

基于不同海拔分布的庐山茶树资源品质成分变化研究

李琛^{1,2}, 江新风^{1,2*}, 张贱根^{1,2}, 童忠飞^{1,2}, 牛艳丽³, 江和源⁴, 石旭平^{1,2}

(1. 江西省蚕桑茶叶研究所/江西省茶叶质量与安全控制重点实验室, 南昌 330203; 2. 江西省经济作物研究所, 南昌 330203; 3. 中国科学院庐山植物园, 九江 332900; 4. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 310008)

摘要: **目的** 考查不同海拔分布的庐山茶树资源品质成分的变化。**方法** 以庐山山脉 300~1300 m 间的 6 处资源点(1248、993、984、855、755、394 m)野生茶树资源为研究对象, 对其当年生成熟叶片主要生化成分(水浸出物、茶多酚、游离氨基酸、咖啡碱)进行测定, 并分析其儿茶素苦涩味指数(catechin astringent index, CAI)和儿茶素品质指数(catechin quality index, CQI)。**结果** 不同海拔高度庐山茶树群体资源水浸出物含量为 45.00%~49.23%, 茶多酚含量为 16.55%~25.25%, 游离氨基酸含量为 3.62%~4.20%, 咖啡碱含量为 3.00%~3.34%, 儿茶素总量为 156.17~205.75 mg/g; 茶多酚和咖啡碱随海拔高度的增加而降低, 游离氨基酸含量升高; 海拔 855 m 处的茶样水浸出物含量最高(49.23%), 海拔 993 m 的茶样儿茶素总量(156.17 mg/g)明显低于其他海拔, 且酯型儿茶素(ester type catechins, ETC)含量(118.00 mg/g)最低; 随着海拔升高, 茶样的酚氨比越小, CAI 减小, CQI 增大。**结论** 不同海拔高度下庐山茶树资源品质成分之间存在不同程度的差异, 低海拔茶树资源茶多酚含量高, 儿茶素组分含量丰富; 高山茶树资源氨基酸和水浸出物含量高, 品质成分丰富, 苦涩味小, 酚氨比小且适制名优绿茶。

关键词: 海拔; 庐山; 茶树资源; 品质成分

Research on quality component changes of tea resource based on different altitude ranges in Lushan

LI Chen^{1,2}, JIANG Xin-Feng^{1,2*}, ZHANG Jian-Gen^{1,2}, TONG Zhong-Fei^{1,2}, NIU Yan-Li³,
JIANG He-Yuan⁴, SHI Xu-Ping^{1,2}

(1. Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute/The Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control in Jiangxi Province, Nanchang 330203, China; 2. Jiangxi Institute of Cash Crops, Nanchang 330203, China; 3. Jiangxi Province and Chinese Academy of Sciences, Jiujiang 332900, China; 4. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the changes of quality components in tea resources at different altitude ranges in Lushan. **Methods** Wild tea plants from 6 resource sites (1248, 993, 984, 855, 755, 394 m) in the altitude

基金项目: 江西省茶叶产业技术体系项目(JXARS-02)、江西省茶叶质量与安全控制重点实验室项目(20192BCD40007)、江西省技术创新引导类科技计划科技合作专项重点项目(20212BDH80011)

Fund: Supported by the Agriculture Research System of Tea Industry in Jiangxi Province (JXARS-02), the Jiangxi Province Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control (20192BCD40007), and the Key Projects of Science and Technology Cooperation of Technology Innovations and Guiding Plans in Jiangxi Province (20212BDH80011)

***通信作者:** 江新风, 博士, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工及资源综合利用。E-mail: jiangxinyue003@163.com

***Corresponding author:** JIANG Xin-Feng, Ph.D, Associate Professor, Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute, Nanchang 330203, China. E-mail: jiangxinyue003@163.com

ranges from 300 to 1300 m of Lushan were selected as test samples, the main biochemical components (water extract, tea polyphenols, free amino acid, caffeine) of fresh leaves were determined, and the catechin astringent index (CAI) and catechin quality index (CQI) were analyzed. **Results** The content of water extract, tea polyphenol, free amino acid, and caffeine in the leaves of different altitude in Lushan ranged from 45.00%–49.23%, 16.55%–25.25%, 3.62%–4.20%, and 3.00%–3.34%, and the total amount of catechin ranged from 156.17 to 205.75 mg/g. The content of tea polyphenols and caffeine decreased with the increase of altitude, while the free amino acid increased; the water extract content (49.23%) of samples at 855 m altitude was the highest, and the total amount of catechin (156.17 mg/g) of samples at 993 m altitude was significantly lower than other altitudes, the ester type catechins (ETC) (118.00 mg/g) of samples at 993 m altitude was the lowest; with increase of altitude, the phenol-ammonia ratio of samples decreased, the catechin astringent index (CAI) decreased, the catechin quality index (CQI) increased. **Conclusion** There are various differences in the quality components of tea resource in Lushan at different altitudes, the content of catechin components of tea resource of low altitude are abundant, as well as the content of tea polyphenols; high mountain tea resources are rich in quality components with high content of amino acid and water extract, little bitterness and phenol-ammonia, and suitable for processing of famous green tea.

KEY WORDS: altitude; Lushan; tea resource; quality component

0 引言

庐山种茶和产茶历史悠久,据《庐山志》载:“东汉时佛教传入我国,当时梵宫寺院多至三百余座,僧侣云集。攀危岩,冒飞泉,更采野茶,以充饥渴”^[1-2]。庐山云雾茶最早为一种野生茶,因受庐山日光直射时间短、昼夜温差大、多云雾等气候条件影响,形成其条索粗壮、青翠多毫、汤色明亮、叶嫩匀齐、香凛持久、醇厚味甘的独特风味^[3]。庐山位于江西省北部,是座崛起于平地的孤立山系,地处亚热带东部季风气候区域,有较鲜明的山地气候特征,庐山主峰最高海拔 1474 m,茶树在不同海拔高度均有分布。由于温度、光照、降雨量、云雾量等环境因子均随海拔梯度发生不同程度的变化^[3-4],因此不同海拔的茶树的生长发育、生理代谢、品质也必然呈现出相应的不同特征^[5]。庐山区域内有大量的茶树资源,目前研究多集中在对庐山云雾茶品质特性分析上,从而实现庐山云雾茶等级和产地判别及真伪鉴定^[6-9],但鲜有文献报道该区域的茶树群体资源的调查及品质成分状况,本研究在调查庐山不同区域、不同海拔茶树的资源分布的基础上,对茶树鲜叶样品进行品质成分分析,补充了庐山云雾茶树种质资源库,有利于对庐山茶树资源的进一步开发。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以庐山 6 处茶树资源点(从庐山主峰北麓山脉最高处沿水从高海拔往低海拔的 1248、993、984、855、755、394 m 共计 6 处有野生茶树分布的点)采集的茶树资源的成熟叶片(从顶端往下数 3、4、5 等 2020 年生的成熟叶片,超过一

年的老叶不采摘)为材料,为明确海拔分布特点,本研究中海拔 800~1300 m 称为高海拔,600~800 m 称为中海拔,600 m 以下称为低海拔。采用微波高火档杀青 2 min 后,80 °C 烘至足干后待测。采集资源样品基本信息见表 1,采样时间为 2020 年 9 月 7 日~2020 年 9 月 9 日。

乙腈(色谱纯)、冰乙酸(纯度 0.15%)(上海麦克林生化科技有限公司);咖啡碱、儿茶素标准品(纯度 98%,成都普瑞法科技开发有限公司);纯水[屈臣氏集团(香港)有限公司]。

表 1 庐山茶树资源样品基本信息
Table 1 Basic information of tea resource samples in Lushan

编号	采集地点	经纬度	海拔/m
1	庐山大月山	115°59'0.27", 29°33'41.4"	1248
2	庐山天合谷	115°59'7.926", 29°32'40.89"	993
3	庐山仙人洞	115°57'30.6", 29°33'50.76"	984
4	庐山大天池	115°57'22.68", 29°33'33.48"	855
5	庐山剪刀峡	115°58'51.42", 29°34'45.71"	755
6	庐山马尾水	116°1'28.2", 29°37'44"	394

1.2 仪器与设备

Hypersil BDS C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm)(美国赛默飞世尔公司); LC1260 高效液相色谱仪(美国安捷伦有限公司); UV-2550 紫外可见分光光度计(日本岛津仪器有限公司)。

1.3 实验方法

水浸出物的测定参照 GB/T 8305—2013《茶水浸出物

测定》，茶多酚总量的测定参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》，游离氨基酸总量的测定参照 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》。

儿茶素组分、咖啡碱含量的测定采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC)^[10]: 采用 Hypersil BDS C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相 A 为 0.15% 冰乙酸溶液; 流动相 B 为乙腈。流动相 A 的梯度变化: 0~5 min 为 95%~92%, 5~15 min 为 92%~88%, 15~30 min 为 88%~80%, 30~31 min 为 80%~0%, 31~35 min 为 0%; 进样量: 10 μL; 柱温: 35 °C; 流速: 0.8 mL/min; 检测波长: 278 nm。

茶样品质指数分析^[11-12]: 儿茶素苦涩味指数 (catechin astringent index, CAI) 是表达绿茶滋味的经验参数, 值越大, 苦涩味越重; 儿茶素品质指数 (catechin quality index, CQI) 是表达茶叶品质的经验参数, CQI 的大小可一定程度反映绿茶品质差异, 能较为准确地反映出茶叶的持嫩度^[13] 分别按照公式 (1)、(2) 计算。儿茶素分为非酯型儿茶素 (nonester type catechins, NETC) 和酯型儿茶素 (ester type catechins, ETC), NETC 包括表儿茶素 (epicatechin, EC)、儿茶素 (catechin, C)、没食子儿茶素 (gallocatechin, GC) 和表没食子儿茶素 (epigallocatechin, EGC), ETC 包括儿茶素没食子酸酯 (catechingallate, CG)、表儿茶素没食子酸酯 (epicatechin gallate, ECG)、没食子儿茶素没食子酸酯 (gallocatechin gallate, GCG) 和表没食子儿茶素没食子酸酯 (epigallocatechin gallate, EGCG)。

$$CAI = \frac{EGCG + EGC + ECG + GC}{EC + C} \quad (1)$$

$$CQI = \frac{EGCG + ECG}{EGC} \times 100 \quad (2)$$

式中, EGCG—实验茶样中儿茶素组分 EGCG 的含量, mg/g; EGC—实验茶样中儿茶素组分 EGC 的含量, mg/g; ECG—实验茶样中儿茶素组分 ECG 的含量, mg/g; GC—实验茶样中儿茶素组分 GC 的含量, mg/g; EC—实验茶样中儿茶素组分 EC 的含量, mg/g; C—实验茶样中儿茶素组分 C 的含量, mg/g。

1.4 数据处理

本研究每个测定实验均重复 3 次, 实验数据采用 IBM SPSS Statistics 26.0 进行单因素方差分析和显著性分析 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 庐山茶树资源主要生化成分含量分析

对庐山 6 处茶树资源点采集的茶样的水浸出物、茶多酚、氨基酸和咖啡碱物质含量进行检测。结果如表 2 所示, 不同海拔高度下庐山茶树资源的水浸出物含量为

45.00%~49.23%, 茶多酚含量为 16.55%~25.25%, 游离氨基酸含量为 3.62%~4.20%, 咖啡碱含量为 3.00%~3.34%。不同海拔高度茶样的主要品质成分存在较明显的规律性。茶叶水浸出物的含量是茶汤滋味强弱、厚薄的重要指标^[14], 是茶叶内含物丰富的体现, 对茶叶品质的好坏有一定的参考价值^[15]。随着海拔的升高, 茶样的水浸出物含量先升高后降低, 数据多重比较结果表明, 海拔 855 m 的茶样水浸出物含量最高, 显著高于其他海拔; 海拔 394 m 茶样的水浸出物含量明显低于其他海拔。在一定海拔高度范围内, 海拔越高, 云雾多, 漫射光多, 昼夜温差大, 这利于茶树有机物积累, 茶叶水浸出物含量高; 但海拔高也存在温度低, 土壤微生物活性微弱等条件, 在一定程度上也影响了茶树生长及物质的合成积累^[16]。

多酚类物质呈现苦和涩两种滋味^[17], 且苦味要强于涩味^[18]。茶多酚是构成茶汤苦涩味的主要呈味物质, 其含量高是茶叶品质优劣的重要化学指标^[19], 茶多酚含量随海拔的升高而降低, 气温较高的低海拔茶区更有利于茶树碳代谢, 有利于茶多酚的积累^[20], 低海拔 (394 m) 茶样的茶多酚含量最高, 达到 25.25%, 显著高于其他海拔高度茶样, 这可能是高海拔环境所产茶叶的茶汤苦涩味相对较低的主要原因^[15]。

游离氨基酸是茶汤鲜爽度的主要因素。氨基酸的含量随着海拔高度的升高而上升, 低、高海拔之间差异显著, 高海拔 (1248 m) 茶样氨基酸含量明显高于低海拔 (394 m) 茶样。高海拔气温较低, 有利于茶树氮素代谢, 从而有利于形成较多的蛋白质和氨基酸等含氮化合物^[16]。氨基酸可弱化茶汤的苦涩味^[11], 海拔的升高对茶汤鲜爽度的增加和苦涩味的减轻都有一定的作用, 本研究结果显示高海拔的茶树资源茶多酚含量显著低于低海拔茶树资源, 高海拔茶树资源氨基酸含量显著高于低海拔茶树资源, 这也可以说明海拔的升高有利于茶叶品质的提升, 尤其对茶叶滋味影响巨大。

咖啡碱含量也是影响茶叶质量的重要因素, 在不同品种和不同生长条件下的茶树之间有所差异, 与其他研究结果相似^[15, 21-23], 茶叶中的咖啡碱含量随海拔的升高而降低, 800~1000 m 海拔之间茶样咖啡碱含量差异不显著; 咖啡碱呈苦味, 结果表明, 800 m 以下海拔茶样的咖啡碱含量显著高于其他海拔, 但多项研究^[24-25]表明咖啡碱与绿茶的苦味并无相关性, 这可能是由于咖啡碱在茶汤中与其他物质的相互作用使其浓度低于苦味阈值^[18, 26-27], 不同海拔咖啡碱含量对茶汤的滋味影响可能不大。综合比较发现高海拔茶树资源咖啡碱含量也是显著低于低海拔茶树资源的, 因此也间接说明了高海拔茶树资源中氮代谢可能优于碳代谢, 高海拔、中海拔、低海拔茶树资源中氮库与碳库分布是协调发展的。

表 2 庐山茶树资源主要生化成分($n=3$)
Table 2 Main biochemical components of tea resource in Lushan ($n=3$)

海拔/m	水浸出物/%	茶多酚/%	游离氨基酸/%	咖啡碱/%
1248	48.33±0.69 ^b	16.55±0.50 ^c	4.20±0.07 ^d	3.00±0.04 ^d
993	47.71±0.23 ^{bc}	17.93±0.84 ^d	4.08±0.06 ^{cd}	3.16±0.04 ^c
984	47.22±0.20 ^c	18.01±0.12 ^{cd}	3.95±0.08 ^{bc}	3.17±0.04 ^c
855	49.23±0.31 ^a	19.32±0.16 ^c	3.83±0.17 ^{ab}	3.15±0.05 ^c
755	47.16±0.15 ^c	20.89±1.25 ^b	3.78±0.11 ^{ab}	3.27±0.03 ^b
394	45.00±0.71 ^d	25.25±0.88 ^a	3.62±0.22 ^a	3.34±0.04 ^a

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 下同。

2.2 庐山茶树资源儿茶素组分分析

庐山茶树资源儿茶素组分含量见表 3~4。随着海拔升高, 儿茶素总量呈先降低后增加的趋势, 低海拔(394 m)茶样儿茶素总量最高, 993 m 海拔左右的茶样儿茶素总量最低; 中高海拔茶树资源中儿茶素总量含量较高的为海拔 855 m 和 755 m, 二者显著高于高海拔茶树资源, 显著低于海拔 394 m 茶树资源。儿茶素含量越高, 茶汤苦涩强度越大^[28], 其涩味阈值由小到大依次是 EGCG<CG<ECG<C<EGC<GC<GCG<EC, 其涩味强度与含量显著相关^[29], 由表 3 可知, 低海拔(394 m)茶样 EGC、EGCG、ECG 含量最高, C、EC 含量最低; 其中, EGC 和 ECG 随着海拔高度的升高而降低, C 和 EC 随海拔高度的升高而增加, 低海拔(394 m)和高海拔(1248 m)的茶样 EGCG 含量都较高, 都明显高于海拔 800 m 左右的茶样含量; 海拔 900 m 以上茶样 GC 的含量明显低于 900 m 以下, 儿茶素可以作为判断茶叶栽培海拔高度的标准^[18]。海拔高度对儿茶素组分含量的影响可能和光照有关, 研究表明光对儿茶素的代谢有双重影响, 一方面光照能加速儿茶素的降解, 一方面又能提高茶树体内苯丙氨酸解氨酶 (phenylalanine ammonia-lyase, PAL) 的活性, 有利于儿茶素的生物合成^[30]。影响最终茶叶品质的不仅是儿茶素的总量, 更主要是儿茶素各组分间的含量及比例, 因此不同海拔茶样加工不同茶类的品质各异, 需

表 3 庐山茶树资源儿茶素组分含量($n=3$)
Table 3 Content of catechin components of tea resource in Lushan ($n=3$)

海拔/m	儿茶素组分/(mg/g)							
	GC	EGC	C	EC	EGCG	GCG	ECG	CG
1248	0.17±0.06 ^b	21.73±0.38 ^d	9.23±0.31 ^a	5.47±0.35 ^a	93.67±5.34 ^b	0.17±0.06 ^c	33.26±0.80 ^d	0.23±0.06 ^c
993	0.07±0.06 ^b	26.87±0.31 ^c	6.77±0.31 ^b	4.47±0.21 ^b	81.30±1.15 ^d	0.37±0.06 ^d	36.10±3.02 ^{cd}	0.23±0.06 ^c
984	0.03±0.06 ^b	26.47±0.55 ^c	6.37±0.25 ^b	4.43±0.32 ^b	86.33±2.15 ^c	1.19±0.19 ^a	38.60±1.05 ^c	0.42±0.03 ^b
855	1.67±0.31 ^a	34.23±0.25 ^b	5.73±0.21 ^c	3.87±0.21 ^c	86.63±1.01 ^c	0.60±0.10 ^c	42.57±0.47 ^b	0.50±0.10 ^{ab}
755	1.83±0.45 ^a	33.70±0.26 ^b	5.63±0.45 ^c	2.87±0.34 ^d	81.03±1.47 ^d	0.90±0.10 ^b	43.53±0.23 ^b	0.60±0.17 ^a
394	1.63±0.15 ^a	41.67±0.59 ^a	4.50±0.36 ^d	2.05±0.28 ^c	108.07±1.62 ^a	0.53±0.06 ^{cd}	46.63±2.15 ^a	0.67±0.06 ^a

进一步结合实际加工方式分析比较。

NETC 和 ETC 对茶汤滋味有着不同的作用, NETC 稍有涩味, 收敛性弱, 回味爽^[31], ETC 作用主要体现在茶汤收敛性上^[32], 是构成涩味的主体^[33]。NETC 含量随海拔升高而降低, 不同海拔高度的茶叶 NETC 之间存在显著差异, 900 m 海拔以上茶样含量明显降低; 低海拔高度的茶叶 ETC 含量为 155.69 mg/g, 明显高于中、高海拔, 993 m 海拔的 ETC 含量最低, 其他海拔之间茶叶 ETC 含量差异不明显。

根据此次实验调查及鲜叶成分分析发现, 高海拔的 900 m 以上茶树资源新梢长势较弱, 树体分枝密度及树干直径都较小, 海拔 900 m 以下随着海拔高度降低, 茶树资源长势越好。高山良好的生态条件能产出好茶, 但这不是绝对的, 茶叶的生化品质也非海拔越高越好。儿茶素总量、NETC 含量分布情况也说明庐山地区茶树资源 900 m 以下所测的儿茶素组分含量优于高海拔茶树资源, 这可能与海拔不同的气候因子差别有关, 尤其是降雨量和空气湿度在一定的高度范围内随这个海拔的升高而增加, 超过一定的高度又下降。再者, 山区雨雾弥漫, 接收日光辐射和光线的质量与低海拔或平地不同, 常常是漫射光及短波紫外光较为丰富, 昼夜温差较大, 结果也显示海拔 800 m 左右的山区具有良好的茶树品质^[15,21]。

2.3 庐山茶树资源成分比较及品质系数分析

由表 5 可知, 随着海拔增加, CAI 呈降低趋势, 低海拔(394 m)茶样的 CAI 明显高于其他海拔茶样; 不同海拔之间 CQI 差异较大, 尤其是高海拔(1248 m)茶样与低海拔(394 m)茶样, 海拔 900 m 以上茶样的 CQI 明显高于海拔 900 m 以下, 综上, 海拔越高, 茶叶的苦涩味越低、持嫩性越好。

酚氨比是茶多酚与氨基酸的比值, 是判定茶类适制性的指标之一, 酚氨比值高的茶树资源适制红茶, 比值低的适制绿茶^[34-35], 传统认为低于 8 适制绿茶, 大于 15 适制红茶, 二者之间红绿兼制^[36-38]。庐山茶树资源的酚氨比随海拔的降低而增大, 范围在 3.94~6.99 之间, 均小于 8, 均适制绿茶, 高海拔茶树资源更适合加工优质绿茶。

表 4 庐山茶树资源 NETC、ETC 含量及儿茶素总量($n=3$)
Table 4 Content of NETC, ETC and total catechin of tea resource in Lushan ($n=3$)

海拔/m	NETC/(mg/g)	ETC/(mg/g)	儿茶素总量/(mg/g)
1248	36.60±0.75 ^e	127.33±6.09 ^b	163.93±5.44 ^c
993	38.17±0.81 ^d	118.00±3.80 ^e	156.17±4.56 ^d
984	37.30±0.53 ^{de}	126.54±3.35 ^b	163.84±3.37 ^c
855	45.50±0.89 ^b	130.30±1.13 ^b	175.80±1.60 ^b
755	44.04±0.97 ^c	126.07±1.68 ^b	170.11±2.49 ^{bc}
394	49.85±0.82 ^a	155.69±2.62 ^a	205.75±2.90 ^a

表 5 庐山茶树资源成分比较及品质系数($n=3$)

Table 5 Quality index and compounds of tea resource in Lushan ($n=3$)

海拔/m	CAI	CQI	酚氨比
1248	10.14±0.67 ^d	584.48±38.36 ^a	3.94±0.05 ^e
993	12.85±0.23 ^c	436.93±10.40 ^c	4.39±0.15 ^d
984	14.03±0.53 ^c	472.11±12.09 ^b	4.56±0.11 ^d
855	17.22±0.70 ^b	377.41±2.16 ^d	5.05±0.22 ^c
755	18.82±0.98 ^b	369.63±3.32 ^d	5.54±0.49 ^b
394	30.44±3.34 ^a	371.28±2.81 ^d	6.99±0.22 ^a

3 结 论

海拔高度的变化引起环境因子的变化,包括光照、温湿度、云雾量等,小区气候影响物质代谢方向和代谢强度^[20]。高山昼夜温差大,利于光合产物的积累,所产茶叶茶汤浓度好,且漫射光多、降雨量大、湿度高,使茶树新梢生长缓慢,芽叶粗壮、持嫩性好^[39],高山气温低,一方面有利于茶树氮素代谢,利于蛋白质和氨基酸等含氮化合物的积累,为茶汤的鲜爽滋味提供一定物质基础;另一方面茶叶碳素代谢的相对缓慢,形成的多酚类物质含量较低,一定程度上减轻茶叶苦涩味。高海拔茶园的气候特征,为茶叶内含物质的积累创造了良好的条件^[40]。

本研究调查了庐山 300~1300 m 间的 6 处资源点茶树资源的主要生化成分,并分析了相关品质系数,结果表明,随着海拔高度增加,茶样茶多酚和咖啡碱含量降低,氨基酸含量升高,酚氨比减小;儿茶素总量先降低后升高,NETC 含量随海拔升高而降低,低海拔高度的茶叶 ETC 含量明显高于其他海拔;儿茶素苦涩味指数随海拔高度增加而降低,儿茶素品质指数变化则与之相反。由此可见,海拔高度对庐山茶树资源的各项生化指标和相关品质系数有着不同程度的影响,海拔相差大的茶样之间差异明显。“高山云雾出好茶”,高海拔的茶树资源内含成分丰富,但茶叶品质的形成并非某一项次生代谢产物单独决定,也不是某一单独指标的影响,而是各种代谢产物综合作用的结果^[9],后续研究可结合加工不同茶类的感官品质及香气成分等分析,充分利用不同海拔高度茶树资源的生化特性,发挥高山茶的优势,改善低山茶的品质。

参考文献

- [1] 康乐民. 江西名茶[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2014.
KANG LM. Jiangxi famous tea [M]. Nanchang: Jiangxi Science &

Technology Press, 2014.

- [2] 江新风, 李文金, 杨普香. 江西省茶树种质资源研究进展[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2016, (5): 29-31.
JIANG XF, LI WJ, YANG PX. Research progress of tea germplasm resources in Jiangxi Province [J]. Newsl Sericul Tea, 2016, (5): 29-31.
- [3] 马力, 黄纪刚, 吴昊. 庐山云雾茶气候品质分析[J]. 中国高新区, 2017, (23): 229-230.
MA L, HUANG JG, WU H. Analysis of climatic quality of Lushan Yunwu tea [J]. Sci Technol Ind Parks, 2017, (23): 229-230.
- [4] RABINOWITCH E. Photosynthesis [J]. Annu Rev Phys Chem, 1951, 2(1): 361-382.
- [5] 程冬梅, 张丽, 韦红飞, 等. 庐山不同海拔茶树光合响应差异研究[J]. 茶叶科学, 2019, (4): 447-454.
CHENG DM, ZHANG L, WEI HF, et al. Different photosynthetic responses of *Camellia sinensis* to Lushan altitude gradient [J]. J Tea Sci, 2019, (4): 447-454.
- [6] 刘晔, 王远兴. 基于 UPLC-QTOF-MS 技术对庐山云雾茶成分分析及真伪判别[J]. 中国食品学报, 2020, 20(7): 269-277.
LIU Y, WANG YX. Analysis of Lu Mountain Clouds-mist tea's composition and authenticity discrimination based on UPLC-QTOF-MS [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2020, 20(7): 269-277.
- [7] 祁兴普, 刘纯友, 倡再勇, 等. 基于风味指纹谱的庐山云雾茶品质等级研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(14): 152-157
QI XP, LIU CY, SI ZY, et al. Study on quality grading of Lushan Cloud-fog tea based on flavor fingerprints [J]. Food Res Dev, 2021, 42(14): 152-157.
- [8] 刘晔, 葛丽琴, 王远兴. 庐山云雾茶挥发性成分主成分分析及产地判别[J]. 食品科学, 2017, 38(24): 60-67.
LIU Y, GE LQ, WANG YX. Analysis of volatile compounds and geographical origin discrimination of Lu Mountain Clouds-mist tea by principal components analysis [J]. Food Sci, 2017, 38(24): 60-67.
- [9] 刘晔, 徐春晖, 王远兴. 色谱质谱技术结合主成分分析鉴别庐山云雾茶真伪[J]. 中国食品学报, 2019, 19(7): 262-274.
LIU Y, XU CH, WANG YX. Identification of Clouds-mist tea from Lu Mountain by chromatography mass spectrometry and principal component analysis [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 19(7): 262-274.
- [10] 王治会, 彭华, 岳翠男, 等. 江西茶树资源功能成分综合评价与种质优选[J]. 河南农业科学, 2020, 49(8): 54-62.
WANG ZH, PENG H, YUE CN, et al. Comprehensive evaluation and germplasm selection of functional tea resources in Jiangxi Province [J]. J Henan Agric Sci, 2020, 49(8): 54-62.
- [11] 阮宇成, 程启坤. 茶儿茶素的组成与绿茶品质的关系[J]. 园艺学报, 1964, (3): 287-300.
RUAN YC, CHENG QK. The relation between the components of tea catechins and the quality of green tea [J]. Acta Horti Sin, 1964, (3): 287-300.
- [12] 施兆鹏, 刘仲华. 夏茶苦涩味化学实质的数学模型探讨[J]. 茶叶科学, 1987, 7(2): 7-12.
SHI ZP, LIU ZH. Probe into mathematical model of chemical essence of bitterness and astringency in summer green tea [J]. J Tea Sci, 1987, 7(2): 7-12.
- [13] 李庆伟. 日照绿茶儿茶素品质指数研究[J]. 农学报, 2014, 4(6): 64-66.
LI QW. Rizhao green tea catechin quality index [J]. J Agric, 2014, 4(6): 64-66.
- [14] 黄亚辉, 谢曼卫, 郭满华, 等. 优质红茶种群--英德野生茶树的生化成分研究[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(1): 25-31.
HUANG YH, XIE MW, GUO MH, et al. Study on biochemical components of high quality black tea population-Wild tea germplasm resources in Yingde [J]. J Tea Commun, 2020, 47(1): 25-31.
- [15] 张伟, 张艺成, 武文文. 豫南大别山区不同海拔高度茶树主要品质成分变化[J]. 新乡学院学报, 2014, 31(2): 16-20.
ZHANG W, ZHANG YC, WU WW. Changes of main quality components

- of tea plants at different altitudes in Dabie Mountain area of southern Henan [J]. *J Xinxiang Univ*, 2014, 31(2): 16–20.
- [16] 方洪生,周迎春,苏有健.海拔高度对茶园环境及茶叶品质的影响[J].*安徽农业科学*,2014,42(20):6573–6575.
FANG HS, ZHOU YC, SU YJ. Effects of different altitude of tea gardens on environment and tea quality [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2014, 42(20): 6573–6575.
- [17] FERRER-GALLEG R, HERNANDEZ-HIERRO JM, RIVAS-GONZALO JC, *et al*. Sensory evaluation of bitterness and astringency subqualities of wine phenolic compounds: Synergistic effect and modulation by aromas [J]. *Food Res Int*, 2014, (62): 1100–1107.
- [18] 岳翠男,王治会,毛世红,等.茶叶主要滋味物质研究进展[J].*食品研究与开发*,2017,38(1):219–224.
YUE CN, WANG ZH, MAO SH, *et al*. The main taste substances in tea research progress [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(1): 219–224.
- [19] 宛晓春,李大祥,张正竹,等.茶叶生物化学研究进展[J].*茶叶科学*,2015,35(1):1–10.
WANG XC, LI DX, ZHANG ZZ, *et al*. Research advance on tea biochemistry [J]. *Tea Sci*, 2015, 35(1): 1–10.
- [20] 宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
WAN XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [21] 周子维,高峰,刘谦,等.周宁高山云雾茶不同茶类的品质和生化特征[J].*福建农林大学学报(自然科学版)*,2021,50(3):328–340.
ZHOU ZW, GAO F, LIU Q, *et al*. Quality and biochemical characteristics of different types of Zhouning Cloud-mist mountain tea [J]. *J Fujian Agric Forest Univ (Nat Sci Ed)*, 2021, 50(3): 328–340.
- [22] 倪子鑫,周子维,刘彬彬,等.“周宁高山云雾茶”绿茶风味成分分析研究[J].*食品工业科技*,2021,42(3):214–221,229.
NI ZX, ZHOU ZW, LIU BB, *et al*. Study on flavor components in “Zhouningcloud-mist mountain tea” green tea [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2021, 42(3): 214–221, 229.
- [23] 吴道良.红河州不同海拔高度茶树主要品质成分与生理学特性的变化[D].武汉:华中农业大学,2008.
WU DL. Variation in tea quality and physiology at different altitude in Honghe, Yunnan [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [24] 杨悦,华再欣,张海伟,等.定量描述分析在茶汤滋味评定中的应用[J].*食品安全质量检测学报*,2015,(5):1619–1625.
YANG Y, HUA ZX, ZHANG HW, *et al*. Application of quantitative descriptive analysis (QDA) method in sensory evaluation of tea infusion taste [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, (5): 1619–1625.
- [25] KEAST RSJ, ROPER J. A complex relationship among chemical concentration, detection threshold and suprathreshold intensity of bitter compounds [J]. *Chem Sens*, 2007, 32(3): 245–253.
- [26] 李再兵.绿茶主要品质成分的浸出动态及其与滋味感官评分的相关性研究[D].杭州:浙江大学,2002.
LI ZB. Studies on the dynamic changes of the main quality components in green tea during brewing and the correlation between the components and the organoleptic evaluation [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2002.
- [27] 罗文文.近红外光谱分析技术对绿茶主要呈味物质定量分析的研究[D].杭州:浙江大学,2007.
LUO WW. Quantitative analysis by NIR analysis technics for the main components of savor in green tea [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.
- [28] NARUKAWA M, KIMATA H, NOGA C, *et al*. Taste characterisation of green tea catechins [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2010, 45(8): 1579–1585.
- [29] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53(13): 5377–5384.
- [30] 黄藩,陈琳,周小芬,等.蓝光、红光对工夫红茶萎凋中鲜叶氨基酸和儿茶素组分含量的影响[J].*福建农业学报*,2015,30(5):509–515.
HUANG F, CHEN L, ZHOU XF, *et al*. Effect of red and blue light exposure during withering on amino acid and catechin content of Congfu black tea [J]. *Fujian J Agric Sci*, 2015, 30(5): 509–515.
- [31] 沈强,张小琴,许凡凡,等.不同时期正安白茶呈味物质变化及滋味评价[J].*食品工业科技*,2020,41(24):31–35,43.
SHEN Q, ZHANG XQ, XU FF, *et al*. Changes of odorous substance and taste attributes of the Zheng'an Baicha in different times [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2020, 41(24): 31–35, 43.
- [32] 江新风,李琛,石旭平,等.高效液相色谱法对“黄金菊”茶中儿茶素和氨基酸组分含量的测定[J].*食品研究与开发*,2021,42(5):172–176.
JIANG XF, LI C, SHI XP, *et al*. HPLC determination of catechin and amino acid components in *Camellia sinensis* ‘Huangjinju’ [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(5): 172–176.
- [33] XIONG L, LI J, LI Y, *et al*. Dynamic changes in catechin levels and catechin biosynthesis-related gene expression in albino tea plants (*Camellia sinensis* L.) [J]. *Plant Phys Biol*, 2013, 71: 132–143.
- [34] YE YL, YAN JN, CUI JL, *et al*. Dynamic changes in amino acids, catechins, caffeine and gallic acid in green tea during withering [J]. *J Food Comp Anal*, 2018, 66: 98–108.
- [35] 王治会,彭华,岳翠男,等.基于生化成分的铅山群体种茶树鲜叶品质分析[J].*食品研究与开发*,2021,42(14):8–13.
WANG ZH, PENG H, YUE CN, *et al*. Analysis of the quality characteristics of fresh Yanshan groups of tea leaves based on biochemical components [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(14): 8–13.
- [36] 陈惠衡,施玲,刘芳.茶多酚测定结果与绿茶品质关系的研究[J].*分析实验室*,2007,26(1):87–89.
CHEN HH, SHI L, LIU F. Study on the relationship between the determination results of tea polyphenols and the quality of green tea [J]. *Chin J Anal Lab*, 2007, 26(1): 87–89.
- [37] 张泽岑.对茶树早期鉴定品质指标和酚氨比的一点看法[J].*茶叶通讯*,1991,(3):24–27.
ZHANG ZC. Some views on quality indexes and phenol ammonia ratio in early identification of tea plants [J]. *J Tea Commun*, 1991, (3): 24–27.
- [38] 许伟,彭影琦,张拓,等.绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J].*食品科学*,2019,40(11):36–41.
XU W, PENG YQ, ZHANG T, *et al*. Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality [J]. *Food Sci*, 2019, 40(11): 36–41.
- [39] 黄纪刚,韩文炎.海拔高度对庐山云雾茶品质的影响[J].*中国茶叶*,2019,41(4):19–21.
HUANG JG, HAN WY. Effect of altitude on the quality of Lushan Yunwu tea [J]. *China Tea*, 2019, 41(4): 19–21.
- [40] 黄寿波.我国主要高山名茶产地生态气候的研究[J].*地理科学*,1986,6(2):125–132.
HUANG SB. Study on ecological climate of main famous alpine tea producing areas in China [J]. *Sci Geograph Sin*, 1986, 6(2): 125–132.

(责任编辑:郑丽韩晓红)

作者简介



李琛,硕士,助理研究员,主要研究方向为茶叶加工。
E-mail: hanwuji1111@126.com



江新风,博士,副研究员,主要研究方向为茶叶加工及资源综合利用。
E-mail: jiangxinyue003@163.com