

秭归丝绵茶鲜叶非挥发性成分及丝形态结构分析

刘璇^{1,2}, 李玉川^{1,2}, 宋育林³, 雷震东^{1,2}, 李艳³, 余志^{1,2}, 倪德江^{1,2}, 陈玉琼^{1,2,*}
(1. 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 华中农业大学, 湖北 武汉 430070;
2. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070; 3. 秭归县农业农村局, 湖北 宜昌 443600)

摘要: 为研究丝绵茶品质形成特点, 以秭归当地生产丝绵茶的茶树种‘丝绵土茶’6个嫩度部位叶片为研究对象, 通过超高效液相色谱飞行时间质谱、电感耦合等离子体发射光谱和扫描电子显微镜, 分析其非挥发性代谢成分、矿质元素、“丝”结构及数量特点。结果表明, 丝绵茶鲜叶中的非挥发性代谢成分在嫩度较高的叶位富集较多, 其中一叶和二叶(L1、L2)中氨基酸、生物碱、儿茶素和香气糖苷物质含量较高; 茶氨酸、有机酸和黄酮类在第三叶(L3)富集最多。而嫩度较低的五六叶中非挥发性成分含量相对较低。不同嫩度鲜叶原料积累的各种元素具有明显差异, 氮、磷、钾、锌和铜元素在嫩度较高的一、二叶位(L1、L2)含量较高, L1分别为32.41 mg/g、4.53 mg/g、15.65 mg/g、45.45 μg/g、10.75 μg/g, L2分别为30.60 mg/g、3.70 mg/g、14.12 mg/g、35.82 μg/g、9.02 μg/g; 而铁、锰和钙在成熟叶位含量较高。通过扫描电镜观察发现丝绵茶鲜叶中“丝”结构包括三股卷曲和单股卷曲两种形式, 分布在主脉和侧脉的维管束木质部内螺纹或环纹导管; 且二、三、四叶中“丝”的数量较芽头和一叶多。

关键词: 丝绵茶; 嫩度; 非挥发性成分; 矿质元素; “丝”结构

Non-volatile Components and Filamentary Morphology of Fresh Leaves of Zigui Simian Tea

LIU Xuan^{1,2}, LI Yuchuan^{1,2}, SONG Yulin³, LEI Zhendong^{1,2}, LI Yan³, YU Zhi^{1,2}, NI Dejiang^{1,2}, CHEN Yuqiong^{1,2,*}

(1. National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Horticultural Crops,

Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. Zigui County Agricultural and Rural Bureau, Yichang 443600, China)

Abstract: To investigate the characteristics of quality formation of Simian tea, the non-volatile components, mineral elements and filamentary structure of fresh leaves from different positions of ‘Simian Tucha’ tea plants, endemic to Zigui, were analyzed using ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry (UPLC-Q-TOF-MS), inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), and scanning electron microscopy (SEM). The results showed that the non-volatile components were more abundant in the leaves with higher tenderness, with amino acids, alkaloids, catechins, and aroma glycosides being mainly concentrated in the first (L1) and second leaves (L2). Theanine, organic acids, and flavonoids were mainly concentrated in the third leaf (L3), while the content of non-volatile components in the older leaves was relatively lower. The accumulation of mineral elements greatly varied among tea leaves with different tenderness. The contents of nitrogen, phosphorus, potassium, zinc, and copper in L1 (32.41 mg/g, 4.53 mg/g, 15.65 mg/g, 45.45 μg/g, and 10.75 μg/g, respectively) and L2 (30.60 mg/g, 3.70 mg/g, 14.12 mg/g, 35.82 μg/g, 9.02 μg/g, respectively) were higher than those in older leaves. The contents of iron, manganese, and calcium were higher in mature leaves. Through SEM observation, it was found that the filamentary structure of Simian tea leaves consisted of two forms, triple-stranded coil and single-stranded coil, and was distributed in the internal thread or ringed

收稿日期: 2023-03-30

基金项目: 学校地方合作项目-丝绵茶研究项目(707119028)

第一作者简介: 刘璇(1996—)(ORCID: 0009-0009-0168-5279), 女, 硕士, 研究方向为茶叶品质安全。

E-mail: 897678054@qq.com

*通信作者简介: 陈玉琼(1968—)(ORCID: 0000-0002-3132-2024), 女, 教授, 博士, 研究方向为茶叶加工利用、茶叶安全。

E-mail: chenyc@mail.hzau.edu.cn

vessels of the xylem in the vascular bundles in the midvein and lateral veins, and the number of filamentary structures was higher in the second, third and fourth leaves than that in buds and L1.

Keywords: Simian tea; tenderness; non-volatile components; mineral elements; filamentary structure

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230330-309

中图分类号: TS272

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2024) 02-0268-06

引文格式:

刘璇, 李玉川, 宋育林, 等. 秭归丝绵茶鲜叶非挥发性成分及丝形态结构分析[J]. 食品科学, 2024, 45(2): 268-273.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230330-309. <http://www.spkx.net.cn>

LIU Xuan, LI Yuchuan, SONG Yulin, et al. Non-volatile components and filamentary morphology of fresh leaves of Zigui Simian tea[J]. Food Science, 2024, 45(2): 268-273. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230330-309. <http://www.spkx.net.cn>

茶叶作为世界重要饮品, 风味品质至关重要^[1]。大量研究表明, 茶叶品质受原料嫩度、品种及其栽种环境、加工工艺等因素影响较大, 其中鲜叶原料被认为是影响茶叶风味品质的主要因素^[2-3]。研究显示, 红茶滋味浓强、色泽红艳往往与大叶种茶树叶片富含多酚, 在加工过程中形成大量的茶黄素有关^[4]; 乌龙茶花香品质与铁观音等乌龙茶品种叶片富含的香气糖苷在摇青过程释放有关^[5]。白叶一号加工的绿茶具有滋味鲜醇的风格与其原料高茶氨酸和低茶多酚含量相关^[6-7]。因此, 鲜叶原料中氨基酸、儿茶素、黄酮及香气糖苷等非挥发性代谢成分对所制成品茶香味品质至关重要^[8]。此外, 鲜叶中含有K、Fe、Ca、Zn等多种矿质元素, 它们通过影响茶树的生理代谢, 影响品质成分的形成累积, 进而影响茶叶品质, 同时, 也是茶叶重要营养成分^[9]。但目前关于茶叶中元素累积的相关研究相对较少。

丝绵茶主要是以湖北秭归县当地土茶种为原料生产的一种优质绿茶, 其滋味醇厚鲜爽、耐泡, 广受消费者欢迎, 同时, 因其鲜叶富含“丝”的特点备受关注, 是湖北省著名绿茶^[10]。然而, 丝绵茶主要内含成分特点、品质形成、“丝”的属性及与品质的关系等都鲜有研究。因此, 本研究通过超高效液相色谱四极杆飞行时间质谱 (ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight mass spectrometry, UPLC-Q-TOF-MS)、电感耦合等离子体发射光谱 (inductively coupled plasma optical emission spectrometer, ICP-OES) 和扫描电子显微镜 (scanning electron microscope, SEM) 等技术测定茶叶非挥发性成分、微量元素以及“丝”结构, 对丝绵土茶树种不同嫩度茶鲜叶的内质成分和“丝”组织进行较为系统的分析, 以期对秭归丝绵茶品质提升和实际生产提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

2020年10月于湖北宜昌秭归丝绵茶核心产地 (九畹溪蔡家坡茶园), 采摘丝绵土茶树 (树龄30 a左右) 不同着生部位叶片, 分别为芽下第一叶 (L1)、第二叶 (L2)、第三叶 (L3)、第四叶 (L4)、第五叶 (L5) 和第六叶 (L6)。取样方式: 在采样区内, 分别选取20丛茶树, 每丛选取代表性枝条1枝, 采摘不同叶位鲜叶分别放入干冰中保鲜, 后于-80℃冰箱冻存待测。另取不同嫩度鲜叶各5片, 用打孔器取叶片同一部位用体积分数2.5%戊二醛溶液固定, 后期处理后用于SEM观察。

*D*₄-醋氨酚 (标准品, 纯度97%) 上海阿拉丁生化科技股份有限公司; 甲醇、甲酸 (色谱级) 美国赛默飞世尔科技有限公司; 没食子儿茶素、表没食子儿茶素、儿茶素、儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素没食子酸酯、槲皮素-3-*O*-芸香糖苷、槲皮素-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷、牡荆素葡萄糖苷、杨梅素-3-*O*-半乳糖苷、异牡荆素-2''-*O*-阿拉伯糖苷、槲皮素-7-*O*-葡萄糖苷、槲皮素-3-*O*- β -*D*-吡喃半乳糖苷、槲皮苷、山柰苷、山柰素、异牡荆素 (以上试剂纯度 \geq 98%), 表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、槲皮素-3-*O*-葡萄糖基鼠李糖苷 (以上试剂纯度95%), 谷氨酸 (纯度 \geq 99.5%), 水杨酸 (纯度99.5%), 原花青素B₁、二氢山柰酚-7-*O*-鼠李糖苷 (以上试剂纯度 \geq 97%), 山柰酚-3-*O*-葡萄糖苷 (纯度 \geq 90%), 槲皮素-3-半乳糖苷、槲皮素、杨梅素、山柰酚 (以上试剂纯度为97%), 赖氨酸、精氨酸、咖啡酸、对香豆酸、绿原酸、奎宁酸、牡荆素鼠李糖苷、(-)-表阿夫儿茶精、茶叶碱 (以上试剂纯度为98%), 没食子儿茶素没食子酸酯、茶氨酸、 γ -氨基丁酸、色氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸、缬氨酸、苏氨酸、谷氨酰胺、天冬酰胺、酪氨酸、脯氨酸 (以上试剂纯度为99%), 天冬氨酸、苹果酸、没食子酸、咖啡碱、可碱、原花青素B₂、茶黄素 (以上试剂纯度 $>$ 99%),

酒石酸、牡荆素、茶黄素-3,3'-双没食子酸酯、茶黄素-3'-没食子酸酯、茶黄素-3-没食子酸酯（以上试剂纯度 $\geq 95\%$ ）上海源叶生物科技有限公司；苯甲醇樱草糖苷、橙花醇樱草糖苷、苯甲醇葡萄糖苷、苯乙醇樱草糖苷、香叶醇葡萄糖苷、青叶醇葡萄糖苷、香叶醇樱草糖苷、青叶醇樱草糖苷（以上试剂纯度 $\geq 98\%$ ）山东大学国家糖工程技术研究中心。

1.2 仪器与设备

6520型Q-TOF液相色谱-质谱联用仪 美国安捷伦公司；JSM-6390LV型SEM 日本电子株式会社；M410型火焰分光光度计 英国Sherwood公司；AA3流动注射分析仪 德国SEAL公司；6300型ICP-OES仪 美国Thermo公司。

1.3 方法

非挥发性成分测定^[8]：样品经液氮充分研磨后，称取200 mg加入2 mL预冷的体积分数75%甲醇溶液（内含7.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 D_4 -醋氨酚，内标）4 $^{\circ}\text{C}$ 避光浸提12 h。取上清液过0.22 μm 滤膜，使用UPLC-Q-TOF-MS进行成分测定，代谢物定性通过与课题组自建茶树次级代谢物标品库，进行质荷比和特征二级碎片比对。代谢物相对含量（ mg/g ）根据内标物计算。

氮和磷元素测定^[11]：称取0.05 g样品于消化玻璃试管中，加入2 mL浓硫酸于消化炉中消化。冷却后，定容至20 mL，使用流动注射分析仪测定。

金属元素测定^[12]：称取样品0.40 g于消解管中，加入2 mL盐酸、2 mL氟氢酸、6 mL硝酸，于190 $^{\circ}\text{C}$ 条件下微波消解40 min后，在消化炉中180 $^{\circ}\text{C}$ 消解50 min。冷却后超纯水定容至25 mL，使用ICP-OES测定元素含量。

叶片形态结构观察^[13]：样品用乙醇进行脱水后置于乙酸异戊酯溶液中静置20 min，干燥后，叶片横切，喷金后放入扫描电镜腔室中观察。

茶鲜叶组织及微管束数目统计采用甲苯胺蓝染色法^[14]。

1.4 数据处理与分析

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，在 $P < 0.05$ 水平分析数据间的差异显著性。使用SPSS 20.0软件进行Duncan检验。使用SIMCA 14.1软件进行正交偏最小二乘判别分析（orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA）。作图使用OriginPro 2018、Adobe Illustrator CC 2019和MultiExperiment Viewer软件。

2 结果与分析

2.1 非挥发性代谢物含量分析

茶叶非挥发性成分数量庞大，主要包括生物碱、多酚类、氨基酸、糖类等物质，这些代谢物对滋味形成具有重要贡献^[15]。采用UPLC-Q-TOF-MS技术对样品进

行非挥发性成分测定，通过标准品对照，共鉴定出87种化合物，包括氨基酸19种、黄酮33种、儿茶素6种、生物碱3种、酚酸14种、香气糖苷10种和原花青素2种（图1）。从图2发现，非挥发性化合物在不同嫩度处理间存在明显差异。而采摘叶位相近鲜叶中的非挥发性成分距离相对较近，如L1和L2主要分布在第2象限；L3和L4分布在第4象限；L5和L6非挥发性成分最接近，分布在第3象限。由此可知，鲜叶嫩度对其非挥发性成分影响显著，嫩度相近的原料组非挥发性成分含量接近。

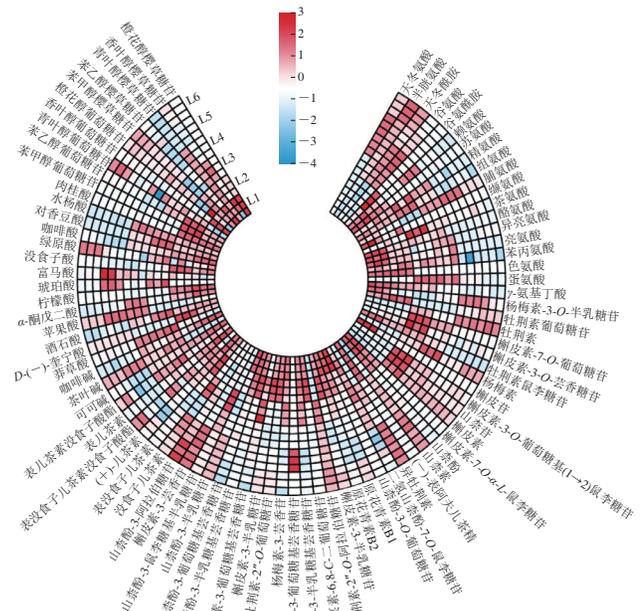


图1 非挥发性成分的热图分析

Fig. 1 Heatmap analysis of non-volatile components

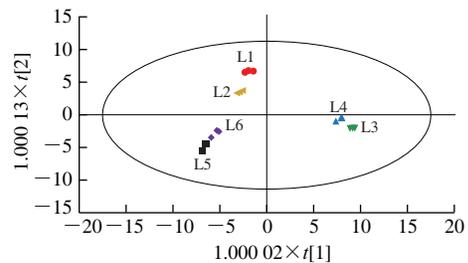
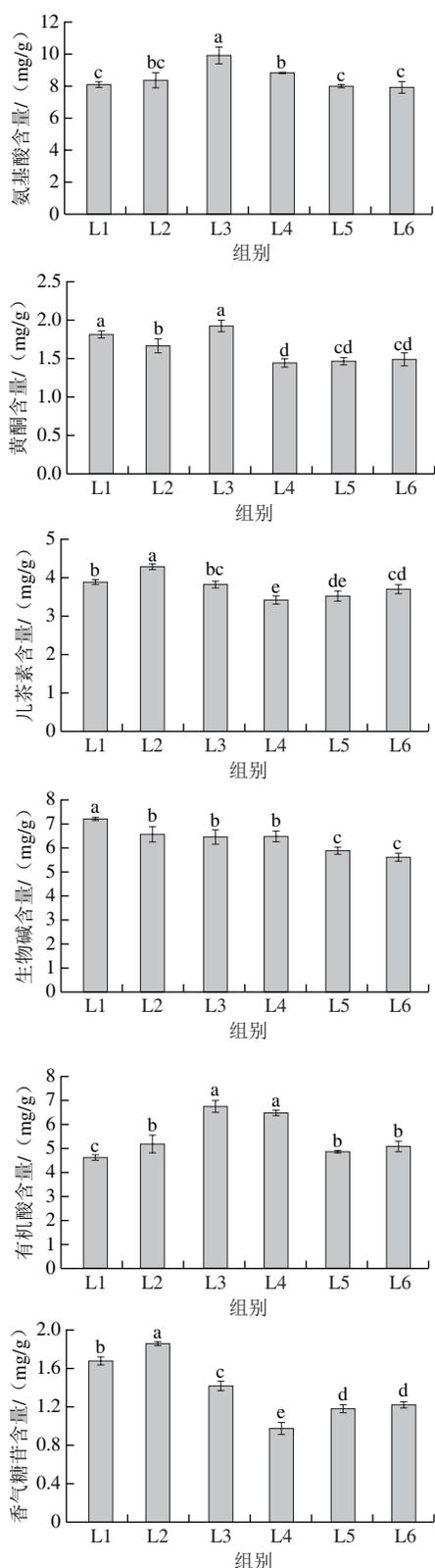


图2 非挥发性成分的OPLS-DA

Fig. 2 OPLS-DA plot of non-volatile components

非挥发性成分含量分析显示各类物质含量在不同嫩度鲜叶间差异显著（图3）。L3的氨基酸类物质含量显著高于其余组，其次为L4和L2。从氨基酸组分看，L3中茶氨酸含量为6.15 mg/g ，显著高于其余组（图1）；色氨酸、苏氨酸、亮氨酸等大多数物质在L1和L2中含量相对较高；而嫩度较低的L5和L6中精氨酸、色氨酸等物质含量相对较低。整体上，氨基酸主要富集在嫩度较高的叶位^[16-17]。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图3 非挥发成分含量分析

Fig. 3 Contents of non-volatile components

L3、L1和L2中黄酮含量相对较高,随着鲜叶嫩度降低,其总量降低。黄酮物质中,山柰酚及其糖苷类、槲

皮素糖苷类、杨梅素糖苷和原花青素的相对含量在细嫩部位(L1和L2)中积累较多,而牡荆素和异牡荆素糖苷等物质在嫩度较低的L5和L6中含量较高。

L1和L2中儿茶素含量显著高于其余组,随着嫩度降低,其含量出现不同程度的降低趋势(图3)。从儿茶素组分看,L1和L2中表没食子儿茶素和表没食子儿茶素没食子酸酯含量相对较高。生物碱含量变化趋势主要受含量最高的咖啡碱影响,L1中咖啡碱含量显著高于其余处理,L2、L3和L4间差异不明显,L5和L6中咖啡碱含量最低。

有机酸可增加茶叶滋味的层次感。由图3可知,L3和L4中的有机酸总量显著高于其余组,L1含量最低,显著低于其余各嫩度叶片。其余组间有机酸含量差异不明显。莽草酸为主要的有机酸成分,其含量在L3和L4中显著高于其余组,而剩余组间莽草酸含量差异不明显。除此之外,丝绵茶鲜叶越细嫩,咖啡酸、没食子酸和柠檬酸的含量越高。

L2和L1中挥发性糖苷的含量显著高于其余组,随着嫩度的降低,其含量明显降低,其中主要是以苯乙醇葡萄糖苷和橙花醇樱草糖苷的含量变化为主。

2.2 元素含量分析

茶鲜叶由蛋白质、氨基酸、生物碱等有机代谢物组成,除C和H外,N和P也是重要组成元素,此外,茶鲜叶中还存在多种无机元素,如钾、钙、镁、铁和锌等。这些元素不仅是植物生命不可缺少元素,对茶叶品质的形成影响重大^[18]。

由表1可知,N、P、K、Zn和Cu在嫩度最高的L1中的含量显著高于其余组,其次为L2组,之后随着嫩度的下降基本上呈现下降趋势。Ca、Fe和Mn元素在嫩度较高的L1和L2中含量相对较低,且显著低于其余组,主要富集于嫩度较低的叶位。S和Se元素随着嫩度的降低呈现先升高后降低的趋势,L3中的含量最高,显著高于其余组。此外,Mg元素在L1和L2中的含量最高,显著高于其余叶位,其他叶位间无显著差异。

表1 不同嫩度丝绵茶鲜叶元素含量

Table 1 Mineral element contents of fresh leaves of Simian tea with different tenderness

指标	L1	L2	L3	L4	L5	L6
N含量/(mg/g)	32.41±0.17 ^a	30.60±0.24 ^b	27.38±0.70 ^c	24.74±1.14 ^d	24.93±0.26 ^d	23.77±0.99 ^d
K含量/(mg/g)	15.65±0.34 ^a	14.12±0.49 ^b	9.66±0.43 ^d	9.69±0.47 ^d	9.42±0.40 ^d	10.32±0.31 ^c
P含量/(mg/g)	4.53±0.05 ^c	3.70±0.03 ^b	2.60±0.00 ^c	2.22±0.02 ^c	2.31±0.06 ^d	2.26±0.02 ^d
S含量/(mg/g)	2.88±0.02 ^c	2.68±0.01 ^d	4.06±0.01 ^a	3.71±0.06 ^b	3.65±0.17 ^b	3.60±0.06 ^b
Ca含量/(mg/g)	0.50±0.09 ^e	1.98±0.54 ^d	3.99±0.14 ^a	3.56±0.58 ^b	3.70±0.05 ^c	4.00±0.11 ^a
Mg含量/(mg/g)	15.65±0.34 ^a	14.12±0.49 ^b	9.66±0.43 ^d	9.69±0.47 ^d	9.42±0.40 ^d	10.32±0.31 ^c
Fe含量/(μg/g)	14.66±4.30 ^b	30.98±4.08 ^a	122.24±22.10 ^c	105.97±8.79 ^c	107.18±2.06 ^c	116.64±7.02 ^c
Mn含量/(μg/g)	635.15±112.39 ^b	766.90±85.36 ^b	1309.05±70.20 ^a	1277.69±116.16 ^c	1175.83±135.50 ^d	1143.48±189.49 ^d
Zn含量/(μg/g)	45.45±1.16 ^d	35.82±0.99 ^b	15.27±1.01 ^e	14.88±0.95 ^e	13.91±1.47 ^e	13.59±0.46 ^e
Cu含量/(μg/g)	10.75±0.17 ^a	9.02±0.27 ^b	6.98±0.13 ^c	7.78±0.06 ^c	7.75±0.25 ^c	7.37±0.06 ^d
Se含量/(μg/g)	0.63±0.11 ^d	1.02±0.17 ^b	1.81±0.10 ^a	1.50±0.02 ^c	1.04±0.09 ^c	1.35±0.12 ^b

注:同行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 丝绵茶鲜叶“丝”含量及结构分析

将同一枝稍鲜叶的芽头、一叶、二叶、三叶和四叶，分别沿叶子中间横断部位小心撕开，观察其“丝”的部位及数量（图4A）。“丝”主要在叶片主脉及侧脉，其中，四叶中“丝”最明显，其次为三叶，一叶和二叶的“丝”明显减少，芽头仅能观察到少量的“丝”，而比四叶更成熟的叶片因叶质较脆，能观察到的“丝”也较少。因此，一定成熟度的叶片容易拉出丝，太嫩或太老的叶片“丝”都不明显。

将鲜叶沿着较为发达的主侧脉部位横向撕开，通过SEM直接观察“丝”的结构，发现茶鲜叶“丝”多以三股并行卷曲或单股卷曲的形式存在（图4D）。为研究茶叶“丝”的所在部位，进一步对鲜叶主脉横切面进行观察，发现茶叶丝出自螺旋纹和环纹导管（图4C），且主要集中在木质部内（图4B）。

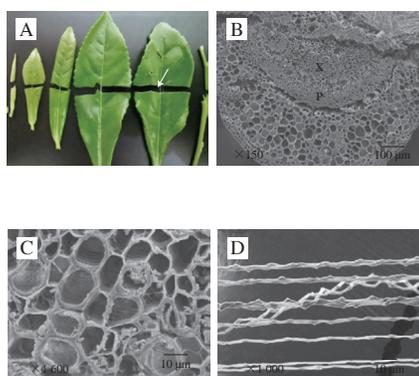


图4 鲜叶撕裂后主脉中的丝（箭头所示部位）；B.主脉截面结构（X.木质部，P.韧皮部，图5同）；C.叶主脉导管；D.丝组织。

图4 SEM下丝形态及丝所处叶片主脉部位

Fig. 4 Filamentary morphology and main vein position with filamentary structures under SEM

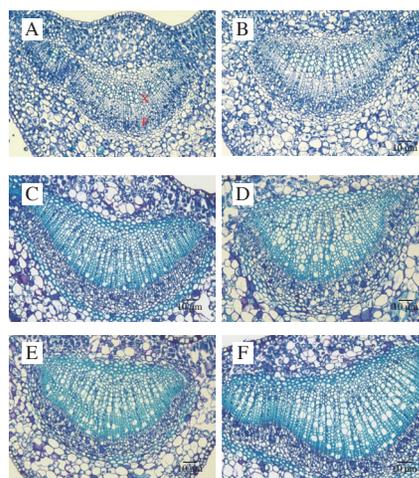
为进一步明确丝绵茶中“丝”的数量与鲜叶嫩度之间的关系，采用甲苯胺蓝染色法结合光学显微镜进一步统计鲜叶的主脉导管数量和周围的维管束个数（表2、图5）。甲苯胺蓝是一种多色碱性染料，可将木质化部分染成蓝绿色，韧皮部染成蓝紫色，其他部分染成浅蓝绿色^[19]，如图5所示。结果发现主脉导管数量在不同嫩度叶间差异显著。随着叶片嫩度降低，可视导管数目有增加趋势。L1和L2主脉导管数差异不明显，显著低于其余各组；L3和L4间差异不明显，显著低于L5，L6主脉导管数最多，显著高于其余各组。侧脉部位的维管束数量在嫩度最高的L1中仅有85个，显著低于其余各组，其次是L2维管束数量，其余各组维管束数量差异不明显。

表2 不同嫩度丝绵茶鲜叶主脉导管及维管束数目

Table 2 Numbers of main vein vessels and vascular bundles in fresh leaves of Simian tea with different tenderness

组别	主脉导管个数	维管束个数
L1	1 104 ± 120 ^e	85 ± 4 ^c
L2	1 331 ± 184 ^{de}	109 ± 13 ^b
L3	2 011 ± 337 ^c	130 ± 8 ^{ab}
L4	1 744 ± 296 ^{cd}	120 ± 6 ^{ab}
L5	2 306 ± 733 ^b	136 ± 24 ^a
L6	3 118 ± 101 ^a	126 ± 13 ^{ab}

注：同列不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。



A~F. L1~L6。

图5 丝绵茶不同嫩度鲜叶甲苯胺蓝染色组织形态

Fig. 5 Toluidine blue stained sections of fresh leaves of Simian tea with different tenderness

3 讨论与结论

茶叶作为传统饮品，人们除对其本身营养品质的较高要求外，越来越注重其健康属性、文化属性以及独特性^[20]。比如一些富含特殊成分及风味的高花青素紫鹃茶、高氨基酸的白化品种和黄化品种加工的茶以及一些富含特殊花果香的茶异军突起，受到消费者青睐^[21-22]。秭归丝绵茶不仅自身风味品质优异，而且以富含“丝”的特点受到广泛关注。于松慧等^[23]通过拉曼光谱和共聚焦拉曼成像技术对“丝”的成分进行检测，发现茶鲜叶“丝”中含有纤维素、半纤维素及木质素成分。可以初步判断茶鲜叶丝主要为与导管相关的物质，其在茶叶加工过程中可以更有效地实现叶片内水分和内含物的输导与重新分布，而自身结构和成分也会产生显著变化，例如纤维素特征峰强度降低，可能降解生成了一些可溶性糖类物质，形成茶叶滋味品质^[24]。

本研究在此基础上，通过SEM对鲜叶中的“丝”进行观察分析，发现其形态多为螺旋纹、环纹管状，且主要富集于叶脉维管束的木质部。植物叶片维管束分布于叶肉组织中，是植物水分、无机盐及有机物质的一种输导系统并兼有支撑植物体的作用^[25-26]。因此，植物叶片维

管束的数量对植物生长发育发挥重要影响。丝绵土茶种叶片丝丰富,说明其维管束发达,为茶树旺盛生长输送所需营养元素,叶片累积更多有机物提供保障。这也可能是丝绵茶内含物丰富,滋味醇厚鲜爽、耐泡的重要原因。但丝绵茶鲜叶富含丝的属性对其品质的形成的直接关系,仍有待进一步探究。

此外,不同嫩度叶片结构分析显示,幼嫩叶片维管束相对于成熟叶片维管束数量少,这可能与维管束在幼嫩叶片中还未完全分化形成有关。越成熟叶片,虽然维管束越发达,但木质部中纤维逐渐增多,组织变得更加坚硬,不利于茶叶加工过程中的塑形^[27]。

丝绵土茶种不同嫩度鲜叶原料的非挥发性物质和矿物质元素差异显著,随着原料嫩度的降低,其氨基酸、黄酮、儿茶素、咖啡碱及挥发性糖苷类物质含量呈下降趋势,这与前人有关茶树鲜叶嫩度与代谢物关系的研究结果一致^[28-29],而酚酸类物质在较成熟的叶片中累积较多,可能不利于茶叶滋味品质。通过元素分析发现,随着嫩度的降低,丝绵茶鲜叶中Zn、Cu、N、P、K含量显著下降,而Fe、Mn、S、Ca含量的变化趋势与之相反。由此说明,元素在不同嫩度鲜叶间,存在不同富集情况。

综上所述,丝绵茶鲜叶在叶位较嫩的一叶(L1)、二叶(L2)和三叶(L3)的“丝”含量和内质成分丰富,因此在实际生产中,采摘较细嫩的一芽一、二、三叶有利于丝绵茶品质的提升。

参考文献:

- [1] 陈亮, 杨亚军, 虞富莲. 中国茶树种质资源研究的主要进展和展望[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 389-392. DOI:10.3969/j.issn.1672-1810.2004.04.019.
- [2] CHEN D, SUN Z, GAO J J, et al. Metabolomics combined with proteomics provides a novel interpretation of the compound differences among Chinese tea cultivars (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) with different manufacturing suitabilities[J]. Food Chemistry, 2022, 377: 131976. DOI:10.1016/j.foodchem.2021.131976.
- [3] LI Y C, RAN W, HE C, et al. Effects of different tea tree varieties on the color, aroma, and taste of Chinese Enshi green tea[J]. Food Chemistry: X, 2022, 14: 100289. DOI:10.1016/j.fochx.2022.100289.
- [4] 宋楚君, 范方媛, 龚淑英, 等. 不同产地红茶的滋味特征及主要贡献物质[J]. 中国农业科学, 2020, 53(2): 383-394. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2020.02.012.
- [5] HU C J, DA L, MA Y X, et al. Formation mechanism of the oolong tea characteristic aroma during bruising and withering treatment[J]. Food Chemistry, 2018, 269: 202-211. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.07.016.
- [6] WANG K B, RUAN J Y. Analysis of chemical components in green tea in relation with perceived quality, a case study with Longjing teas[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 44(12): 2476-2484. DOI:10.1111/j.1365-2621.2009.02040.x.
- [7] 张苏丹, 廖祥丁, 丁葛. 湖北茶区安吉白茶生产加工技术浅析[J]. 农业与技术, 2022, 42(3): 7-9. DOI:10.19754/j.nyyjs.20220228003.
- [8] LI Y C, HE C, YU X L, et al. Effects of red-light withering on the taste of black tea as revealed by non-targeted metabolomics and transcriptomics analysis[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 147: 111620. DOI:10.1016/j.lwt.2021.111620.
- [9] 颜秋晓, 王道平, 李相楹, 等. 黔北茶叶矿物质元素与生化品质含量特征分析[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(1): 39-46. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2022.01.006.
- [10] 张耀武, 张静姝. 探索茶文化传承助力茶产业发展——九畹丝绵茶业有限公司的文化担当[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2020(1): 35-37. DOI:10.3969/j.issn.1007-1253.2020.01.014.
- [11] 刘璇. 土壤、原料对秬归丝绵茶丝及品质成分的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
- [12] 张艳萍, 刘连利, 王莉丽. 电感耦合等离子体发射光谱(ICP-OES)法同时测定水果中Ca、Fe、Zn等元素含量[J]. 化学试剂, 2010, 32(2): 144-146. DOI:10.3969/j.issn.0258-3283.2010.02.013.
- [13] 王淑君, 魏萌涵, 解慧芳, 等. 不同谷子品种叶片表皮微形态学特征[J]. 大麦与谷类科学, 2021, 38(1): 7-11. DOI:10.14069/j.cnki.32-1769/s.2021.01.002.
- [14] 赵淑贤, 李福德, 彭国睿, 等. 甲苯胺蓝快速染色方法的研究[J]. 中国现代药物应用, 2009, 3(13): 21-23. DOI:10.3969/j.issn.1673-9523.2009.13.011.
- [15] YU X L, LI Y C, HE C, et al. Nonvolatile metabolism in postharvest tea (*Camellia sinensis* L.) leaves: effects of different withering treatments on nonvolatile metabolites, gene expression levels, and enzyme activity[J]. Food Chemistry, 2020, 327: 126992. DOI:10.1016/j.foodchem.2020.126992.
- [16] 王雪萍, 滕靖, 郑琳, 等. 不同鲜叶嫩度名优绿茶氨基酸组分差异分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(14): 166-170. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2019.14.029.
- [17] 徐春晖. 基于代谢组学技术探究不同茶梢成熟度对绿茶品质的影响及袋泡绿茶的工艺研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2021.
- [18] 张棚, 杨雪妍, 洪晶, 等. 贵州湄潭茶区土壤-茶叶系统中微量元素富集规律与产地溯源[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(2): 378-390. DOI:10.3969/j.issn.1004-1524.2022.02.20.
- [19] 刘彤, 杨文凤, 校现周, 等. 橡胶树HbMYB20基因的克隆及其对拟南芥次生壁发育的调控[J]. 林业科学, 2015, 51(4): 52-59. DOI:10.11707/j.1001-7488.20150407.
- [20] 郑椒瑾. 试论茶叶营销策略[J]. 福建茶叶, 2021, 43(12): 36-37. DOI:10.3969/j.issn.1005-2291.2021.12.017.
- [21] 吕海鹏, 梁名志, 张悦, 等. 特异茶树品种“紫娟”不同茶产品主要化学成分及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(12): 122-127. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201612021.
- [22] 张月莉. 茶叶区域公共品牌价值共创机制研究: 以安吉白茶为例[J]. 科学·经济·社会, 2018, 36(3): 58-65. DOI:10.3969/j.issn.1006-2815.2018.03.009.
- [23] 于松慧, 刘璇, 宋育林, 等. 乌龙茶做青过程中导管形态和成分的变化研究[J]. 中国茶叶加工, 2020(3): 43-50. DOI:10.15905/j.cnki.33-1157/ts.2020.03.010.
- [24] 于松慧. 不同加工工艺对导管结构与茶叶品质的影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
- [25] 黄晓敏, 冯花, 郭雅玲. 茶树叶片显微结构及扫描电镜研究进展[J]. 福建茶叶, 2011, 33(5): 2-4. DOI:10.3969/j.issn.1005-2291.2011.05.001.
- [26] GAMALEI Y. Structure and function of leaf minor veins in trees and herbs[J]. Trees, 1989, 3(2): 96-110. DOI:10.1007/BF01021073.
- [27] 李琛, 艾仄宜, 余志, 等. 优质绿茶加工过程主要物理特性变化的研究[J]. 茶叶科学, 2019, 39(6): 705-714. DOI:10.3969/j.issn.1000-369X.2019.06.010.
- [28] 陈义, 张永瑞, 张禄焕, 等. 不同嫩度茶树新梢主要滋味物质分布规律研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(22): 7-11. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.22.002.
- [29] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.