DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260302005
引用格式: 雷鑫, 李琛, 王玉婷, 等. 浮梁县 3 种茶树品种的红茶适制性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(18): 10–18.
Lei Xin, Li Chen, Wang Yuting, et al. Study on the suitability of 3 kinds of tea plant varieties for black tea production in Fuliang County [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(18): 10–18. (in Chinese with English abstract).

浮梁县 3 种茶树品种的红茶适制性研究

雷 鑫[1,2], 李 琛[2], 王玉婷[3], 王礼献[2], 张贱根[2], 江新凤[2*]

(1. 景德镇学院生物与环境工程学院, 景德镇 333000; 2. 江西省经济作物研究所/特色果树茶叶种植与高值利用江西省重点实验室, 南昌 330006; 3. 南昌大学食品科学与资源国家重点实验室, 南昌 330047)

摘 要: 目的 探究浮梁县 3 种茶树品种的红茶适制性。**方法** 以群体种、槠叶齐和槠叶种为原料制作浮梁红茶, 系统比较 3 种浮梁红茶感官品质、生化成分及风味物质的差异。**结果** 感官审评表明, 槠叶齐外形金毫显露, 汤色红黄纯正, 综合评分最高; 槠叶种汤色最为明亮。理化分析显示, 槠叶种水浸出物(43.53%±0.02%)、咖啡碱(43.70 mg/g)、儿茶素没食子酸酯(0.67%±0.01%)及没食子酸(4.11 mg/g)含量较高; 群体种茶多酚(8.85%±0.13%)与儿茶素(0.37%±0.02%)含量突出; 槠叶齐则在茶褐素(7.23%±0.05%)积累上占优。滋味活度值(taste activity value, TAV)分析表明, 咖啡碱是共有的关键苦味物质, 而涩味则在不同品种中由表没食子儿茶素与没食子酸以不同强度模式贡献, 表没食子儿茶素(TAV=1.08)是群体种关键苦味物质, 表儿茶素(TAV=1.15)是槠叶齐的关键涩味物质, 儿茶素没食子酸酯(TAV=1.22)是槠叶种关键涩味物质。香气组分差异明显, 香叶醇是群体种(33.09%)和槠叶齐(29.91%)的主要香气成分, 为玫瑰香、甜香, 槠叶种表现为 β-芳樟醇(25.38%)与香叶醇(17.24%)的均衡特征。**结论** 本研究明确了 3 种品种在感官品质、特征滋味及香气成分上的差异, 为浮梁红茶的品种选用、定向加工与品质调控提供了实验依据。

关键词: 浮梁红茶; 茶树品种; 滋味活度值; 香气成分; 风味品质
中图分类号: S571.1 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)18–0010–09

Study on the suitability of 3 kinds of tea plant varieties for black tea production in Fuliang County

LEI Xin[1,2], LI Chen[2], WANG Yu-Ting[3], WANG Li-Xian[2], ZHANG Jian-Gen[2], JIANG Xin-Feng[2*]

(1. *College of Biological and Environmental Engineering*, *Jingdezhen University*, *Jingdezhen* 333000, *China*; 2. *Jiangxi Provincial Economic Crops Research Institute/Jiangxi Provincial Key Laboratory of Plantation and High Valued Utilization of Specialty Fruit Tree and Tea*, *Nanchang* 330006, *China*; 3. *State Key Laboratory of Food Science and Resources*, *Nanchang University*, *Nanchang* 330047, *China*)

ABSTRACT: Objective To investigate the suitability of 3 kinds of tea plant varieties in Fuliang County for black tea production. **Methods** Fuliang black tea was produced using the Group variety, Zhuyeqi and Zhuye variety as raw

收稿日期: 2026-03-02
基金项目: 国家自然科学基金项目(32460785); 江西省茶叶产业技术体系项目(JXARS-06); 江西省重点研发计划项目(20252BCF320037); 特色果树茶叶种植与高值利用江西省重点实验室项目(20241ZDD02045)
第一作者: 雷鑫(1997—), 男, 硕士, 助教, 主要研究方向为制茶工程与品质分析。E-mail: leixintea@163.com
***通信作者:** 江新凤(1985—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为茶树栽培与茶资源利用。E-mail: jiangxinyue003@163.com

materials. The sensory quality, biochemical components and flavor compounds of the 3 kinds of Fuliang black teas were systematically compared. **Results** Sensory evaluation indicated that Zhuyeqi exhibited prominent golden tips, a pure red-yellow liquor color and the highest overall score; Zhuye variety produced the brightest liquor color. Physicochemical analysis revealed significantly higher water-soluble substances (43.53%±0.02%), caffeine (43.70mg/g), catechin gallate (0.67%±0.01%) and gallic acid (4.11 mg/g) in Zhuye variety; higher tea polyphenols (8.85%±0.13%) and catechins (0.37%±0.02%) in Group variety; and superior theabrownins (7.23%±0.05%) accumulation in Zhuyeqi. Analysis of the taste activity value (TAV) showed that caffeine was a common key bitter compound, while epigallocatechin and gallic acid contribute to astringency to varying degrees across different varieties. Specifically, epigallocatechin (TAV=1.08) was the key bitter compound in Group variety; epicatechin (TAV=1.15) was the key astringent compound in Zhuyeqi; and catechin gallate (TAV=1.22) was the key astringent compound in Zhuye variety. The aroma components varied significantly. Geraniol was the dominant aromatic component in Group variety (33.09%) and Zhuyeqi (29.91%), imparting rose-like and sweet fragrance notes, whereas Zhuye variety exhibited a balanced profile consisting of *β*-linalool (25.38%) and geraniol (17.24%). **Conclusion** This study clarifies the differences in sensory quality, characteristic flavors and aroma components among the 3 kinds of varieties, providing experimental basis for variety selection, targeted processing and quality control of Fuliang black tea.

KEY WORDS: Fuliang black tea; tea plant varieties; taste activity value; aromatic components; flavor quality

0　引　言

浮梁红茶是中国历史名茶和国家地理标志产品[1], 以“色艳、香甜、味醇、形美”而闻名[2]。其卓越品质源于浮梁产区优越的自然生态、精湛的加工技艺以及适宜的茶树品种资源。据浮梁县茶产业发展中心统计, 截至 2025 年, 全县茶园面积 20.65 万亩, 茶叶总产量 1.58 万吨, 产值 12 亿元, 其中名优茶占比约 60%, 茶产业综合产值达 26.5 亿元。浮梁已连续 8 年获评“全国茶业重点县”, 在“2025 中国茶区域公用品牌 TOP50”中位列第 33, 品牌价值达 74.95 亿元。

茶树品种是影响茶叶品质的关键遗传因素, 不同品种在代谢途径和化学成分积累上的差异, 直接决定成茶的感官特征与风味轮廓[3]。红茶的主要呈味物质如茶多酚、咖啡碱、氨基酸等, 共同塑造其滋味风格。高品质工夫红茶中儿茶素以酯型儿茶素为主, 可以增加茶汤的浓厚感与鲜爽[4]。红茶中氨基酸含量约 1%~5%, 是红茶鲜爽味的主要贡献物质, 茶氨酸占比最高约 50%, 呈现鲜味且能够削弱茶多酚和咖啡碱的苦涩滋味[5]。在同类研究中, 保靖黄金茶 1 号具有高氨基酸的特点, 其加工的红茶滋味甜醇带鲜[6–8]。红茶中的“冷后浑”是茶黄素、茶多酚与咖啡碱发生络合, 其可使茶汤呈现鲜爽滋味[9]。卢丹敏等[10]发现, 湖南红茶中茶黄素含量越高红茶品质越好, 汤色红亮, 滋味鲜爽。除滋味外, 香气也会随着品种的变化而改变; 杨霁虹等[11]的研究表明黄山地区广泛种植的 9 个茶树品种中, “槠叶种”具有典型的“祁门香”; 白化品种加工的红茶具有滋味甘鲜、香气高爽的特征[12–13]。

综上所述, 不同茶树品种内含物质不同, 导致滋味与香气物质的组成有所差异, 进而影响红茶的最终品质[14–15]。目前, 浮梁茶区主要栽培品种包括槠叶齐、槠叶种、福鼎大白、浙农 117 及群体种等。然而, 现有研究多集中于栽培与加工技术, 关于不同品种对浮梁红茶综合品质影响的系统性研究仍较为缺乏, 尤其在感官品质与化学成分之间的构效关系方面亟待深入。

为此, 本研究选取浮梁红茶 3 大代表性品种, 包括群体种、槠叶齐与槠叶种, 系统比较其成茶的感官品质、主要生化成分、关键呈味物质(基于滋味活度值分析)及香气组成, 通过多维度关联分析, 旨在阐明品种影响浮梁红茶风味特征的物质基础与作用机制, 以期为品种优化、工艺改进及特色化产品开发提供理论依据和数据支持。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

实验茶样于 2024 年 4 月 16 日, 于浮梁县广明村茶场(浮梁县福安茶叶有限公司)统一采摘群体种、槠叶齐与槠叶种一芽一叶标准鲜叶, 经相同工艺加工制成浮梁红茶样品, 并依次编号为群体种、槠叶齐和槠叶种。

乙腈、甲醇、氯仿、乙酸乙酯、碳酸氢钠、碳酸钠、草酸、正丁醇、茚三酮、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、氯化亚锡、三氯化铝(分析纯)、福林酚试剂(生物试剂)(国药集团化学试剂有限公司); 没食子儿茶素(gallocatechin, GC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、儿茶素(catechin, C)、表儿茶素(epicatechin, EC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechin gallate, GCG)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)、儿茶素没食子酸酯(catechin

gallate, CG)、咖啡碱(caffeine, CAF)、没食子酸(gallic acid, GA)、茶黄素-3-没食子酸酯(theaflavine gallate, TF-3-G)、茶黄素(theaflavin, TF)、茶黄素-3'-没食子酸酯(theaflavin-3'-gallate, TF-3'-G)、茶黄素双没食子酸酯(theaflavin 3,3'-digallate, TF-3,3'-DG)、天冬氨酸(aspartic acid, Asp)、谷氨酸(glutamate, Glu)、丝氨酸(serine, Ser)、组氨酸(histidine, His)、苏氨酸(threonine, Thr)、精氨酸(arginine, Arg)、丙氨酸(alanine, Ala)、茶氨酸(theanine, The)、酪氨酸(tyrosine, Tyr)、γ-氨基丁酸(gama-aminobutyric acid, GABA)、缬氨酸(valine, Val)、苯丙氨酸(phenylalanine, Phe)、异亮氨酸(isoleucine, Ile)、亮氨酸(leucine, Leu)、脯氨酸(proline, Pro)、磷脂酰丝氨酸(phosphatidylserine, PS)、色氨酸(tryptophan, Trp)、赖氨酸(lysine, Lys)、天冬酰胺(asparagine, Asn)、尿素(Urea)标准品(纯度大于 98%, 上海纯优生物科技有限公司); 纯水系统(屈臣氏集团香港有限公司)。

1.2 仪器和设备

ME104 型万分之一电子天平(赛多利斯科学仪器上海有限公司); UV-2550 型紫外可见分光光度计(日本岛津仪器有限公司); TG16-WS 型离心机(常州金坛良友仪器有限公司); 1100VL 型高效液相色谱仪、VWD 型可变波长探测器(美国安捷伦有限公司); Hypersil BDS C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm)、Trace1600 型气相色谱-质谱联用仪(美国赛默飞世尔科技公司); Nova-Pak TM C_{18} 色谱柱(150 mm×4.6 mm, 4 μm)(美国沃特世公司); WSC-3B 型便携式精密色差仪[赛伯乐(北京)仪器有限公司]。

1.3 实验方法

1.3.1 感官审评

邀请 5 名具有评茶资格的人员, 参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》对样品进行感官审评。

1.3.2 生化成分测定

根据 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》、GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》、GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》等方法测定茶叶的相关指标含量, 采用萃取比色法检测茶色素含量[16]; 参考尹军峰等[17]的方法测定茶叶中 GA、GC、EGC、C、CAF、EGCG、EC 等 14 种特征成分的含量。参照肖秀丹等[18]的方法测定茶叶中 GABA、Phe、Ala、The、Pro、Glu 等 20 种成分的含量。

1.3.3 茶汤色差值测定

感官评价方法制得的茶汤过滤后冷却至室温, 测定其色差。色差采用 Lab 色差系统对茶汤进行色差数值的测定, 测量模式为透射测量, 测量口径为 25.4 mm, 每个茶样重复测量 3 次。L^*表示明暗度; b^*表示黄色(+)和蓝色(–); a^*表示红色(+)和绿色(–); C^*表示彩度的纯度或饱和度, 值越大则光谱色含量越高、色彩越纯; H^*表示色相, 其值用来对红、黄、蓝等不同的颜色进行区分。

1.3.4 香气成分测定

香气成分测定采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱技术(headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)鉴定, 程序具体参照文献[19–20]进行。

1.3.5 滋味活度值的计算

滋味活性值(taste activity value, TAV)又称剂量比阈因子, 指滋味成分浓度与该成分的呈味阈值的比, 用该比值的大小来评价该滋味成分对呈味的贡献率, TAV 可反映单一化合物对整体滋味的贡献。当 TAV>1 时, 该物质对呈味有贡献; TAV<1 时该物质对呈味贡献较小[21]。计算方法如公式(1)。

$$TAV=C/T \quad (1)$$

式中: C 为某滋味成分的质量浓度, mg/L; T 为该滋味成分的呈味阈值, mg/L。

1.4 数据处理

每个处理重复 3 次, 每个测定重复 2 次及以上, 以平均值±标准偏差表示。应用软件 IBM SPSS statistics 22、TBtools-II等进行统计分析、数据处理和热图制作。

2 结果与分析

2.1 不同茶树品种浮梁红茶感官品质与风味变化

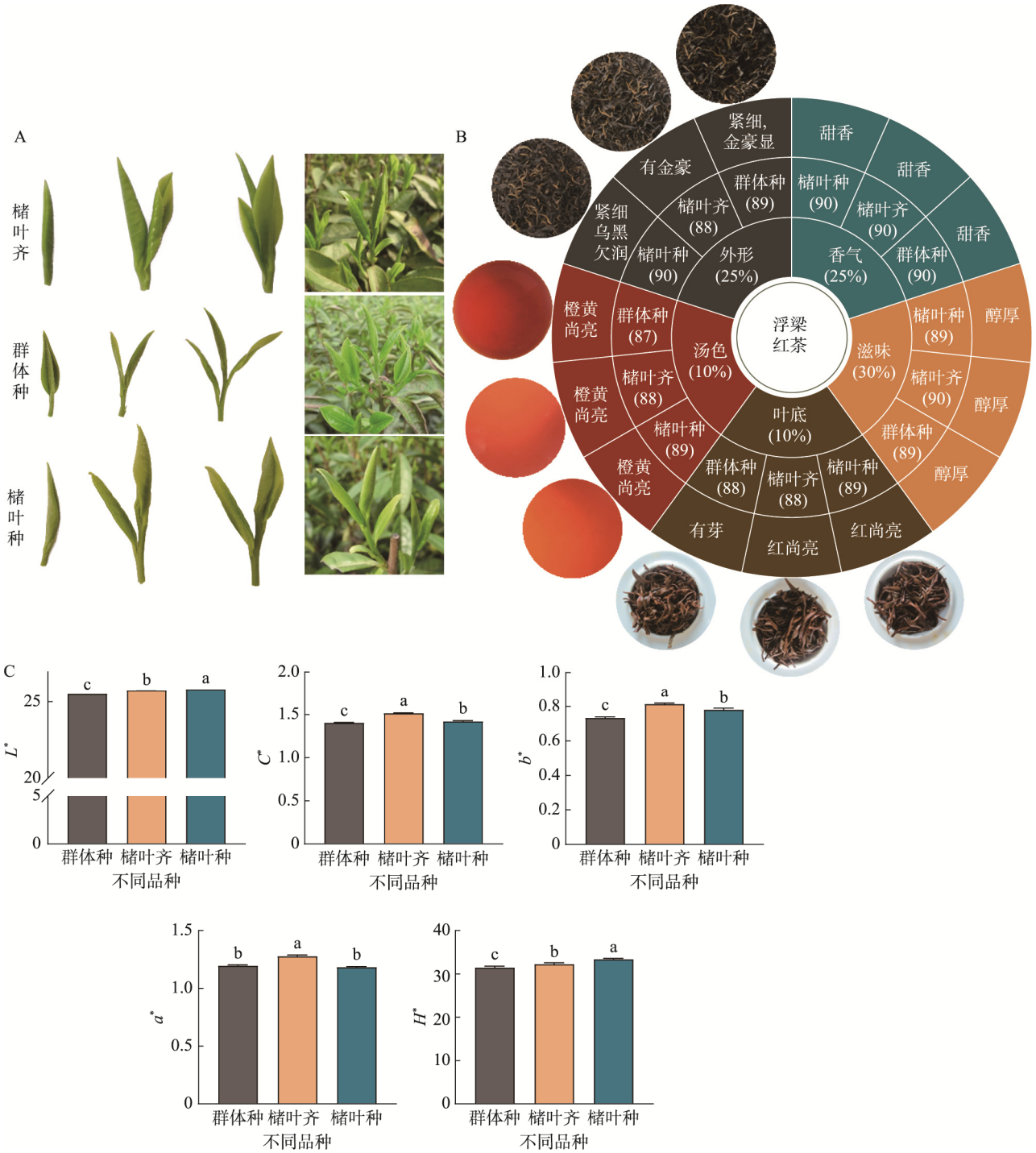
图 1A 显示, 群体种的芽头较为瘦小, 呈黄绿色, 叶面平展, 叶片呈水平着生; 槠叶齐的芽头肥壮, 叶片呈上斜状着生, 叶色绿而富有光泽; 槠叶种的芽头较肥壮, 芽叶为黄绿色, 叶片水平或稍上斜着生, 呈椭圆形或长椭圆形。制成浮梁红茶后, 审评结果如图 1B 所示。主要差异体现在干茶外观上: 槠叶齐带有金毫, 槠叶种条索紧细、乌黑而欠润泽, 群体种则紧细显毫。推测群体种之所以紧细显毫, 与其芽头较为瘦小有关, 其形态使揉捻时无须过高强度即可获得较好的外观评分。三者共同表现出汤色橙黄尚亮、香气呈甜香、滋味醇厚等特点, 通过对茶汤进行色差分析, 结果如图 1C 所示, L^*表明槠叶种汤色更加明亮, 且显著高于其他两者(P<0.05), a^*、C^*和 b^*表明槠叶齐的汤色显著偏红和黄, 且色彩更纯, H^*可以看出三者茶汤都属于同一色系, 以色差值看来槠叶种汤色更明亮更纯, 槠叶齐的颜色更优, 而群体种表现最差, 与感官审评结果得分基本保持一致。整体来看, 槠叶齐感官得分最高为 89.35 分, 槠叶种与群体种得分相近, 分别为 88.8 分和 88.5 分。

2.2 不同茶树品种浮梁红茶主要生化成分

测定各样品水浸出物、茶多酚、游离氨基酸和 3 种茶叶色素的总量, 结果如图 2。水浸出物含量可综合反映茶叶中可溶性物质的丰富程度, 其中槠叶种的水浸出物含量

(43.53%±0.02%)显著高于群体种(42.21%±0.13%)和槠叶齐(41.09%±0.03%) (P<0.05)，表明其内含物更为丰富。

茶多酚是构成茶叶苦涩味的主要物质，主要由儿茶素、黄酮类等组成[22]。分析图 2 结果显示，群体种的茶多酚含量(8.85%±0.13%)与显著高于槠叶种(8.45%±0.03%)和槠叶齐(7.51%±0.04%) (P<0.05)。进一步通过高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定了茶样中 14 种茶叶特征成分，结果如图 3 所示。在 8 种主



注：A. 3 个品种的鲜叶照片；B. 浮梁红茶感官评价轮与茶样照片；C. 色差值柱状图。不同字母表示组间差异显著，P<0.05，图 2 同。

图 1　茶样鲜叶和审评综合图

Fig.1　Fresh tea leaves and comprehensive evaluation chart

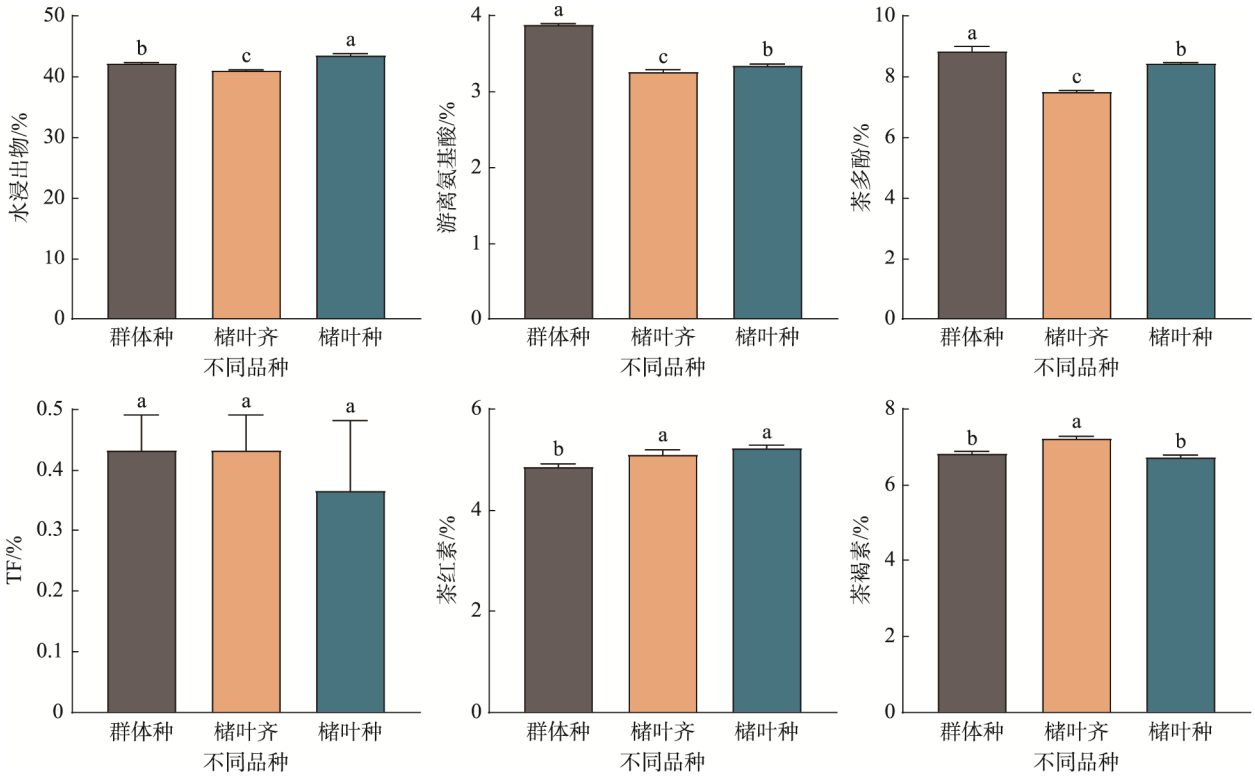


图 2 茶样生化成分含量

Fig.2 Content of biochemical compounds in tea samples

要儿茶素单体中, C (0.37%±0.02%)、GC、EGC、EGCG 在群体种中含量最高; ECG、EC、GCG 则在槠叶齐中含量最高; 而 GA (0.41%±0.01%)和 CG (0.67%±0.01%)在槠叶种中含量最高。尽管红茶发酵过程会使儿茶素含量降低[23], 但不同茶树品种仍保留了其特有的儿茶素组成特征, 这可能是导致其成品茶风味差异的重要原因之一。

在红茶初制过程中, C 经过酶逐步转化为 TF 与茶红素等有色氧化产物。这些物质不仅是构成红茶色泽的关键成分, 也直接参与决定茶汤滋味的浓度、鲜爽度, 以及汤色的红艳明亮程度[23]。在图 2 中 3 种关键茶色素, TF 含量无显著差异(P>0.05)。差异主要体现在: 茶红素方面, 群体种显著低于另外两种(P<0.05); 而茶褐素则是槠叶齐(7.23%±0.05%)明显更高。进一步的 HPLC 定量分析显示, 4 种茶色素的总含量以槠叶齐为最高, 群体种次之, 槠叶种最低。这表明槠叶齐的发酵产物积累更多, 特别是茶褐素的生成更为充分。

CAF 是茶叶中含量最丰富的生物碱, 易溶于热水, 是赋予茶汤苦味与提神作用的关键成分[24]。图 3 显示, CAF 含量以槠叶种最高 43.70 mg/g, 槠叶齐次之 42.12 mg/g, 群体种最低 39.53 mg/g, 这表明不同品种在生物碱代谢积累上存在差异, 槠叶种的提神效果更为优秀, 同时在感官审评的时候确实槠叶种的苦涩味更为重些。GA 是一种具有抗氧化、抗菌及抗肿瘤潜力的生物活性物质[25]。其在茶样中的含量依次为: 槠叶种(4.11 mg/g)>槠叶齐(3.10 mg/g)>群体种(3.04 mg/g)。槠叶种具有较高 CAF 的同时, 也积累了相对较多的 GA, 可能对其整体风味与功能属性产生协同影响。

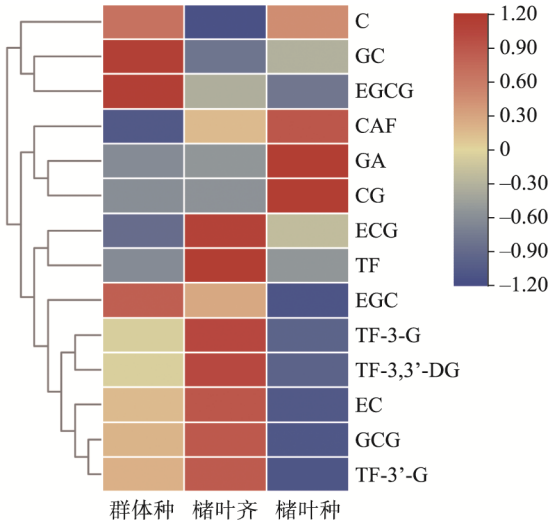


图 3 浮梁红茶样品特征成分含量热图

Fig.3 Heat map of characteristic components content in Fuliang black tea samples

茶汤的甜、鲜爽滋味主要来源于氨基酸，对茶汤口感和香气的形成起着积极作用[24]。图 2 中游离氨基酸的总量群体种含量最高，槠叶种次之，槠叶齐最低。然而，进一步通过 HPLC 对氨基酸组分进行测定分析，揭示出更细致的差异。根据聚类结果(图 4)，氨基酸可分为 3 类：第 1 类(包括 Arg、PS、Ala、Urea)在群体种中富集；第 2 类(Phe、Tyr)则在槠叶齐中含量最高，槠叶种次之，群体种最低；而占多数的第 3 类(共 14 种)氨基酸，在槠叶齐中积累最为显著。综合分析表明，尽管群体种游离氨基酸总量最高，但槠叶齐在绝大多数氨基酸组分(尤其是与滋味、香气密切相关的种类)的积累上更具优势。

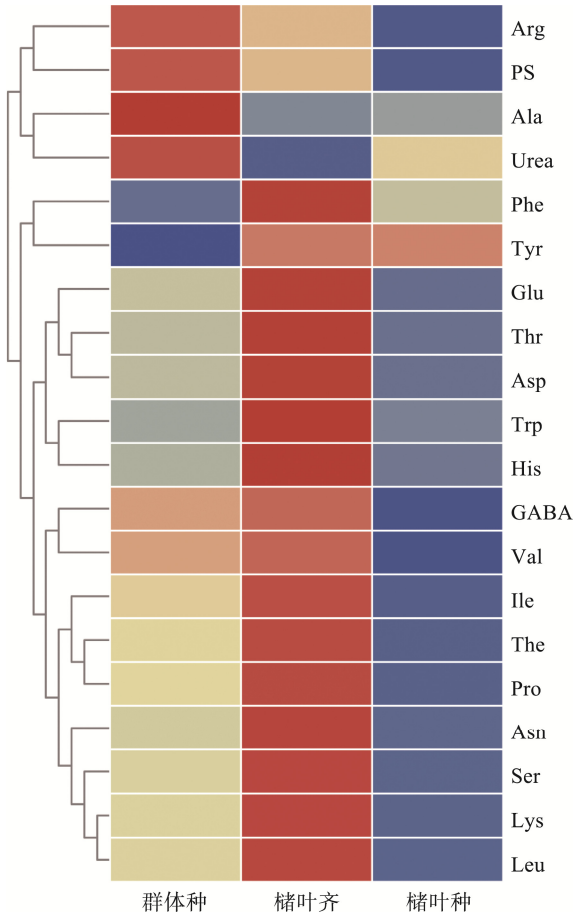


图 4　浮梁红茶样品氨基酸含量热图

Fig.4　Heat map of amino acids content in Fuliang black tea samples

2.3　不同茶树品种浮梁红茶主要呈味物质

为阐明不同茶树品种所制红茶的关键滋味贡献物质，本研究基于 TAV 进行了定量评估，主要结果如表 1 所示。所测化合物涵盖与茶汤苦、涩、酸、鲜及收敛性相关的多种组分。

在 19 种苦味化合物中，仅有 CAF 和 EGC 的 TAV>1，表明二者为核心苦味贡献物质。CAF 的平均 TAV 为 8.36，在不同品种间表现为槠叶种(8.74)>槠叶齐(8.42)>群体种(7.91)，显示其苦味贡献具有普遍性且强度较高。EGC 的苦味贡献则呈现品种特异性：仅在群体种中 TAV>1 (1.08)，在槠叶齐与槠叶种中均低于阈值，表明 EGC 在群体种中为直接苦味物质，而在另外两个品种中可能主要起苦味修饰或协同增强作用，在感官审评时也有体现。此外，EC、CAF、GCG 等 8 种化合物的 TAV 均值为 0.1~1.0，属于苦味修饰组分，可能通过交互作用影响整体苦感轮廓。

涩味方面，EGC 与 GA 的 TAV 均大于 1，为关键涩味物质。二者在不同品种中的累积明显不同：GA 在槠叶种中含量最高，约为群体种和槠叶齐的 1.34 倍；EGC 则相反，在群体种与槠叶齐中含量较高，平均为槠叶种的 1.71 倍。此外，槠叶齐中 EC (TAV=1.15)与槠叶种中的 CG (TAV=1.22)也对茶汤涩味有直接贡献。综合来看，不同品种的涩味物质组成及其贡献强度存在明显分化：群体种在感官审评时确实更涩，其涩味是以 EGC (2.36)为主导，辅以 GA (1.22)；槠叶齐的涩味表现为 EGC (2.08)>GA (1.24)>EC (1.15)；槠叶种则以 GA (1.64)为主要涩味来源，其次为 EGC (1.38)与 CG (1.22)。这一结果揭示了不同品种的基因导致代谢物含量的差异，进而影响其品质特征。

Glu、GABA、Asp 及 GA 的 TAV 在 0.1~1.0 之间，表明其对酸感具有修饰作用。值得注意的是，Glu、GABA 与 Asp 在群体种与槠叶齐中含量较高，而 GA 则在槠叶种中积累更明显，再次体现了品种间滋味代谢物的差异。3 种鲜味化合物及 3 种具有收敛性的茶色素，其 TAV 均在 0.1 左右，表明这些成分对整体滋味的直接贡献较弱。

综上所述，通过对关键滋味物质 TAV 的比较分析，本研究揭示了 3 个茶树品种所制浮梁红茶在滋味化学基础上的显著差异，这些差异与感官审评结果具有明确的对应关系。槠叶种红茶呈现出“醇厚”的滋味构架，其核心苦味物质 CAF 与核心涩味物质 GA 的 TAV 均为最高，这与其审评中常表现出的浓强口感，尤其是突出的涩感(收敛性)特征相符。群体种的滋味则相对醇和、协调，其核心苦味贡献物质强度略低，且特异性地由 CAF 与 EGC 贡献直接苦味，涩味以 EGC 为主导，这可能导致其涩感体验不同于槠叶种，而更为柔和。槠叶齐在滋味物质组成上介于二者之间，但涩味物质构成更为复杂(EGC、GA、EC 共同贡献)，可能塑造了其有层次的口感体验。在酸感修饰上，品种间差异同样明显，群体种与槠叶齐积累了更多与鲜甜感相关的氨基酸(Glu、GABA、Asp)，这可能在审评中体现为更优的“鲜爽度”与“回甘”，而槠叶种则以 GA 带来的酸性修饰为主。尽管鲜味与茶色素物质的直接贡献弱，但它们的协同作用对口感饱满度与风味复杂性至关重要。总之，品种通过特

异性调控次生代谢产物(如 CAF、GA、EGC 等关键物质)的积累模式, 直接决定了茶汤的“苦-涩-酸”基本滋味骨架的强度与平衡, 这为理解浮梁红茶品种间感官品质差异提供了坚实的物质基础。

2.4 不同茶树品种浮梁红茶主要香气物质

采用HS-SPME-GC-MS对3种红茶样品进行香气成分分析, 共鉴定出 40 种挥发性化合物。通过筛选相对含量大于 1%的组分, 得到 15 种主要香气物质, 其组成与相对含量列于表 2。这些化合物可依据香气特征划分为以下几类: 7种呈现花香(包括玫瑰、百合花香及花香), 4种具有果香, 3种表现为甜香(涵盖甜香与蜜香), 4 种为坚果香, 其余则包括薄荷香、清香和柑橘香等类型。

在主要香气成分中, 相对含量最高的前 5 种依次为香叶醇、*β*-芳樟醇、水杨酸甲酯、氧化芳樟醇II(呋喃型)及氧化芳樟醇 I(呋喃型)。其中香叶醇具有玫瑰、苹果与甜香特征, 其在群体种中的相对含量最高 33.09%, 槠叶齐中次之 29.91%, 而在槠叶种中则以 17.24%的相对含量位居第三, 值得关注的是与前人的研究中红茶中香叶醇含量最高相一致[19], 这可能会是浮梁红茶甜香的主要来源。*β*-芳樟醇则呈现百花香, 其含量在槠叶种中最高 25.38%, 在其余两种茶样中分别为 15.56%和 15.73%; 水杨酸甲酯在群体种与槠叶种中的含量相近, 分别为12.81%和12.18%, 在槠叶齐中则为 10.61%。两种氧化芳樟醇异构体均呈现花香特征, 其中氧化芳樟醇I(呋喃型)的相对含量顺序为槠叶种>槠叶齐>群体种; 而氧化芳樟醇II(呋喃型)的含量顺序则为槠叶种>群体种>槠叶齐。从感官审评结果来看, 各品种茶样间的整体风味差异并不显著, 但基于化学成分分析, 不同茶树品种明显影响其代谢产物的积累, 进而塑造了品种的香气轮廓: 群体种表现出更丰富的花香与甜香特征; 槠叶种则以花香为主, 且其花香特质更为突出; 槠叶齐的香气特征介于二者之间。这些结果为从品种选育与加工调控入手, 定向优化茶叶的花香与甜香品质提供了有价值的理论依据。值得注意的是, 香气并非单一物质的简单叠加, 而是源于多种挥发性化合物在嗅觉受体上的复杂相互作用[29], 且不同香气分子与受体的结合能力存在显著差异[30], 这使香气研究更具挑战性。

表 1 不同品种浮梁红茶滋味化合物的 TAV 分析

Table 1 TAV analysis of flavor compounds in different varieties of Fuliang black tea samples

呈味特性	滋味化合物	阈值[21] /(mg/L)	TAV		
			群体种	槠叶齐	槠叶种
涩味	GA	50	1.22	1.24	1.64
	EGCG	600	0.13	0.11	0.10
	EGC	160	2.36	2.08	1.38
	GC	330	0.70	0.47	0.53
	EC	270	0.92	1.15	0.54
	C	170	0.43	0.32	0.42
	ECG	500	0.13	0.15	0.14
	GCG	180	0.10	0.12	0.06
	CG	110	0.62	0.63	1.22
	The	1050	0.17	0.22	0.12
酸味	Glu	147	0.12	0.17	0.09
	GABA	40	0.34	0.37	0.21
	Asp	143	0.13	0.17	0.11
	GA	187	0.33	0.33	0.44
甜味	Thr	4760	-	-	-
	Ser	3150	-	0.01	-
	Pro	2990	-	-	-
	Val	2230	0.01	0.01	-
	Ala	710	0.01	0.01	0.01
鲜味	Glu	440	0.04	0.06	0.03
	The	4200	0.04	0.05	0.03
	Asp	530	0.04	0.05	0.03
苦味	CG	170	0.40	0.41	0.79
	GA	140	0.43	0.44	0.59
	His	7500	-	-	-
	Arg	4355	0.01	0.01	-
	Phe	2650	-	0.01	-
	Pro	2330	-	0.01	-
	Val	1950	0.01	0.01	-
	Leu	1450	0.01	0.01	-
	Ile	1190	0.01	0.01	-
	Tyr	1090	-	0.01	0.01
	GCG	180	0.10	0.12	0.06
	GC	1630	0.14	0.10	0.11
	EC	600	0.41	0.52	0.25
	EGC	350	1.08	0.95	0.63
	C	290	0.25	0.19	0.25
	CAF	100	7.91	8.42	8.74
	EGCG	300	0.27	0.21	0.20
	ECG	200	0.32	0.37	0.34
	TF	750	0.03	0.03	0.03
收敛性	TF-3-G	700.60	0.09	0.10	0.08
	TF-3’-G	716.60	0.03	0.05	0.01
	TF-3,3’-DG	868.70	0.11	0.15	0.07

注: -代表数值低于 0.01。

表 2 3 种浮梁红茶主要香气成分相对含量(%)

Table 2 Relative content of main aroma components of 3 kinds of Fuliang black tea samples (%)

香气成分	香气描述[26−28]	群体种	槠叶齐	槠叶种
香叶醇	玫瑰香、苹果香、甜香	33.09	29.91	17.24
β-芳樟醇	百合花香	15.56	15.73	25.38
水杨酸甲酯	薄荷香、冬青油香	12.81	10.61	12.18
氧化芳樟醇II(呋喃型)	花香	8.23	9.20	10.82
氧化芳樟醇I(呋喃型)	花香	3.59	3.53	4.25

表 2(续)

香气成分	香气描述[26–28]	群体种	槠叶齐	槠叶种
反-3,7-芳樟醇氧化物II	-	2.50	2.89	1.77
苯乙醇	蜜香、果香、玫瑰香	1.81	2.13	2.09
3-甲基丁醛	坚果香	1.76	2.31	3.62
2-甲基丁醛	坚果香、可可香	1.39	1.65	2.50
脱氢芳樟醇	甜香、清香、花香	1.37	2.00	0.54
苯甲醛	花香、玫瑰香	1.26	1.57	1.42
正己醛	果香、清香	1.09	0.45	1.08
1-乙基-2-甲酰吡咯	坚果香、桂皮香、烘烤香	1.07	1.32	1.03
β-月桂烯	柑橘香、果香、草本香	1.03	1.40	0.77
苯甲醇	苦杏仁香、焦香	1.03	0.88	0.92

注: -表示暂无香气描述。

3　结　论

本研究通过对浮梁县 3 种茶树品种(群体种、槠叶齐、槠叶种)的红茶适制性进行系统比较, 明确了各品种在生化成分、感官品质及加工特性方面的差异。结果表明, 槠叶齐所制作的浮梁红茶的感官品质综合表现最优, 外形显金毫、汤色红黄纯正; 槠叶种的内含物质最为丰富, 水浸出物与CAF含量高于其他品种; 群体种则具有最高的茶多酚含量。通过 TAV 分析发现, 不同品种的关键滋味贡献模式存在明显分化: CAF 是所有品种共有的核心苦味物质, 而涩味主导成分有所不同——群体种以EGC为主, 槠叶种则以 GA 为主。香气分析表明, 品种对特征香气成分的比例有显著影响: 群体种的突出特征是香叶醇含量较高, 槠叶种则呈现 *β*-芳樟醇与香叶醇均衡分布的特点。

总体而言, 3 个品种通过调控次生代谢产物, 从根本上决定了浮梁红茶的风味构架, 因此茶树品种是决定浮梁红茶品质风格的核心因子, 不同品种在“浓、强、鲜、甜”维度上呈现显著分化。未来应依据目标市场定位实施品种差异化布局: 以槠叶齐为主体保障主流产品品质稳定性, 辅以槠叶种和群体种丰富产品线层次。同时建议结合本地生态条件进一步优化配套栽培与加工工艺, 充分发挥各品种潜力, 推动浮梁红茶向标准化、特色化、高值化方向可持续发展。

参考文献

[1] 黄崇焘. “浮红”史考略[J]. 蚕桑茶叶通讯, 1987(4): 29–31.
Huang Chongtao. A brief study on the history of “floating red” [J]. Newsletter of Sericulture and Tea, 1987(4): 29–31.

[2] 倪艳翔. 浮梁红茶的挖掘与开发探讨[J]. 农业考古, 2014(5): 274–277.
Ni Yanxiang. Discussion on the excavation and development of Fuliang black tea [J]. Agricultural Archaeology, 2014(5): 274–277.

[3] Li Yuchuan, Ran Wei, He Chang, 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.

[4] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 277.
Wan Xiaochun. Tea biochemistry [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 277.

[5] Yu Peigen, Yeo A S, Low M Y, et al. Identifying key non-volatile compounds in ready-to-drink green tea and their impact on taste profile [J]. Food Chemistry, 2014, 155: 9–16.

[6] 黎娜, 黄怀生, 钟兴刚, 等. 不同茶树品种新化红茶品质比较分析[J]. 湖南农业科学, 2021(5): 76–79, 83.
Li Na, Huang Huaisheng, Zhong Xinggang, et al. Comparison and analysis of the quality of Xinhua black tea from different tea tree varieties [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2021(5): 76–79, 83.

[7] 余鹏辉, 黄浩, 赵熙, 等. 黄金茶工夫红茶的甜味量化及其与主要滋味物质相关性分析[J]. 食品科学, 2021, 42(8): 192–197.
Yu Penghui, Huang Hao, Zhao Xi, et al. Quantification of sweetness and correlation with the main taste compounds of Huangjincha congou black tea [J]. Food Science, 2021, 42(8): 192–197.

[8] 银霞, 张曙光, 黄静, 等. 湖南红茶特征滋味化学成分研究[J]. 茶叶科学, 2019, 39(2): 150–158.
Yin Xia, Zhang Shuguang, Huang Jing, et al. Study on the chemical constituents of Hunan black tea [J]. Journal of Tea Science, 2019, 39(2): 150–158.

[9] Liang Yuerong, Lu Jianliang, Zhang Lingyun. Comparative study of cream in infusions of black tea and green tea [Camellia sinensis (L.) O. Kuntze] [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 37(6): 627–634.

[10] 卢丹敏, 欧阳建, 熊一帆, 等. 湖南红茶品质特征分析及其等级判别模型的构建[J]. 食品工业科技, 2021, 42(10): 255–260.
Lu Danmin, Ouyang Jian, Xiong Yifan, et al. Analysis of the quality characteristics of Hunan black tea and the establishment of its grade discrimination model [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(10): 255–260.

[11] 杨霁虹, 周汉琛, 刘亚芹, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 OAV 分析黄山地区不同茶树品种红茶香气的差异[J]. 食品科学, 2022, 43(16): 235–241.
Yang Jihong, Zhou Hanchen, Liu Yaqin, et al. Differences in aroma components of black tea processed from different tea cultivars in Huangshan by using headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and odor activity value [J]. Food

Science, 2022, 43(16): 235–241.

[12] 黄创盛, 龚淑英, 范方媛, 等. 白叶茶树品种“中白 1 号”加工不同茶类适制性研究[J]. 茶叶, 2019, 45(2): 69–74.
Huang Chuangsheng, Gong Shuying, Fan Fangyuan, et al. Study on processing suitability of albino tea cultivar “Zhongbai 1” [J]. Journal of Tea, 2019, 45(2): 69–74.

[13] 王家鹏, 李文萃, 范起业, 等. 景宁白化茶品种红茶适制性研究[J]. 中国茶叶加工, 2018, (1): 29–32.
Wang Jiapeng, Li Wencui, Fan Qiye, et al. Study on black tea processing suitability of white tea cultivars in Jingning County [J]. China Tea Processing, 2018, (1): 29–32.

[14] Huang Haitao, He Shuwen, Zheng Xuxia, et al. Simple sequence repeat marker-based genetic diversity and chemical composition analysis of ancient *Camellia sinensis* in Jiulong County, Sichuan Province, China [J]. Genes, 2024, 15(10): 1317.

[15] 刘成顺, 李荣华, 廖茵茵, 等. 茶树品种对红茶品质成分影响的研究进展[J]. 中国茶叶, 2026, 48(5): 26–36.
Liu Chengshun, Li Ronghua, Liao Yinyin, et al. Research progress on the influence of components on black tea quality [J]. China Tea, 2026, 48(5): 26–36.

[16] Wang Qiuping, Peng Chunxiu, Gong Jiashun. Effects of enzymatic action on the formation of theabrownin during solid state fermentation of Pu-erh tea [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(13): 2412–2418.

[17] 尹军峰, 闵航, 许勇泉, 等. 摊放环境对名优绿茶鲜叶茶多酚及儿茶素组成的影响[J]. 茶叶科学, 2008, 28(1): 22–27.
Yin Junfeng, Min Hang, Xu Yongquan, et al. Effects of spreading environment on tea polyphenols and catechin components in tea fresh leaves of high quality green tea [J]. Journal of Tea Science, 2008, 28(1): 22–27.

[18] 肖秀丹, 黄友谊, 钟家成, 等. HPLC 对酸茶中儿茶素及游离氨基酸组分含量的测定[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(9): 92–96.
Xiao Xiudan, Huang Youyi, Zhong Jiacheng, et al. HPLC determination of catechins and free amino acids components in acid tea [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2018, 57(9): 92–96.

[19] 江新凤, 李琛, 曹挥华, 等. 三种江西工夫红茶香气成分分析[J]. 中国茶叶加工, 2024(2): 18–26.
Jiang Xinfeng, Li Chen, Cao Huihua, et al. Aroma composition analysis of 3 kinds of congou black tea in Jiangxi Province [J]. China Tea Processing, 2024(2): 18–26.

[20] 王秋霜, 陈栋, 许勇泉, 等. 广东红茶香气成分的比较研究[J]. 茶叶科学, 2012, 32(1): 9–16.
Wang Qiushuang, Chen Dong, Xu Yongquan, et al. Investigation and comparison of the aroma components in Guangdong black tea [J]. Journal of Tea Science, 2012, 32(1): 9–16.

[21] 雷鑫, 叶雅萍, 沙艮, 等. 不同年份景谷大白茶品质变化分析[J]. 中国茶叶加工, 2025(2): 62–72.
Lei Xin, Ye Yaping, Sha Gen, et al. Quality changes of Jinggu big white tea during different aging years [J]. China Tea Processing, 2025(2): 62–72.

[22] 徐旭华, 黄文洁, 陈旭峰, 等. ‘丹霞 2 号’红茶加工过程中品质特征成分的动态变化研究[J]. 园艺学报, 2024, 51(1): 145–161.
Xu Xuhua, Huang Wenjie, Chen Xufeng, et al. Research on the dynamic change of tea quality-related chemical compositions during‘Danxia 2’Black tea processing [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2024, 51(1): 145–161.

[23] Zhang Feng, Wang Ya, Aaqil M, et al. Research progress on tea pigments: isolation and purification, stability modulation, bioactivities, and comprehensive applications [J]. Trends in Food Science & Technology, 2025, 165: 105290.

[24] Wang Cheng, Han Jingxue, Pu Yuting, et al. Tea (*Camellia sinensis*): a review of nutritional composition, potential applications, and omics research [J]. Applied Sciences, 2022, 12(12): 5874.

[25] Al Zahrani N A, El-Shishtawy R M, Asiri A M. Recent developments of Gallic acid derivatives and their hybrids in medicinal chemistry: a review [J]. European Journal of Medicinal Chemistry, 2020, 204: 112609.

[26] 郭俊齐, 王亚菲, 沈瑜, 等. HS-SPME-GC-MS 技术结合 ROAV 分析桐柏山野红茶的关键香气物质[J]. 南方农业学报, 2025, 56(10): 3081–3092.
Guo Junqi, Wang Yafei, Shen Yu, et al. Analysis of key aroma substances in Tongbai wild black tea using HS-SPME-GC-MS with ROAV [J]. Journal of Southern Agriculture, 2025, 56(10): 3081–3092.

[27] 黄静, 黄怀生, 龚乐, 等. 轻揉捻轻发酵条件下茶树品种‘湘波绿’与‘槠叶齐’红茶品质分析[J]. 茶叶通讯, 2024, 51(2): 202–209.
Huang Jing, Huang Huaisheng, Gong Le, et al. Quality analysis of black tea produced from tea cultivars Xiangbolv and Zhuyeqi under light rolling and fermentation condition [J]. Journal of Tea Communication, 2024, 51(2): 202–209.

[28] 肖扬波, 申莹莹, 吴雨簇, 等. 三种花香类型红茶香气特征 HS-SPME/GC-MS 分析[J]. 茶叶通讯, 2026, 53(1): 100–107.
Xiao Yangbo, Shen Yingying, Wu Yuchi, et al. Analysis of aroma characteristics in different floral types of black tea by HS-SPME/GC-MS [J]. Journal of Tea Communication, 2026, 53(1): 100–107.

[29] Deng Guojian, Huang Lunfang, Wang Wenya, et al. Mechanism of key volatiles in *Osmanthus* scented green tea on the improvement of its aroma and taste quality [J]. Food Chemistry, 2024, 460: 140560.

[30] Xiao Zuobing, Shen Tianyin, Niu Yunwei, et al. Unraveling the characteristic aroma compounds in Longjing tea and their interaction mechanisms with S-curve and broad-spectrum olfactory receptors using molecular docking [J]. Food Bioscience, 2024, 60: 104423.

(责任编辑: 范彩旭 安香玉)