鲜见报道, 且目前关于采收轮次和嫩度对于降低青砖茶氟含量的研究还不够深入。基于此, 本研究选择 3 个不同地点的茶园对比分析青砖茶采收方式对氟含量的影响, 通过感官评价和理化指标检测分析不同嫩度原料加工青砖茶的品质差异, 指导区域青砖茶降氟、控氟提供有效的技术手段和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验材料: 不同嫩度原料来自华中农业大学校内教学基地, 品种为福鼎大白茶, 一年生枝梢; 不同采收方式原料来自赤壁市望夫山茶场、赤壁市石人泉茶场和赤壁市砂子岭茶场, 品种为福鼎大白群体种。

Na_2HPO_4 、 KH_2PO_4 、酒石酸钾钠、茛三酮、碱式乙酸铅、硫酸、乙酸、乙酸钠、柠檬酸三钠、硫酸亚铁、 NaHCO_3 [分析纯, 中国医药(集团)上海化学试剂公司]。

1.2 仪器与设备

Varian 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); 722S 型可见分光光度计(上海精密科学仪器有限公司); Orion 4star

型氟离子电极(美国 Thermo 公司); HH-S6 型数显恒温水浴锅(江苏国华仪器设备厂); DHG-9246A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); RXZ-328Z 型人工气候箱(宁波江南仪器厂)。

1.3 方法

嫩度处理: 将枝条采摘下, 以茎的色泽分成绿梢、红茎前段、红茎后段、灰白茎前段、灰白茎后段几部分, 并从中取出部分材料将茎、叶分离, 分别蒸青固样, 在 80℃烘箱中烘干, 粉碎过 40 目筛待用。

采收方式处理: 3 个试验点均采用采茶机机采, 传统方式采收 2 轮, 新方式采收 4 轮, 采收标准为形成驻芽的三至五叶。3 个试验茶园管理水平基本一致, 施肥以尿素和硫酸铵为主, 部分农家肥。

茶叶加工方法: 绿梢、红茎、灰白茎 3 个嫩度原料分别用 110 型八角滚筒杀青机杀青、55 型揉捻机揉捻、整形平台烘干, 加工成青砖茶绿毛茶, 然后每个处理取绿毛茶 2.5 kg, 用洒水器喷洒加水, 使茶坯含水量达到 38%, 然后置于人工气候箱, 在温度 45℃、湿度 85%条件下渥堆, 时间 15 d^[17]。中途每 3 d 翻堆 1 次。渥堆叶在整形平台(温度 80℃)上烘干, 制成青砖茶原料。重复 3 次。

1.4 指标测定

茶叶审评采用黑茶审评法^[18]。水浸出物采用全量法测定, 茶多酚采用酒石酸亚铁比色法测定, 氨基酸采用茚三酮比色法测定, 可溶性糖采用硫酸蒽酮比色法测定, 茶红素、茶黄素、茶褐素含量的测定采用系统检测法^[19]。水溶

性氟采用氟离子电极选择法测定^[20]。咖啡碱及儿茶素组分测定采用高效液相色谱法^[18]。

1.5 数据处理

单位为百分数的数据在进行方差分析时作反正弦转换; 数据处理分析采用 Excel 2003 和 SAS 软件包; 通过 SPSS Statistics 20 软件 Duncan 检验分析对数据进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 青砖茶原料不同采收方式对氟含量的影响

青砖茶传统采收方式一般为两次机采或刀割。从表 1 可以看出, 在传统采收方式下, 3 个茶厂 7 月和 11 月每轮次茶叶氟含量平均都在 600 mg/kg 以上(国家标准规定砖茶允许含氟量不超过 300 mg/kg)。将采收方式改为分批多次机采。在 5、7、9、11 月, 随着采收时期的推移, 茶叶氟含量呈现上升趋势, 如赤壁市望夫山茶场, 5、7、9、11 月茶叶氟平均含量分别为 343.4、392.1、450.9、485.7 mg/kg。对比两种采收方式, 新方式采收的茶叶氟含量明显低于传统方式。砂子岭茶场 7 月和 11 月采收的茶叶中, 新方式较传统方式茶叶氟含量平均下降 39%和 51%。同样, 望夫山茶场 7 月和 11 月采收的茶叶新方式较传统方式茶叶氟含量平均下降 42%和 29%; 石人泉茶场 7 月和 11 月采收的茶叶中, 新方式较传统方式茶叶氟含量平均下降 47%和 22%。茶树氟的吸收和累积量与生长期有关, 由此说明, 增加采收轮次缩短了新梢生长时间, 采收新方式能显著降低青砖茶氟含量。

表 1 鲜叶不同采收方式对青砖茶原料氟含量的影响(mg/kg)
Table 1 Effect of different harvesting methods of fresh leaves on fluorine content of Qingzhuan tea raw materials (mg/kg)

地点	采收方式	采收轮次	采收时间	最高值	最低值	平均值
赤壁市 望夫山茶场	传统方式	1	7 月 10 日	798	573	671.6
		2	11 月 16 日	798	563	684.3
	新方式	1	5 月 4 日至 15 日	546	193	343.4
		2	7 月 5 日至 15 日	536	301	392.1
		3	9 月 6 日至 16 日	767	307	450.9
		4	11 月 6 日至 16 日	798	277	485.7
	传统方式	1	7 月 12 日	805	586	695.7
		2	11 月 20 日	1150	767	879.9
赤壁市 砂子岭茶场	新方式	1	5 月 7 日至 17 日	526	182	338.5
		2	7 月 7 日至 17 日	674	235	424.1
		3	9 月 7 日至 17 日	674	246	428.9
		4	11 月 7 日至 17 日	665	314	434.8
赤壁市 石人泉茶场	传统方式	1	7 月 15 日	792	593	685.1
		2	11 月 18 日	798	546	681.4
	新方式	1	5 月 8 日至 18 日	448	217	352.9
		2	7 月 8 日至 18 日	468	255	363.7
		3	9 月 8 日至 18 日	643	344	456.2
		4	11 月 8 日至 18 日	792	413	530.1

注: 所述原料为干毛茶, 每个时间点样品数量 15~20 个。

2.2 不同成熟度原料对青砖茶氟含量与主要品质成分的研究

从成熟度来看, 机采鲜叶老嫩不均匀, 一般含有绿色茎梗、红色茎梗、甚至灰白色茎梗枝叶, 其成熟度高低依次为灰白色茎梗枝叶>红色茎梗枝叶>绿色茎梗枝叶。为了探明不同成熟度鲜叶的氟和品质情况, 本研究分析了一年生枝梢上不同部位及相应部位茎、叶的氟含量、水浸出物、茶多酚、儿茶素、氨基酸、可溶性糖、咖啡碱的含量变化(表 2)。结果表明, 枝梢不同部位含氟量有极显著差异, 随着部位的升高, 枝梢嫩度提高, 氟含量呈先升后降的趋势, 以红茎后段的含量最高, 顶部绿梢含量最低; 枝梢的氟含量主要分布在叶中; 各部位叶中氟含量随枝梢部位上升而下降, 以灰白茎前段含量最高; 而茎中梗氟含量则随部位的上升而升高。整枝梢、叶、茎中水浸出物、茶多酚、儿茶素、氨基酸、可溶性糖、咖啡碱的含量基本都随枝梢部位的上升呈升高的趋势, 表现出原料嫩度越好, 内含成分越高(表 3~5)。因此, 青砖茶在选择原料时应注意少取红茎后段以下部位的成熟叶, 避免成品茶氟含量超标。

表 2 茶叶枝梢不同部位氟含量 Table 2 Fluorine content in different parts of tea treetop			
不同部位	全枝条	枝条中叶	枝条中梗
绿梢	283.52±9.68 ^{Dd}	351.44±11.66 ^{Dd}	55.87±20.68 ^{Aa}
红茎前段	472.42±6.42 ^{Bb}	698.33±40.68 ^{Cc}	39.39±5.22 ^{Bb}
红茎后段	559.53±36.89 ^{Aa}	874.34±23.74 ^{Bb}	34.56±6.93 ^{Bcc}
灰白茎前段	426.57±21.96 ^{Bb}	1011.62±34.00 ^{Aa}	30.14±4.32 ^{Bcc}
灰白茎后段	458.32±44.31 ^{Cc}	948.18±49.08 ^{Bb}	30.68±3.27 ^{Cc}

注: 采用 LSD 法进行多重比较, 同一列中不同大写字母表示差异极显著, $P<0.01$, 不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$, 下同。

2.3 不同嫩度原料加工青砖茶的品质差异分析

在上述原料氟含量和基本品质成分含量分析基础上, 进一步探讨不同嫩度原料加工青砖茶品质情况, 结果如表 6 所示。由表 6 的感官品质结果可知, 随着嫩度的下降, 干茶外形梗含量增多, 色泽褐色程度下降, 调匀度下降。随着嫩度的下降, 汤色黄色度下降, 尤其是绿茎+红茎+灰白茎枝叶加工的青毛茶尤为明显。从香气品质看, 在一定成熟度范围, 加工的青砖茶均有陈香, 而且以绿茎+红茎枝叶为最优, 但带灰白色茎梗的原料明显显露出粗老气味,

表 3 全枝条主要品质成分分析表 Table 3 Analysis of main quality components of different parts of tea treetop					
不同部位	茶多酚/%	氨基酸/%	可溶性糖/%	水浸出物/%	咖啡碱/(mg/g)
绿梢	17.57±0.33 ^{Aa}	2.54±0.06 ^{Aa}	3.60±0.04 ^{Aa}	39.32±1.72 ^{Aa}	12.20±1.01 ^{Aa}
红茎前段	13.43±0.49 ^{Bb}	2.37±0.06 ^{Aab}	3.38±0.12 ^{Bb}	32.26±1.24 ^{Bb}	10.34±1.22 ^{Ab}
红茎后段	11.15±0.07 ^{Cc}	2.17±0.15 ^{Ab}	3.28±0.03 ^{Bbc}	28.51±2.01 ^{Cc}	6.99±0.35 ^{Bc}
灰白茎前段	8.22±0.24 ^{Dd}	1.88±0.2 ^{BCc}	3.20±0.03 ^{Bc}	23.65±1.53 ^{Dc}	6.22±0.44 ^{Bc}
灰白茎后段	8.23±1.15 ^{Dd}	1.76±0.17 ^{Cc}	3.18±0.1 ^{Bc}	24.65±2.11 ^{Dd}	6.48±1.04 ^{Bc}

表 4 枝条中叶的主要品质成分分析表 Table 4 Analysis of the main quality components of the leaves in tea treetop					
不同部位	茶多酚/%	氨基酸/%	可溶性糖/%	水浸出物/%	咖啡碱/(mg/g)
绿梢	18.63±0.23 ^{Aa}	2.23±0.01 ^{Aa}	3.45±0.17	38.04±2.58 ^{Aa}	17.97±1.55
红茎前段	16.96±0.20 ^{ABab}	1.98±0.04 ^{Bb}	3.46±0.05	34.97±2.24 ^{Bb}	17.86±1.62
红茎后段	16.70±2.05 ^{ABb}	1.88±0.01 ^{Cc}	3.46±0.07	34.23±1.86 ^{BCb}	16.61±1.05
灰白茎前段	14.17±0.28 ^{Cc}	1.84±0.02 ^{CDd}	3.60±0.15	32.51±1.77 ^{Cc}	16.04±1.32
灰白茎后段	15.78±0.30 ^{BCbc}	1.79±0 ^{De}	3.49±0.16	32.20±1.45 ^{Cc}	16.07±0.98

表 5 枝条中茎的主要品质成分分析表 Table 5 Analysis of main quality components of stems in tea treetop					
不同部位	茶多酚/%	氨基酸/%	可溶性糖/%	水浸出物/%	咖啡碱/(mg/g)
绿梢	13.31±1.10 ^{Aa}	3.48±0.15 ^{Aa}	3.48±0.13 ^{Aa}	32.23±1.66 ^{Aa}	6.71±1.22 ^{Aa}
红茎前段	6.55±0.10 ^{Bb}	2.49±0.23 ^{Bb}	3.19±0.17 ^{ABab}	19.83±1.06 ^{Bb}	3.39±0.54 ^{Bb}
红茎后段	4.40±0.31 ^{Cc}	1.89±0.15 ^{Cc}	3.07±0.28 ^{ABb}	18.11±1.87 ^{Bc}	1.89±0.32 ^{Cc}
灰白茎前段	3.52±0.42 ^{CDd}	1.45±0.04 ^{Dd}	2.91±0.21 ^{Bb}	15.30±1.02 ^{Cd}	1.53±0.25 ^{Dd}
灰白茎后段	3.34±0.27 ^{Dd}	1.27±0.01 ^{Dd}	2.91±0.18 ^{Bb}	14.14±1.41 ^{Cc}	1.47±0.21 ^{Dd}

表 6 不同嫩度处理对青砖茶感官品质的影响
Table 6 Effects of tenderness on organoleptic appreciation of Qingzhuan tea

嫩度	绿茎枝叶	绿茎+红茎枝叶	绿茎+红茎+灰白茎枝叶
干茶外形	棕褐, 调匀 88	尚棕褐, 尚调匀, 多梗 84	尚棕褐, 多梗 82
汤色	橙黄 85	橙黄 84	尚橙黄 82
香气	陈香较高 88	陈香高 91	陈香较高, 略粗 86
滋味	醇和 84	醇和 84	尚醇和, 略淡 81
叶底	红褐, 调匀 88	红褐, 较调匀 87	红褐, 尚调匀, 略粗硬 85
总分	86.5	86.4	83.2

注: 表中数据为单项审评得分, 满分为 100, 加权评分按外形 20%、汤色 10%、香气 30%、滋味 30%、叶底 10%计算。

说明原料太粗老也不利于青砖茶香气品质的形成。从滋味品质看, 在一定成熟度范围, 加工的青砖茶表现为醇和的品质, 但带灰白色茎梗的原料则滋味比较淡薄, 同样说明原料太粗老也不利于青砖茶滋味品质的形成。从叶底看, 带灰白色茎梗的原料叶底较粗硬, 品质下降。综合得分情况也说明带灰白色茎梗的原料分数明显低于绿茎枝叶和绿茎+红茎枝叶。上述分析说明, 青砖茶原料并非越老越好, 以绿色或绿色+红色茎梗枝叶原料为宜。

随着嫩度的下降, 成茶水浸出物、茶多酚、氨基酸、可溶性糖含量呈降低趋势(表 7), 其中绿色茎梗和绿色+红色茎梗的水浸出物和多酚含量差异显著, 但氨基酸和可溶性糖含量差异不显著。绿茎+红茎+灰白茎枝叶的水浸出物、茶多酚、氨基酸、可溶性糖含量均显著低于绿茎枝叶和绿茎+红茎枝叶。分析多酚氧化产物结果可知, 茶黄素、茶红素、茶褐素含量随嫩度下降而降低, 不同嫩度间除了绿茎+红茎枝叶和绿茎+红茎+灰白茎枝叶的茶红素不显著外, 其他处理均达到极显著水平。这说明, 利用太老的原料加工青砖茶时滋味比较淡薄, 这与感官审评结果相一致。

表 7 不同嫩度处理对青砖茶水浸出物及各成分的影响(%)
Table 7 Effects of tenderness on the main biochemical compositions of Qingzhuan tea (%)

嫩度	绿茎枝叶	绿茎+红茎枝叶	绿茎+红茎+灰白茎枝叶
水浸出物	32.13±2.32 ^{Aa}	22.42±1.82 ^{Bb}	17.54±1.47 ^{Cc}
茶多酚	5.64±0.04 ^{Aa}	2.26±0.23 ^{Bb}	1.85±0.06 ^{Cc}
氨基酸	1.31±0.04 ^{Aa}	1.25±0.08 ^{Aa}	0.75±0.11 ^{Bb}
可溶性糖	2.66±0.12 ^{Aa}	2.54±0.15 ^{Aa}	1.96±0.20 ^{Bb}
茶黄素	0.46±0.03 ^{Aa}	0.25±0.07 ^{Bb}	0.18±0.02 ^{Cc}
茶红素	7.14±0.34 ^{Aa}	6.05±0.47 ^{Bb}	5.21±0.57 ^{Bb}
茶褐素	21.64±0.42 ^{Aa}	16.67±0.65 ^{Bb}	11.45±0.44 ^{Cc}

注: 采用 LSD 法进行多重比较, 同一行中不同大写字母表示差异极显著, $P<0.01$, 不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$ 。

3 讨论与结论

包括青砖茶在内的黑茶要求原料鲜叶有一定成熟度,

至少要求“收巔红梗”^[21]。然而, 成熟度对氟含量影响较大, 已有不少文献报道随鲜叶嫩度下降, 茶叶氟呈现累积趋势^[22-24]。为降低饮茶型地氟病病区居民砖茶氟摄入量, 保护病区居民健康, 国家标准中限定砖茶允许含氟量 $\leq 300\text{ mg/kg}$, 因此黑茶原料不能太老, 以适度成熟度为宜, 否则氟含量超标^[25-26]。完全成熟的茶树新梢一般包括绿茎、红茎和灰白茎三段, 成熟度大小依次为灰白茎>红茎>绿茎^[27]。本研究首次分段分析了不同部位枝叶氟含量, 氟含量高低依次为红茎(465.04~602.13 mg/kg)>灰白茎(451.92~407.15 mg/kg)>绿茎(294.70 mg/kg), 但就叶片而言, 氟含量高低为灰白茎(985.12~891.83 mg/kg)>红茎(672.58~901.02 mg/kg)>绿茎(341.54 mg/kg)。造成叶片和枝叶氟含量趋势有差异的原因主要是灰白茎比红茎粗大, 单位重量下茎的比例大, 而且梗茎中氟含量低, 因而导致氟含量比红茎枝叶的略低^[28]。本研究枝叶和叶中氟含量分析结果揭示出成熟度高的原料茶叶中氟的含量就高, 利用红茎和灰白茎枝叶加工青砖茶, 氟含量会超标。因此, 如何采取措施降低青砖茶原料嫩度显得十分必要。

从田间生产来看, 降低氟含量的途径有选择低氟茶树品种^[13]、使用降氟肥料及调节剂^[29-30]等。对于已建成的茶园来说, 控制采摘嫩度显得更为实际, 操作性更强。本研究首次探讨采摘方式对于氟含量的影响, 发现随着采制期的延长, 茶叶中的氟含量呈现显著上升的趋势, 说明采摘两轮间的间隔期长会促进枝叶成熟度的提高, 从而使得氟含量大幅上升。因此, 生产上可以采取“增加采制轮次、缩短生长期、提高采制嫩度”的技术措施来有效降低茶叶中的氟含量。本研究建立的这一技术在赤壁、咸宁、恩施、黄冈等茶区已推广应用十余年, 取得显著的经济和社会效益。

值得注意的是, 降低原料嫩度是否对青砖茶品质有影响, 一直是生产上争论的问题。前期课题组的研究发现, 利用一芽四五叶的原料加工青砖茶, 品质优于甚至超过成熟度高的原料^[18]; 进一步的研究显示, 提高原料嫩度并不会降低青砖茶改善肠道的功能^[31-32]。本研究发现, 随着嫩度的下降, 内含品质成分含量下降; 以绿茎和绿茎+红茎

成熟枝叶加工的青砖茶, 品质差异并不大; 相反, 以绿茎+红茎+灰白茎成熟度最大的枝叶加工的青砖茶滋味单薄, 香气带粗气, 品质明显下降。这一结果说明, 在一定成熟度范围, 青砖茶的品质不仅不会降低, 而且氟的含量会大幅下降, 有利于控制氟超标问题。

参考文献

- [1] 陈玉琼, 张伟, 倪德江, 等. 湖北青砖茶辅助降血脂作用及其抗氧化效果[J]. 茶叶科学, 2010, 30(2): 124–128.
CHEN YQ, ZHANG W, NI DJ, *et al.* Study on the hypolipidemic effect and antioxidative activity of Hubei Qingzhuan tea [J]. J Tea Sci, 2010, 30(2): 124–128.
- [2] 唐飞, 艾于杰, 张善明, 等. 不同年份青砖茶改善小鼠胃肠道功能的研究[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(1): 82–88.
TANG F, AI YJ, ZHANG SM, *et al.* Effect of storage time of dark brick tea on improving gastrointestinal function in mice [J]. J Huazhong Agric Univ, 2018, 37(1): 82–88.
- [3] 苏丹, 张豪杰, 温晓菊, 等. 一种黑茶不同提取物中氟生物有效性研究[J]. 茶叶科学, 2021, 41(6): 843–853.
SU D, ZHANG HJ, WEN XJ, *et al.* Study on bioavailability of fluorine in different extracts of a dark tea [J]. J Tea Sci, 2021, 41(6): 843–853.
- [4] 黄鑫, 宋晓维, 陈玉琼. 茶树吸收富集氟的机制研究进展[J]. 茶叶科学, 2016, 36(6): 551–556.
HUANG X, SONG XW, CHEN YQ. Advances in fluorine absorption and accumulation mechanisms in tea plant [J]. J Tea Sci, 2016, 36(6): 551–556.
- [5] 罗学平. 四川黑茶降氟技术与理论的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2007.
LUO XP. Study on the technology and theory of reducing fluorine in Sichuan black tea [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2007.
- [6] LIU S, YU Z, ZHU H, *et al.* *In vitro* α -glucosidase inhibitory activity of isolated fractions from water extract of Qingzhuan dark tea [J]. BMC Complem Altern M, 2016, 16(1): 378.
- [7] 孙胜利. 认知茯砖茶[J]. 中国茶叶, 2017, 39(10): 34.
SUN SL. Cognition Fuzhuan tea [J]. China Tea, 2017, 39(10): 34.
- [8] 施兆鹏. 茶叶加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
SHI ZP. Tea processing study [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [9] 包小村. 茶叶最新降氟科技成果[J]. 湖南农业, 2020, (6): 17.
BAO XC. The latest fluoride reduction scientific and technological achievements in tea [J]. Hunan Agric, 2020, (6): 17.
- [10] 朱晓芳, 胡歆, 丁帅涛, 等. 茶树氟特性及控氟技术的研究进展[J]. 茶叶通讯, 2022, 49(4): 438–442.
ZHU XF, HU Q, DING ST, *et al.* Research progress on fluorine characteristics and fluorine control technology of tea tree [J]. Tea Commun, 2022, 49(4): 438–442.
- [11] 张岭苓, 肖益平, 彭龙, 等. 一种降低茶叶氟含量的茶叶制备方法: 中国, CN110353058B[P]. 2021-08-06.
ZHANG LL, XIAO YP, PENG L, *et al.* A tea preparation method that reduces the fluoride content of tea: China, CN110353058B [P]. 2021-08-06.
- [12] 许永立, 赵运林, 刘石泉, 等. 冠突散囊菌降低黑茶氟含量的研究进展[J]. 江西农业学报, 2011, 23(10): 125–127.
XU YL, ZHAO YL, LIU SQ, *et al.* Research progress on reducing fluoride content of black tea by *Cystis coronatus* [J]. Jiangxi J Agric Sci, 2011, 23(10): 125–127.
- [13] 陈瑞鸿, 梁月荣, 陆建良, 等. 茶树对氟富集作用的研究[J]. 茶叶, 2002, 28(4): 187–190.
CHEN RH, LIANG YR, LU JL, *et al.* Studies on fluorine enrichment in tea plant (*Camellia sinensis*) [J]. Tea, 2002, 28(4): 187–190.
- [14] 春晓亚, 陈玉琼, 倪德江, 等. 水洗对砖茶揉捻叶氟含量及主要品质成分的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(12): 2453–2455.
CHUN XY, CHEN YQ, NI DJ, *et al.* Effects of rolling tea leaves with washing water on fluorine and quality components [J]. Hubei Agric Sci, 2011, 50(12): 2453–2455.
- [15] 殷雨心, 陈玉琼, 焦远方, 等. 不同茶树品种原料对青砖茶品质的影响[J]. 茶叶科学, 2021, 41(1): 48–57.
YIN YX, CHEN YQ, JIAO YF, *et al.* Effects of raw materials from different tea cultivars on green brick tea quality [J]. J Tea Sci, 2021, 41(1): 48–57.
- [16] 刘璇, 殷雨心, 李天吉, 等. 原料嫩度差异对青砖茶品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(2): 237–244.
LIU X, YIN YX, LI TJ, *et al.* Effects of raw materials with different tenderness on quality of Qingzhuan tea [J]. J Huazhong Agric Univ, 2021, 40(2): 237–244.
- [17] LI YC, HAO J, ZHOU JT, *et al.* Pile-fermentation of dark tea: Conditions optimization and quality formation mechanism [J]. LWT-Food Sci Technol, 2022, 166: 113753.
- [18] 李玉川, 董晨, 陈玉琼, 等. 优质青砖茶渥堆工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(14): 4431–4438.
LI YC, DONG C, CHEN YQ, *et al.* Pile-fermentation conditions optimization of high-quality Qingzhuan tea [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(14): 4431–4438.
- [19] 钟蓓. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
ZHONG L. Analysis of tea quality [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1989.
- [20] 陈玉琼, 倪德江, 春晓亚, 等. 不同杀青方式对青砖茶原料氟含量的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(6): 1193–1195.
CHEN YQ, NI DJ, CHUN XY, *et al.* Effects of different fixation ways on the fluoride content of Qingzhuan tea material [J]. Hubei Agric Sci, 2011, 50(6): 1193–1195.
- [21] ZHOU DR, CHEN YQ, NI DJ. Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts [J]. Food Chem, 2009, 113(1): 110–114.
- [22] 沙济琴, 郑达贤. 茶树黄旦对氟的生物积累特征[J]. 福建茶叶, 1993, (3): 25–28.
SHA JQ, ZHENG DX. Bioaccumulation characteristics of fluoride in tea plant (Huangdan) [J]. Fujian Tea, 1993, (3): 25–28.
- [23] 刘思怡, 朱晓静, 房峰祥, 等. 茶树叶片氟亚细胞分布及其与细胞壁结

- 合特性的研究[J]. 茶叶科学, 2018, 38(3): 305–312.
- LIU SY, ZHU XJ, FANG FX, *et al.* Fluorine subcellular distribution and its combining characteristics with cell wall in tea leaves (*Camellia sinensis*) [J]. J Tea Sci, 2018, 38(3): 305–312.
- [24] LI C, CHEN Y. Effects of external calcium on the cell ultrastructure of tea plants under aluminium and fluoride stress [J]. Fluoride, 2018, 51(3): 243–251.
- [25] 阮建云, 杨亚军, 马立锋. 茶叶氟研究进展: 累积特性, 含量及安全性评价[J]. 茶叶科学, 2007, 27(1): 1–7.
- RUAN JY, YANG YJ, MA LF. Recent progress in the research on fluoride in tea: accumulation characteristics by plants and concentrations in products with regarding to the impact on human health [J]. J Tea Sci, 2007, 27(1): 1–7.
- [26] 陆龙根, 钱亚玲, 卢秀静, 等. 茶叶的高精度低氟标准物质的研制[J]. 卫生研究, 2000, 29(3): 192.
- LU LG, QIAN YL, LU XJ, *et al.* Preparation of high precision and low fluorine reference materials for tea [J]. J Hyg Res, 2000, 29(3): 192.
- [27] 骆耀平. 茶树栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- LUO JP. Tea cultivation study [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [28] 郝汉舟, 张文胜, 张丽雅, 等. 砖茶控氟研究述评[J]. 江西农业学报, 2022, 34(6): 14–22.
- HAO HZ, ZHANG WS, ZHANG LY, *et al.* Review of research on fluoride control of brick tea [J]. Acta Agric Jiangxi, 2022, 34(6): 14–22.
- [29] 张永利, 廖万有, 王焯军, 等. 添加含钙化合物对茶园土壤 pH 及有效氟的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(1): 132–137.
- ZHANG YL, LIAO WY, WANG YJ, *et al.* Influence of addition of calcium compounds on pH and available fluoride content in tea garden soil [J]. Chinese Agric Sci Bull, 2013, 29(1): 132–137.
- [30] 王凌霞, 付庆灵, 胡红青, 等. 湖北茶园茶叶氟含量及土壤氟分组[J]. 环境化学, 2011, 30(3): 662–667.
- WANG LX, FU QL, HU HQ, *et al.* Fluorine content in tea leaf and fluorine fractionation in soils of tea gardens in Hubei Province [J]. Environ Chem, 2011, 30(3): 662–667.
- [31] 苏丹, 唐飞, 张善明, 等. 不同嫩度青砖茶改善小鼠胃肠道功能研究[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(14): 103–108.
- SU D, TANG F, ZHANG SM, *et al.* Effect of different tenderness of dark brick tea on improving gastrointestinal function in mice [J]. Hubei Agric Sci, 2021, 60(14): 103–108.
- [32] 李攀攀, 张豪杰, 黄鑫, 等. 茶叶中不同形态氟在大鼠体内的吸收代谢[J]. 中国食品学报, 2018, 18(7): 57–64.
- LI PP, ZHANG HJ, HUANG X, *et al.* Absorption and metabolism of different form fluorides of tea in rats [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(7): 57–64.

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

作者简介



朱琨语, 博士研究生, 主要研究方向为茶叶加工与品质调控。
E-mail: 316832705@qq.com



倪德江, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶加工与功能。
E-mail: nidj@mail.hzau.edu.cn



甘多平, 高级工程师, 主要研究方向为青砖茶技术工作。
E-mail: 2774953990@qq.com