

不同海拔云南大叶种晒青茶感官品质及主要生化成分差异分析

陈宏宇^{1,2}, 陈金华^{1,2,3}, 熊立瑰^{1,2,3}, 李勤^{1,2,3}, 李娟^{1,2,3}, 李适^{1,2,3},

江鸿键⁴, 张庆华⁵, 黄建安^{1,2,3*}, 刘仲华^{1,2,3}

(¹ 湖南农业大学 茶学教育部重点实验室 长沙 410128

² 国家植物功能成分利用工程技术研究中心 长沙 410128

³ 湖南省植物功能成分利用协同创新中心 长沙 410128

⁴ 云南省临沧市农业农村局 云南临沧 675800

⁵ 云南省临沧市云县地方产业发展服务中心 云南临沧 675800)

摘要 为探究海拔对云南大叶种晒青茶品质的影响,以无量山不同海拔云南大叶种晒青茶为研究对象,采用感官审评、高效液相色谱法、同时蒸馏萃取/气相色谱-质谱法结合主成分分析、正交偏最小二乘法等技术和方法,对其感官品质、主要生化指标、挥发性成分进行比较分析。结果表明,海拔 1 400~1 800 m 的晒青茶(H1)茶汤色泽更浅,亮度更高;海拔 1 800~2 000 m 的晒青茶(H2)涩味减轻,鲜爽味增强;H1 与 H2 主要生化成分和挥发性成分存在显著差异,H1 水浸出物、茶多酚、儿茶素总量、没食子酸、酚氨比、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)含量显著高于 H2,游离氨基酸总量、茶氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸含量显著低于 H2;另外,H1 与 H2 共有 17 种挥发性成分存在显著差异,分别为正癸酸、叶绿醇、壬醛、青叶醛、水芹醛、己酸乙酯、脱氢芳樟醇、邻苯二甲酸二异丁酯、1-乙醇、反式橙花叔醇、法尼基丙酮、大马士酮、香叶醇、4-甲基-3 戊烯-2-酮、亚麻酸甲酯、邻苯二甲酸二正丁酯、橙花醇。本研究结果可为海拔影响茶叶品质的研究提供理论依据。

关键词 海拔;云南大叶种晒青茶;品质成分;主成分分析;正交偏最小二乘法

文章编号 1009-7848(2023)02-0276-12 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.02.027

普洱茶是我国特有名茶之一,历史悠久,广受欢迎。根据加工工艺与品质特征,普洱茶分为普洱生茶与普洱熟茶^[1]。作为普洱茶原料,云南大叶种晒青茶品质与普洱茶品质密切相关。云南大叶种晒青茶以地理保护范围内的云南大叶种鲜叶为原料,经摊放、杀青、揉捻、解块、日光干燥等工艺制成,其香气清香浓郁,滋味浓醇回甘^[1]。目前,云南大叶种晒青茶品质研究主要集中于不同产地品质差异及加工工艺对其的影响等方面。杨雪梅等^[2]研究表明不同茶区晒青茶氨基酸、咖啡碱、儿茶素多样性指数和变异系数均较高,说明云南大叶种茶树资源存在较大变异。戴宇樵等^[3]研究发现,“云抗 10 号”晒青茶加工过程中,从鲜叶到晒青叶,儿茶

素类含量明显下降,茶氨酸含量则先升后降,总趋势为上调,说明加工过程中晒青茶内含物质发生急剧转化。

茶叶鲜叶也是影响云南大叶种晒青茶品质的重要因素,其受到环境条件的影响,如气候、土壤、生物胁迫等^[4-6]。云南大叶种的栽培区域很广,主要分布在 21°~26°N、97°~105°E、海拔 1 000~2 100 m、坡度≤25°的中山山地^[1]。研究表明,不同海拔的茶园环境迥异,海拔每上升 100 m,年平均气温下降 0.65 °C,降水量增加 36.3 mm,相对湿度增加 3.85%,日光照强度曲线呈开口向下的抛物线趋势^[7]。分析海拔对云南大叶种晒青茶品质的影响,对云南大叶种晒青茶的开发和利用具有重要意义。本研究以无量山不同海拔的云南大叶种晒青茶为对象,对其感官品质、主要生化成分、挥发性成分进行比较分析,揭示不同海拔的大叶种晒青茶品质成分差异,旨在为普洱茶加工提供科学依据。

收稿日期: 2022-02-15

基金项目: 科技人才和平台计划(院士专家工作站)项目(202104AC100001-B01);世界大叶茶技术创新中心建设及成果产业化项目(202102AE090038)

第一作者: 陈宏宇,男,硕士生

通信作者: 黄建安 E-mail: jian7513@sina.com

1 材料与方法

1.1 材料

茶叶样品原料来自云南省普洱市无量山(23°~24°N,100°~101°E),于2018年4月采摘一芽一叶或二叶,经杀青、揉捻、干燥制成晒青茶,具体海拔信息见表1。

1.2 试剂

N,N-二甲基甲酰胺(色谱纯级)、乙腈(色谱纯级)、冰醋酸(色谱纯级)、甲醇(色谱纯级)、甲醇(分析纯级)、碳酸钠、福林酚、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、茚三酮、氯化亚锡、三氯化铝、蒽酮、无水葡萄糖、浓硫酸,上海国药集团试剂有限公司。表儿茶素(EC)、表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(D,L-C)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素没食子酯(ECG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、组氨酸、精氨酸、苏氨酸、丙氨酸、脯氨酸、茶氨酸、半胱氨酸、酪氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、癸酸乙酯标准品,美国Sigma公司。

1.3 仪器与设备

LC-2010AHT 高效液相色谱仪、UV-2250 型紫外分光光度计、GC/MS-QP 2010 气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司;DSY-2-8 型水浴锅,常州国华有限公司;MS204TS/00 型电子分析天平,美国 Mettler Toledo 公司;AccQ.Tag™ 色谱柱,美国 Waters 公司;ECOSIL C₁₈ 色谱柱,中国 CNW 公司。

1.4 方法

1.4.1 感官审评方法 参照国家标准 GB/T 23776-2018《茶叶感官审评方法》和 GB/T 14487-2017《茶叶感官审评术语》,由3名专业人员对样品进行100分制评分,并按照加权法计算总分(总分=外形×25%+汤色×10%+香气×25%+滋味×30%+叶底×10%)。

1.4.2 主要生化成分检测方法 茶多酚参考 GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中的方法进行测定,水浸出物参考 GB/T 8305-2013《茶 水浸出物》中的方法进行测定,游离氨基酸总量参考 GB/T 8314-2013《茶 游离氨基酸总量》中的方法进行测定,可溶性糖总量采用

表 1 不同海拔晒青茶样品原料信息

Table 1 Raw material information of dried green tea samples at different altitudes

样品编号	海拔/m
W1	1 400~1 600
W2	1 500~1 800
W3	1 500~1 600
W4	1 500~1 600
W5	1 600~1 800
W6	1 700~1 800
W7	1 800~1 900
W8	1 800~1 900
W9	1 800~2 000
W10	1 900~2 000
W11	1 900~2 000
W12	1 900~2 000

蒽酮比色法进行测定^[8]。

1.4.3 儿茶素组分、生物碱组分、没食子酸含量测定方法 采用高效液相色谱法同时测定6种儿茶素组分(EC、EGC、D,L-C、EGCG、ECG、GCG)、3种生物碱组分(咖啡碱、可可碱、茶碱)和没食子酸。色谱条件:色谱柱为 C₁₈(4.6 mm×150 mm),检测波长 278 nm,进样量 10 μL,柱温 30 ℃,流速 1.0 mL/min,流动相 A 为超纯水,流动相 B 为 *N,N*-二甲基甲酰胺、甲醇、冰醋酸混合液(*V_{N,N}-二甲基甲酰胺*:*V_{甲醇}*:*V_{冰醋酸}*=39.5:2:1.5)。洗脱梯度:流动相 B 初始为 9%,10 min 后上升为 14%,27 min 后升至 36%,保持 4 min,随后于 32 min 降至 9%,至 37 min 时结束。

1.4.4 氨基酸组分测定方法 采用高效液相色谱法同时测定18种氨基酸组分。色谱条件:色谱柱为 Waters ACCQ·Tag™ (3.9 mm×150 mm,5 μm),检测波长 248 nm,进样量 10 μL,柱温 37 ℃,流速 1 mL/min,流动相 A 为 10% ACCQ.Tag™ 液,流动相 B 为 60%乙腈。洗脱梯度:流动相 B 初始为 2%,15 min 时上升至 7%,19 min 时上升至 10%,32 min 时上升至 33%,34 min 时上升至 100%,保持 3 min,随后 39 min 时降至 0%结束。

1.4.5 挥发性成分测定方法

1.4.5.1 香气成分的提取 采用同时蒸馏萃取法(Simultaneous distillation and extraction, SDE)提

取挥发性成分。A瓶(2 000 mL)中装茶样粉末 50 g 和蒸馏水 1 000 mL, B瓶(250 mL)中装入乙醚 50 mL。在 A瓶中加入癸酸乙酯(50 μ g/mL) 1 mL, 分别用电热恒温套和水浴加热 A、B瓶, A瓶保持微沸状态, B瓶 50 $^{\circ}$ C, 蒸馏 45 min。收集萃取液, 加入无水 NaSO_4 后在冰箱中静置过夜后过滤, 滤液用液氮浓缩 1.0 mL, 待 GC/MS 分析用。

1.4.5.2 气相色谱条件 采用 RTX-5ms 石英毛细管柱(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m), 升温程序如下: 柱温 50 $^{\circ}$ C, 保温 4 min; 保持 2 $^{\circ}$ C/min 升温速率升温至 150 $^{\circ}$ C 保温 1 min; 保持 5 $^{\circ}$ C/min 升温速率升温至 180 $^{\circ}$ C 保温 5 min; 保持 10 $^{\circ}$ C/min 升温速率升温至 280 $^{\circ}$ C 保温 30 min。进样口温度 210 $^{\circ}$ C, MS 接口温度 220 $^{\circ}$ C, 分流比 1:10 进样。载气 N_2 , 流速 0.7 mL/min, MS 检测。

1.4.5.3 质谱条件 电子能量 70 eV, 电离方式 EI, 离子源温度 200 $^{\circ}$ C 进样量 2 μ L, 扫描范围: 35~500 amu, 溶剂延滞时间(Solvent delay) 2.8 min。

1.4.5.4 定性与定量分析 用计算机谱库检索(NIST05sLIB)经 GC-MS 分析获得的质谱数据, 与文献值对照并结合质谱匹配度来进行核对, 参考有关茶叶芳香物质成分的分析结果进行组分比较鉴定再从特征离子、相对丰度、实际成分和保留时间等方面进行比较, 确定其化学成分。采用峰面积归一化法进行定量分析, 计算出各组分的相对含量(组分峰面积占总峰面积的百分比)。

1.4.6 数据处理 数据分析采用 Excel、SPSS 25.0、Simca-p 14.1 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同海拔云南大叶种晒青茶的感官品质分析

感官审评结果见表 2, 外形、汤色、香气、滋味和叶底评分均在 85~93 之间, 说明不同海拔的云南大叶种晒青茶等级相当, 具有较好的代表性。不同海拔的云南大叶种晒青茶汤色和滋味差异较大。汤色分析表明, 海拔 1 800 m 以下试样(W1~W6)主要表现为浅黄亮, 海拔 1 800 m 以上试样(W7~W12)主要表现为黄较亮、黄带暗和黄尚亮, 海拔更高汤色色泽加深而亮度降低。滋味分析表明, W7~W12 主要表现为醇浓, 而 W1~W6 主要表现为醇浓或醇厚带涩, 尚爽, 海拔更高其涩味减轻

且鲜爽味增强。

2.2 不同海拔云南大叶种晒青茶的主要生化成分分析

本研究共测定了 12 个试样中水浸出物、茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖、没食子酸、生物碱、儿茶素组分以及氨基酸组分等 34 种主要生化成分含量, 其变化规律如图 1 所示。结果显示, 不同海拔区间的 12 个试样主要分为两类 W1~W6 与 W7~W12; W1~W6 的水浸出物、可可碱、咖啡碱、可溶性糖、酚氨比、茶多酚、儿茶素总量以及儿茶素组分含量高于 W7~W12, 而游离氨基酸总量以及氨基酸组分含量(除蛋氨酸)均为 W1~W6 低于 W7~W12。

主成分分析(Principal component analysis, PCA)是利用降维思想对多个变量的相关性进行统计分析的方法^[9-10]。采用 Simca-p 14.1 软件对 12 个试样的 34 种主要生化指标进行主成分分析, 结果显示, PCA 模型共提取 2 个主成分, 拟合指数为 $R^2=0.671$, 表明 2 个主成分共累计方差贡献度 67.1%, 其中主成分 1 与主成分 2 分别为 46.2%, 20.9%。由 PCA 得分图(图 2)可看出, 12 个试样区分明显, W1~W6 分散于主成分 1 正轴方向, W7~W12 分散于主成分 2 负轴方向。根据 PCA 结果, 可将 12 个试样以海拔 1 800 m 为界分为两组, W1~W6 为海拔 1 400~1 800 m(H1), W7~W12 为海拔 1 800~2 000 m(H2), 这与感官审评结果吻合。

为进一步筛选 H1 和 H2 差异性生化成分, 通过 OPLS-DA 模型分析发现, OPLS-DA 模型拟合指数 $R^2X=0.457$, $R^2Y=0.815$, $Q^2=0.745$, 表明该模型解释 45.7% X 矩阵与 81.5% Y 矩阵, Q^2 为预测指数, 说明该模型具有 74.5% 的预测能力。如图 3 所示, H1 与 H2 在 Y 矩阵上区分明显, 进一步说明 H1 和 H2 试样存在特征性差异物质。为证明此模型稳定可靠, 对其进行置换检验(图 4), 结果显示 Q^2 截距小于 0, 表明该模型不存在过拟合现象。根据 $VIP>1$ 结合 S-plots, 筛选出 16 种特征性差异生化指标, 以 VIP 值由大到小排序依次为甘氨酸、氨基酸总量、异亮氨酸、茶氨酸、儿茶素总量、茶多酚总量、酚氨比、赖氨酸、游离氨基酸总量、谷氨酸、水浸出物、ECG、天冬氨酸、苯丙氨酸、没食

表 2 不同海拔晒青毛茶感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation results of sun-dried green tea at different altitudes											
样品 编号	外形 评语	汤色		香气		滋味		叶底		总分	
		得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语		
W1	尚紧结、有扁条、较匀整、夹嫩茎、黄片、 棕褐尚润、有毫	85	深黄亮	89	清香、带陈气	90	醇厚,带陈、涩	87	尚软、色暗黄	85	87.25
W2	尚紧结、有扁条、尚匀整、夹嫩茎、丝梗、 黄片、黄褐尚润、有毫	89	黄稍深、亮	88	清香、带烟味	85	醇浓、带烟	88	尚软、绿黄尚匀亮	91	87.80
W3	尚紧结、有扁条、尚匀整、有嫩茎,带黄 片、黄褐尚润、有毫	88	浅黄亮	92	清香、高长	92	浓醇	92	较嫩软、绿黄尚亮	90	90.80
W4	尚紧结、有扁条、尚匀整、带丝梗、黄褐尚 润、有毫	86	浅黄亮	91	清香、带花香	92	醇浓、略带涩	89	肥软、绿黄尚亮	91	89.40
W5	较紧结、带扁条、较匀整、夹丝梗、黄片、 黄褐尚润、有毫	89	浅黄亮	92	栗香、高长	92	醇浓尚爽	91	肥软、绿黄较亮	92	90.95
W6	尚紧结、有扁条、尚匀整、带丝梗,夹黄 片、黄褐尚润、有毫	88	黄绿亮	93	清香、较高	90	醇厚尚爽	91	尚软、绿黄尚亮	90	90.10
W7	尚紧结、带扁条、较匀整、夹嫩茎、乌褐尚 润、带毫	88	黄带暗	87	清香、稍闷	88	醇浓、稍闷	89	尚软、绿黄欠亮	87	88.10
W8	尚紧结、多扁条、尚匀整、夹黄片、黄褐尚 润、多毫	88	黄较亮	90	清香、带烟味	87	醇浓、带烟	89	较肥软、绿黄尚亮	92	88.65
W9	尚紧结、有扁条、较匀整、夹丝梗、黄片、 棕褐尚润、有毫	87	绿黄较亮	91	清香、较高长	91	醇浓、略带青	89	较软、黄欠亮	87	89.00
W10	尚紧结、有扁条、较匀整、夹嫩茎、棕褐尚 润、多毫	87	黄尚亮	87	清香、较高长	91	较浓醇	90	较肥软、黄稍暗	87	88.90
W11	尚紧结、有扁条、尚匀整、带嫩茎、丝梗, 夹黄片、棕褐尚润、有毫	85	黄尚亮	88	清香、带陈气	87	醇较浓、带陈	88	尚软、色深暗	85	86.70
W12	较紧结、较匀整、有丝梗、黄褐尚润、显毫	93	黄尚亮	86	栗香、带花香	93	醇浓、带青	88	较嫩软、绿黄较亮	93	90.80

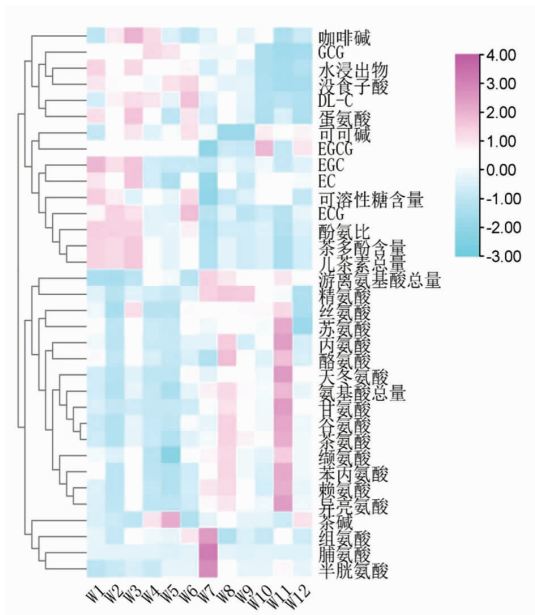


图 1 不同海拔晒青毛茶主要生化成分热图

Fig.1 Heat map of main biochemical components of sun-dried green tea at different altitudes

子酸、GCG。

在 PCA 和 OPLS-DA 基础上，对差异性生化成分进行进一步分析发现 ($P<0.05$), H1 水浸出物、茶多酚以及儿茶素总量、没食子酸、酚氨比、GCG、ECG 显著高于 H2，游离氨基酸总量、茶氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸显著低于 H2(图 5)。

2.3 不同海拔云南大叶种晒青茶挥发性成分分析

12 个试样共确定 65 种挥发性物质(表 3), 其中,醇类 18 种、醛类 9 种、酯类 9 种、酸类 7 种、碳氢类 6 种、酮类 12 种、酚类 1 种、杂氧类 2 种、其它 1 种。醇类相对含量最高(总占比为 40.05%~52.02%),其中芳樟醇、顺式氧化芳樟醇、反式氧化芳樟醇、脱氢芳樟醇、 α -松油醇、香叶醇、橙花醇、叶绿醇、反式橙花叔醇等占比较高。其次是酯类(总占比为 5.15%~8.4%),其中乙酸乙酯、水杨酸甲酯、二氢猕猴桃内酯等占比较高。除此之外,本研究还测定出壬醛、水芹醛、青叶醛、臧红花等醛类化合物,月桂酸、油酸等酸类化合物, D -柠檬烯等碳氢化合物, β -紫罗酮、茉莉酮等酮类化合物。

为探明不同海拔的云南大叶种晒青茶挥发性

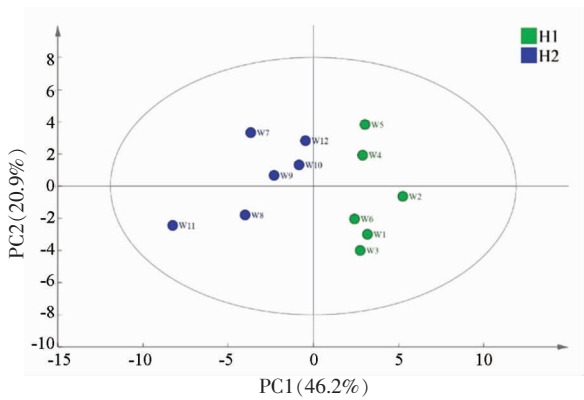


图 2 主要生化成分 PCA 得分图

Fig.2 PCA scores of main biochemical components

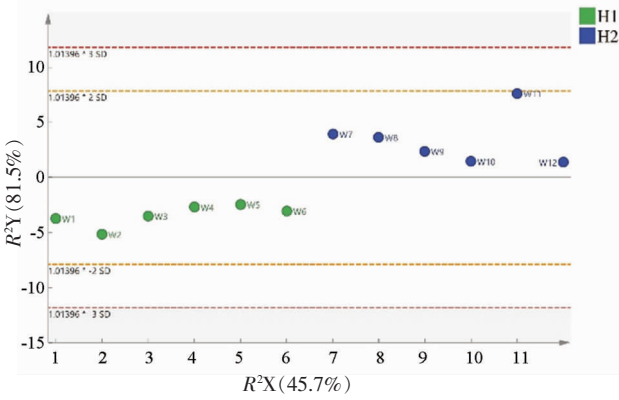


图 3 生化成分 OPLS-DA 得分图

Fig.3 OPLS-DA score chart of biochemical components

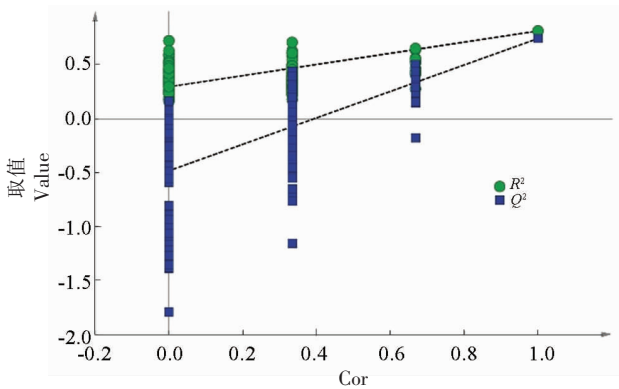


图 4 生化成分 OPLS-DA 模型置换检验图

Fig.4 Permutations test diagram of OPLS-DA model of biochemical components

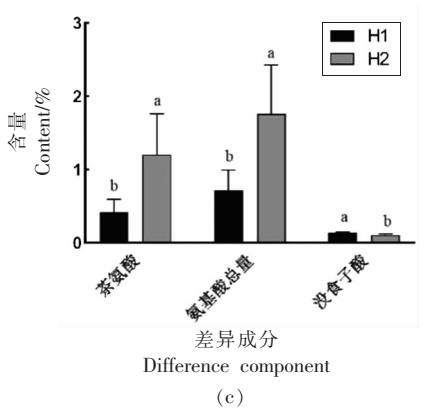
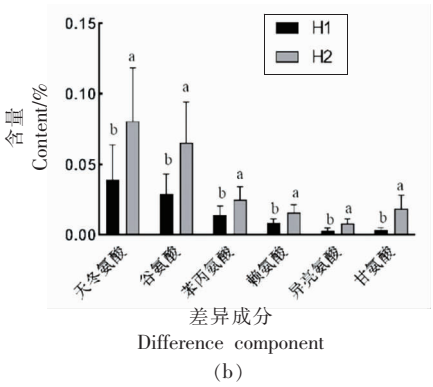
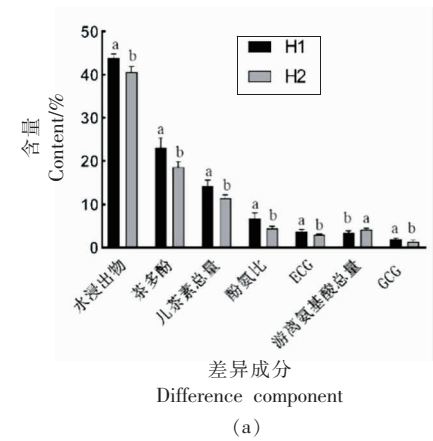
成分差异，进行 PCA 分析表明,PCA 模型拟合指数 $R^2=0.502$ 。如图 6 所示,H1 和 H2 有一定区分。通过 OPLS-DA 模型进一步分析 H1 与 H2 特征性

表 3 挥发性成分测定结果
Table 3 Determination results of volatile component

化合物	编号	保留时间/min	CAS 号	中文名	含量/%											
					W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
醇类	V1	6.181	616-25-1	1-戊烯-3-醇	0.27	0.14	0.39	0.13	0.15	0.41	0.36	0.18	0.13	0.10	0.27	0.07
	V2	8.480	71-41-0	正戊醇	0.00	0.00	1.06	1.77	1.27	2.17	2.42	2.35	2.50	2.02	2.50	0.00
化合物	V3	11.008	111-27-3	1-己醇	0.08	0.00	0.00	0.10	0.07	0.12	0.21	0.13	0.22	0.17	0.10	0.00
	V4	11.675	544-12-7	叶醇	0.00	0.00	0.00	0.27	0.41	0.27	0.69	0.65	0.33	0.33	0.39	0.00
	V5	13.034	5989-33-3	顺式氧化芳樟醇(呋喃)	1.63	1.41	1.34	0.85	0.92	0.62	1.06	1.35	0.82	0.97	0.99	0.00
	V6	13.262	3391-86-4	1-辛烯-3-醇	1.13	1.30	1.39	1.20	1.04	1.94	1.25	1.40	1.70	0.87	1.38	0.51
	V7	13.661	34995-77-2	反式氧化芳樟醇(呋喃)	4.02	3.32	3.49	2.84	3.09	1.49	3.94	6.14	3.27	3.85	3.63	1.98
	V8	15.371	78-70-6	芳樟醇	19.17	16.88	14.19	12.41	13.23	21.39	18.40	14.38	19.13	18.35	18.34	12.83
	V9	16.275	5337-72-4	2,6-二甲基环己醇	0.66	0.59	0.69	0.39	0.19	0.20	0.25	0.25	0.40	0.30	0.37	0.58
	V10	16.598	20053-88-7	脱氢芳樟醇	1.13	1.77	1.49	0.42	0.33	0.46	0.39	0.41	0.36	0.38	0.36	0.49
	V11	15.608	111-87-5	正辛醇	0.00	0.07	1.04	0.71	0.57	0.52	0.12	0.83	0.16	0.00	0.00	0.00
	V12	18.301	98-55-5	α -松油醇	6.12	4.36	4.03	2.61	2.39	3.64	2.73	2.44	3.01	3.29	3.14	3.85
	V13	20.283	106-25-2	橙花醇	1.02	1.25	1.04	0.93	0.87	0.98	0.82	0.77	0.98	1.05	0.84	0.85
	V14	21.146	106-24-1	香叶醇	3.93	3.91	3.88	4.59	4.35	4.42	5.35	5.21	5.45	6.06	5.14	2.99
	V15	22.073	22258	苯乙醇	0.00	0.00	0.00	0.50	0.39	0.23	0.00	0.00	0.38	0.37	0.26	0.00
	V16	23.433	102608-53-7	叶绿醇	7.92	6.23	5.39	11.83	10.82	9.94	11.05	13.24	12.37	10.64	12.16	15.74
	V17	24.491	40716-66-3	反式橙花叔醇	0.67	0.59	0.63	0.75	0.55	0.64	0.67	0.68	0.71	0.87	0.90	0.73
醛类	V18	25.608	77-53-2	雪松醇	0.00	0.11	0.00	0.09	0.04	0.04	0.00	0.06	0.10	0.09	0.08	0.00
化合物	V19	4.466	66-25-1	己醛	0.57	0.53	0.57	0.32	0.36	0.15	0.58	0.60	1.28	0.48	0.32	0.37
	V20	6.820	111-71-7	水芹醛	0.80	0.39	0.97	1.34	0.80	1.80	1.79	1.83	2.43	2.16	2.11	0.48
	V21	7.590	6728-26-3	青叶醛	0.68	1.58	0.95	1.19	0.97	0.15	1.58	2.50	2.00	1.94	2.06	0.61
	V22	9.446	124-13-0	辛醛	0.17	0.18	0.12	0.22	0.13	0.15	0.22	0.16	0.28	0.24	0.00	0.00
	V23	11.993	124-19-6	壬醛	0.82	0.89	1.21	2.36	1.87	2.30	2.51	2.64	4.02	3.21	3.03	0.90
	V24	13.973	100-52-7	苯甲醛	0.51	0.51	0.28	0.17	2.21	0.11	0.16	0.00	0.13	0.08	0.00	0.25
	V25	16.725	432-25-7	β -环柠檬醛	0.94	1.25	1.33	0.80	0.00	0.00	0.82	0.94	1.23	0.84	0.45	0.33
	V26	16.991	122-78-1	苯乙醛	0.33	0.59	0.87	0.75	0.29	0.00	0.00	0.17	0.46	0.00	0.51	0.33
	V27	17.177	116-26-7	藏红花醛	0.52	0.86	0.60	0.33	0.21	0.05	0.27	0.29	0.33	0.29	0.31	0.50
酯类	V28	8.136	123-66-0	己酸乙酯	3.22	2.88	2.30	1.94	1.54	2.12	3.41	2.97	3.74	3.24	3.68	2.01
化合物	V29	19.625	119-36-8	水杨酸甲酯	0.00	0.00	0.00	0.78	0.62	0.44	0.71	1.18	0.59	0.68	0.50	0.00
	V30	21.487	77-68-9	2-甲基-丙酸 3-羟基-2,4-三甲基戊基酯	0.66	0.93	0.81	0.00	0.41	0.48	0.68	0.65	0.92	0.82	0.99	0.68
	V31	21.700	6846-50-0	2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯	0.35	0.41	0.37	0.00	0.15	0.17	0.32	0.23	0.35	0.30	0.38	0.29
	V32	28.836	17092-92-1	二氢猕猴桃内酯	0.79	0.81	0.92	1.03	0.00	0.50	0.27	0.49	0.00	0.00	0.00	1.22
	V33	31.984	112-63-0	亚油酸甲酯	0.00	0.00	0.00	0.09	1.56	1.93	0.09	0.19	0.00	0.14	0.00	0.18
	V34	32.660	84-69-5	邻苯二甲酸二异丁酯	1.72	1.81	1.60	1.16	0.00	0.00	1.65	1.88	1.42	1.66	1.46	2.20

(续表 3)

化合物	编号	保留时间/min	CAS 号	中文名	含量/%											
					W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12
酯类	V35	33.509	7361-80-0	亚麻酸甲酯	0.16	0.00	0.14	0.24	0.25	0.12	0.23	0.41	0.20	0.28	0.15	0.29
	V36	36.937	84-74-2	邻苯二甲酸二正丁酯	0.67	0.70	0.89	0.70	0.62	1.17	0.68	0.40	0.51	0.41	0.57	0.93
	V37	26.361	112-05-0	壬酸	0.64	0.93	0.81	1.54	1.79	1.01	1.36	0.90	0.00	0.93	0.91	0.63
	V38	28.055	334-48-5	正癸酸	0.21	0.27	0.30	0.30	0.30	0.16	0.12	0.00	0.00	0.23	0.21	0.00
	V39	31.566	143-07-7	月桂酸	0.25	0.33	0.00	0.31	0.36	0.27	0.23	0.19	0.00	0.00	0.00	0.34
羧酸	V40	37.302	544-63-8	肉豆蔻酸	0.00	0.58	0.50	0.58	0.83	0.57	0.60	0.20	0.16	0.43	0.30	0.76
	V41	47.386	21128	硬脂酸	0.00	0.00	0.00	0.15	0.20	0.20	0.00	0.14	0.00	0.18	0.00	0.30
	V42	48.067	112-80-1	油酸	0.00	0.31	0.35	0.29	2.55	0.20	0.50	0.00	0.00	0.32	0.37	1.14
	V43	49.382	506-21-8	亚麻酸	1.28	0.86	0.86	1.91	3.61	1.73	1.35	1.06	0.61	0.58	0.87	2.59
	V44	7.182	138-86-3	D-柠檬烯	0.68	0.00	0.44	0.30	0.00	0.34	0.45	0.00	0.00	0.33	0.00	0.26
萜类	V45	9.253	138-86-3	萜品油烯	0.17	0.16	0.19	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.12	0.15	0.00	0.00
	V46	14.569	40467-04-7	2,5,5-三甲基-2-己烯	0.29	0.55	0.69	0.55	0.50	0.84	0.61	0.00	0.76	0.43	0.57	0.00
	V47	22.921	504-96-1	新植二烯	1.30	0.94	1.10	1.00	0.94	0.80	1.00	1.12	1.32	1.04	1.09	1.80
	V48	28.982	629-94-7	正二十一烷	0.43	0.66	1.24	1.38	0.00	2.61	0.48	0.14	0.87	0.99	0.00	0.63
	V49	26.464	95342-27-1	萘	0.99	0.36	0.37	0.14	0.34	0.54	0.12	0.13	0.00	0.75	0.25	0.00
酮类	V50	5.458	141-79-7	4-甲基-3 戊烯-2-酮	0.31	0.53	0.46	0.11	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.08	0.00	0.00
	V51	9.725	4312-99-6	1-辛烯-3-酮	0.30	0.39	0.28	0.17	0.17	0.22	0.00	0.19	0.30	0.15	0.23	0.16
	V52	10.001	2408-37-9	2,6-三甲基环己酮	0.30	0.34	0.28	0.00	0.08	0.13	0.00	0.11	0.21	0.00	0.00	0.00
	V53	10.325	585-25-1	2,3-辛二酮	0.60	0.75	0.64	0.34	0.29	0.00	0.43	0.36	0.59	0.41	0.55	0.36
	V54	10.575	110-93-0	甲基庚烯酮	0.13	0.20	0.24	0.12	0.10	0.19	0.20	0.09	0.25	0.17	0.08	0.00
醇类	V55	20.599	23726-93-4	大马士酮	0.15	0.30	0.34	0.23	0.16	0.10	0.00	0.00	0.18	0.20	0.00	0.14
	V56	21.351	3879-26-3	橙花基丙酮	0.73	1.04	1.05	0.75	0.49	0.00	0.80	0.70	0.98	0.89	1.02	1.09
	V57	22.689	79-77-6	β-紫罗酮	1.82	1.20	1.16	0.00	0.00	0.00	0.64	0.52	0.80	0.64	0.87	1.07
	V58	22.726	488-10-8	茉莉酮	0.00	0.00	0.00	1.49	0.00	1.17	0.65	1.06	0.93	0.88	0.00	0.00
	V59	23.547	23267-57-4	4-[2,2,6-三甲基-7-氧杂二环[4.1.0]庚-1-基]-3-丁烯-2-酮	0.68	0.82	0.74	0.73	0.00	0.18	0.43	0.42	1.07	0.64	0.78	1.15
酚类	V60	26.591	119-60-8	二环己基甲酮	0.00	0.00	0.00	0.85	0.76	0.58	0.66	0.62	0.00	0.66	0.00	0.93
	V61	29.695	1117-52-8	法尼基丙酮	0.48	0.42	0.69	0.38	0.36	0.38	0.23	0.30	0.25	0.32	0.36	0.00
	V62	22.256	128-37-0	2,6-二叔丁基对甲酚	3.10	3.22	2.81	0.86	0.37	0.51	0.71	0.65	0.79	0.61	0.77	0.59
	V63	15.211	130404-02-3	茶螺烷	0.12	0.17	0.17	0.16	0.04	0.23	0.28	0.36	0.39	0.23	0.17	0.00
	V64	29.566	496-16-2	2,3-二氢苯并呋喃	0.00	0.00	0.00	0.56	0.55	0.00	0.00	0.27	0.12	0.17	0.26	0.00
其它	V65	30.350	120-72-9	呋喃	0.11	0.00	0.19	0.88	0.53	0.63	0.37	1.09	0.69	0.51	0.50	0.18



注:不同小写字母表示经过单因素方差分析后差异显著 ($P<0.05$)。

图 5 差异性成分分析结果

Fig.5 Analysis results of difference components

差异挥发性成分表明,拟合指数 $R^2X=0.431$ 、 $R^2Y=0.957$ 、 $Q^2=0.642$ (图 7),12 个试样在 Y 矩阵上得到很好的分离,该模型对 Y 矩阵的解释达 95.7%,对该模型进行置换检验发现, Q^2 截距小于 0 (图 8),表明不存在过拟合现象,模型稳定可靠。根据 $VIP>1$ 结合 S-plots,筛选出 17 种差异性挥发性成

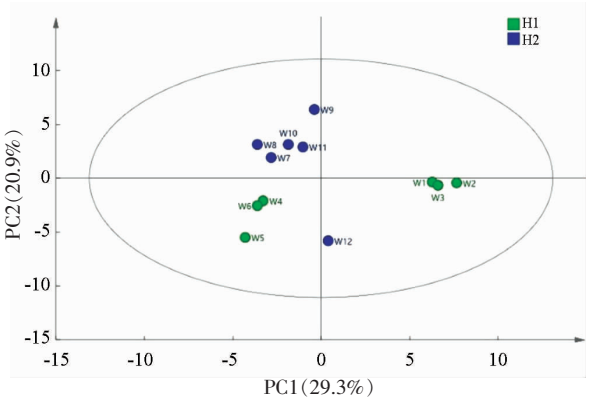


图 6 挥发性成分 PCA 得分图

Fig.6 PCA scores of volatile components

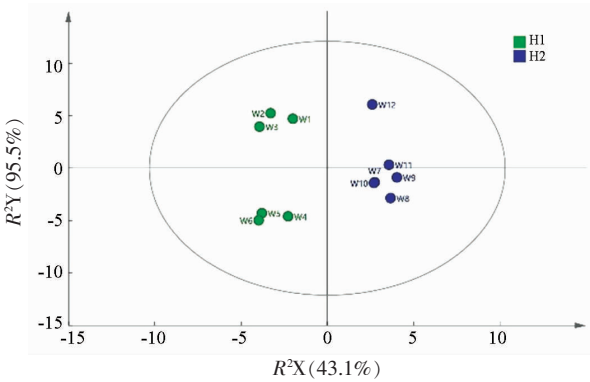


图 7 挥发性成分 OPLS-DA 得分图

Fig.7 OPLS-DA score chart of volatile components

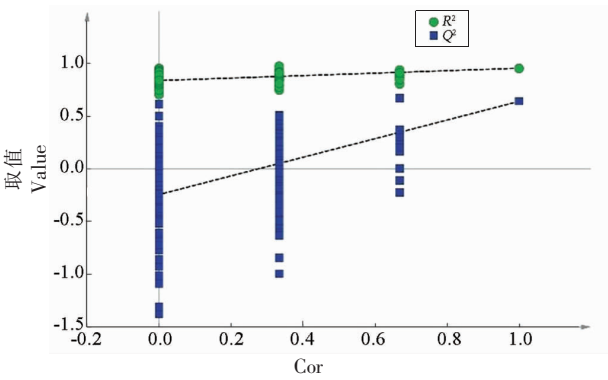


图 8 挥发性成分 OPLS-DA 模型置换检验图

Fig.8 Permutations test diagram of OPLS-DA model of volatile components

分(表 4),包括醇类 6 种、醛类 3 种、酯类 4 种、酮类 3 种、酸类 1 种,这些物质的香气特征多为花果香。

表 4 差异挥发性物质

Table 4 Differential volatile substance					
编号	保留时间/min	CAS 号	中文名	VIP 值	香气特征
V38	28.055	334-48-5	正癸酸	1.4293	-
V16	23.433	102608-53-7	叶绿醇	1.3978	青气
V23	11.993	124-19-6	壬醛	1.3836	花香
V21	7.590	6728-26-3	青叶醛	1.3771	青气
V20	6.820	111-71-7	水芹醛	1.3514	花香
V28	8.136	123-66-0	己酸乙酯	1.3324	果香
V10	16.598	20053-88-7	脱氢芳樟醇	1.3180	花香
V34	32.66	84-69-5	邻苯二甲酸二异丁酯	1.3036	芳香
V3	11.008	111-27-3	1-己醇	1.2870	果香
V17	24.491	40716-66-3	反式橙花叔醇	1.2824	花香
V61	29.695	1117-52-8	法尼基丙酮	1.2658	花香
V55	20.599	23726-93-4	大马士酮	1.2437	-
V14	21.146	106-24-1	香叶醇	1.2414	花香
V50	5.458	141-79-7	4-甲基-3-戊烯-2-酮	1.2158	蜂蜜香
V35	33.509	7361-80-0	亚麻酸甲酯	1.1531	-
V36	36.937	84-74-2	邻苯二甲酸二正丁酯	1.1490	-
V13	20.283	106-25-2	橙花醇	1.0949	果香

注:“-”表示无香气属性。

3 讨论

茶的风味品质受多种成分综合影响,其中茶多酚是影响茶汤浓醇度、收敛性的主要物质,氨基酸则赋予茶汤鲜爽味,其比值称为酚氨比,常作为综合判定茶叶品质的一项重要指标^[11-12]。本研究H2水浸出物、茶多酚、酚氨比、ECG等含量显著低于H1,游离氨基酸、茶氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸等含量显著高于H1,与感官审评结果涩味减轻,鲜爽味增强相符,这与吴道良^[13]的研究结果基本一致。此外,不同海拔的乌龙茶、红茶、绿茶等研究也报导了相似的结果^[14-18]。茶氨酸在光照条件下会分解成乙胺和谷氨酸,用于合成儿茶素^[19-23]。儿茶素属于黄烷醇类化合物,是茶叶中多酚类物质的主体成分,适度遮荫会减少茶叶中多酚类物质含量^[24-26]。高海拔地区降雨量大,云雾缭绕等因素会减少茶园光照时间与强度,这可能是H2茶多酚含量低,茶氨酸含量高的原因之一。没食子酸是可水解单宁的组成部分,具有抗菌、抗炎、抗肿瘤等多种生物学作用,在普洱茶中含量较高^[27]。吴雪钗等^[28]研究表明没食子酸在碱性、中性、强氧化条件下不稳定,在酸性环境、强光、高温条件下稳定。随

着海拔升高,无量山土壤呈强酸性,光照减弱,气温降低,因此可能是高海拔地区漫射光效应及低温导致其含量发生变化^[29]。这可能是本研究中H2没食子酸含量显著低于H1的潜在原因之一。

香气是决定茶叶品质的重要因素之一,其形成除与品种、工艺相关外,与海拔也有一定关联。刘敏等^[30]研究表明芳樟醇、香叶醇、叶绿醇、青叶醛、橙花醇等是云南大叶种晒青茶的主要香气成分,这与本研究结果一致。孙慕芳等^[31]研究表明高海拔处信阳毛尖香气物质种类及含量都显著高于低海拔处,其中高海拔萜烯醇类含量更高、种类更丰富,低海拔含有较高比例的具有木香的芳香物质,与本研究结果不完全一致,可能是产地和品种不同导致。本研究发现,高海拔H2试样中具有花香和果香特征的醇类物质含量最高。Kfoury等^[32]研究表明云南勐海县大叶种茶香气主要差异物质为2-苯基-2-丙醇、壬醛、反式橙花叔醇、异丁基酚、Z-茉莉、4-甲基苯甲酸甲酯、十二醛等,具有花香或果香特征香气,与本研究结果不完全一致,可能是产地不同所致。

4 结论

本研究对无量山海拔1 400~2 000 m云南大叶种晒青茶进行感官审评、主要生化成分及挥发性成分测定,分析发现试样以海拔1 800 m为界存在显著差异,海拔更高试样汤色色泽加深、亮度降低,涩味减轻、鲜爽味增强,氨基酸含量更高而茶多酚含量低;海拔1 400~1 800 m与1 800~2 000 m试样共有差异挥发性成分17种,其中花香和果香成分共11种。本研究结果为海拔对云南大叶种晒青茶品质影响和云南大叶种晒青茶品质特征研究提供了科学依据,为云南大叶种晒青茶的开发和利用以及普洱茶加工奠定了理论基础。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 地理标志产品 普洱茶: GB/T 22111-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Product of geographical indication Puer tea: GB/T 22111-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [2] 杨雪梅, 刘莹亮, 李家华, 等. 基于PCA和聚类分析方法对云南不同茶区晒青毛茶生化成分分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 236-240. YANG X M, LIU Y L, LI J H, et al. Research for biochemical components of sun-dried green tea in different tea areas of Yunnan by using PCA and cluster analysis methods[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(3): 236-240.
- [3] 戴宇樵, 吕才有, 何鲁南, 等. 基于代谢组学的‘云抗10号’晒青茶加工过程代谢物变化[J]. 中国农业科学, 2020, 53(2): 357-370. DAI Y Q, LÜ C Y, HE L N, et al. Metabolic changes in the processing of Yunkang 10 sun-dried green tea based on metabolomics[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2020, 53(2): 357-370.
- [4] 陈晓婷, 王裕华, 林立文, 等. 土壤酸度对茶叶产量及品质成分含量的影响[J]. 热带作物学报, 2021, 42(1): 260-266. CHEN X T, WANG Y H, LI L W, et al. Effects of soil acidity on tea yield and contents of leave quality components[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(1): 260-266.
- [5] 李青建, 罗红, 莫乙冬, 等. 都匀毛尖茶生长的气象指标[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(12): 138-141. LI Q J, LUO H, MO Y D, et al. Meteorological indexes for growth of Duyun Maojian tea[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2019, 47(12): 138-141.
- [6] 王杰, 童璐, 巨学阳, 等. 茶树对茶小绿叶蝉为害的响应及其机制研究进展[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2021, 50(2): 145-154. WANG J, TONG L, JU X Y, et al. Progress on the induced defense of tea plants (*Camellia sinensis*) in response to the attack of tea green leafhopper (*Empoasca onukii*) and its mechanism[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2021, 50(2): 145-154.
- [7] 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 H S, ZHOU Y C, SU Y J. Effects of different elevations of tea gardens on environment and tea quality[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(20): 6573-6575.
- [8] 钟蓼. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 科学技术出版社, 1989: 400-402. ZHONG L. Physicochemical analysis of tea quality [M]. Shanghai: Science and Technology Press, 1989: 400-402.
- [9] 刘晔, 葛丽琴, 王远兴. 3个产地不同等级庐山云雾茶挥发性成分主成分分析[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 206-214. LIU Y, GE L Q, WANG Y X. Principal component analysis of volatile compounds in different grades of Lu Mountain Clouds-Mist Tea from three regions[J]. Food Science, 2018, 39(10): 206-214.
- [10] 王胜鹏, 龚自明, 郑鹏程, 等. 青砖茶茶汤滋味成分分析及品质评价模型建立[J]. 食品科学, 2019, 40(10): 214-219. WANG S P, GONG Z M, ZHENG P C, et al. Qingzhuan Brick Tea infusion: Analysis of taste components and establishment of quality evaluation model[J]. Food Science, 2019, 40(10): 214-219.
- [11] 刘东娜, 聂坤伦, 杜晓, 等. 抹茶品质的感官审评与成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 168-172. LIU D N, NIE K L, DU X, et al. Sensory evaluation and chemical composition of matcha[J]. Food

- Science, 2014, 35(2): 168–172.
- [12] 罗理勇, 曾亮, 李洪军. 重庆地区主要茶树栽培品种生化特性分析[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 119–125.
- LUO L Y, ZENG L, LI H J. Analysis of biochemical components of leaves of principal tea varieties in Chongqing area [J]. Food Science, 2015, 36(4): 119–125.
- [13] 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 D L. Variation in tea quality and physiology at different altitude in Honghe, Yunnan [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [14] CHEN G H, YANG C Y, LEE S J, et al. Catechin content and the degree of its galloylation in oolong tea are inversely correlated with cultivation altitude[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2014, 22(3): 303–309.
- [15] WANG H J, CAO X L, YUAN Z H, et al. Untargeted metabolomics coupled with chemometrics approach for Xinyang Maojian green tea with cultivar, elevation and processing variations[J]. Food Chem, 2021, 352: 129359.
- [16] HAN W Y, HUANG J G, LI X, et al. Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: A climate change perspective[J]. European Food Research and Technology, 2016, 243(2): 323–330.
- [17] CHEN Y L, JIANG Y M, DUAN J, et al. Variation in catechin contents in relation to quality of ‘Huang Zhi Xiang’ Oolong tea (*Camellia sinensis*) at various growing altitudes and seasons [J]. Food Chemistry, 2009, 119(2): 648–652.
- [18] ZHANG C, SUEN C L, YANG C, et al. Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade[J]. Food Chem, 2018, 244(1): 109–119.
- [19] 林伟东, 孙威江, 郭义红, 等. 茶叶中茶氨酸的研究与利用[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(20): 201–206.
- LIN W D, SUN W J, GUO Y H, et al. The research and utilization of theanine in tea[J]. Food Research and Development, 2016, 37(20): 201–206.
- [20] 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.
- WAN X C, LI D X, ZHANG Z Z, et al. Research advance on tea biochemistry[J]. Journal of Tea Science, 2015, 35(1): 1–10.
- [21] GONG A D, LIAN S B, WU N N, et al. Integrated transcriptomics and metabolomics analysis of catechins, caffeine and theanine biosynthesis in tea plant (*Camellia sinensis*) over the course of seasons [J]. BMC Plant Biology, 2020, 20(1): 294.
- [22] VUONG Q V, BOWYER M C, ROACH P D. L-Theanine: Properties, synthesis and isolation from tea[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(11): 1931–1939.
- [23] DENG W W, OGITA S, ASHIHARA H. Distribution and biosynthesis of theanine in *Theaceae* plants [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2009, 48(1): 70–72.
- [24] 孙京京, 朱小元, 罗贤静丽, 等. 不同遮荫处理对绿茶品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(3): 387–390.
- SUN J J, ZHU X Y, LUO X J L, et al. Effects of different degrees of shading on green tea quality[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2015, 42(3): 387–390.
- [25] YANG T Y, XIE Y X, LU X, et al. Shading promoted theanine biosynthesis in the roots and allocation in the shoots of the tea plant (*Camellia sinensis* L.) cultivar Shuchazao[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2021, 69(16): 4795–4803.
- [26] ZHANG Q F, LIU M Y, MUMM R, et al. Metabolomics reveals the within-plant spatial effects of shading on tea plants[J]. Tree Physiology, 2021, 42(2): 317–330.
- [27] 吕海鹏, 林智, 谷记平, 等. 普洱茶中的没食子酸研究[J]. 茶叶科学, 2007, 27(2): 104–110.
- LÜ H P, LIN Z, GU J P, et al. Study on the gallic acid in Pu-erh tea[J]. Journal of Tea Science, 2007, 27(2): 104–110.
- [28] 吴雪钗, 于波涛, 侯艾林, 等. 没食子酸稳定性研究[J]. 西南国防医药, 2006, 16(5): 484–485.
- WU X C, YU B T, HOU A L, et al. Study on stability of gallic acid[J]. Medical Journal of National Defending Forces in Southwest China, 2006, 16(5): 484–485.
- [29] 何蓉, 李玉媛, 杨卫, 等. 无量山自然保护区北段2种森林类型的土壤特性[J]. 西部林业科学, 2004, 33(4): 7–12, 35.
- HE R, LI Y Y, YANG W, et al. Soil characteris-

- tics of two types of forests at North Part of Wuliang Mountains Nature Reserve[J]. Journal of West China Forestry Science, 2004, 33(4): 7-12, 35.
- [30] 刘敏, 胡成芸, 陆绎玮, 等. 普洱茶香气成分研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2013, 126(2): 38-41.
- LIU M, HU C Y, LU Y W, et al. Research progress in aroma constituents of Puer tea[J]. China Tea Processing, 2013, 126(2): 38-41.
- [31] 孙慕芳, 郭桂义, 张莉, 等. 不同海拔高度信阳毛尖茶香气成分的 GC-MS 分析[J]. 河南农业科学, 2014, 43(5): 181-185.
- SUN M F, GUO G Y, ZHANG L, et al. Analysis of Xinyangmaojian Tea aroma components from different altitude by GC-MS[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2014, 43(5): 181-185.
- [32] KFOURY N, SCOTT E R, ORIANI C M, et al. Plant-climate interaction effects: Changes in the relative distribution and concentration of the volatile tea leaf metabolome in 2014-2016 [J]. Front Plant Sci, 2019, 10: 1518.

Analysis of the Difference in Sensory Quality and Main Biochemical Components of Yunnan Large Leaf Sun-dried Green Tea at Different Altitudes

Chen Hongyu^{1,2}, Chen Jinhua^{1,2,3}, Xiong Ligui^{1,2,3}, Li Qin^{1,2,3}, Li Juan^{1,2,3}, Li Shi^{1,2,3},
Jiang Hongjian⁴, Zhang Qinghua⁵, Huang Jianan^{1,2,3*}, Liu Zhonghua^{1,2,3}

⁽¹⁾The Key Laboratory of Tea Science, Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128

⁽²⁾National Engineering Research Center for the Utilization of Plant Functional Ingredients, Changsha 410128

⁽³⁾Collaborative Innovation Center for the Utilization of Plant Functional Ingredients of Hunan Province, Changsha 410128

⁽⁴⁾Agriculture and Rural Bureau of Lincang City, Lincang 675800, Yunnan

⁽⁵⁾The Development Service Center for Local Industry of Yun County, Lincang 675800, Yunnan)

Abstract In order to understand the quality differences of Yunnan large leaf sun-dried green tea at different altitudes, the sensory evaluation, high performance liquid chromatography, simultaneous distillation extraction/gas chromatography-mass spectrometry combined with principal component analysis, orthogonal partial least square-discriminant analysis and other techniques and methods were used to compare the sensory quality, major biochemical components and volatile components of Yunnan large leaf sun-dried green tea at different altitudes in Wuliang Mountain. The results showed that the soup color of sun-dried green tea (H1) from 1 400 m to 1 800 m was lighter and brighter; the astringency of sun-blue tea (H2) from 1 800 m to 2 000 m was reduced and the umami taste was enhanced. The main biochemical and volatile components of H1 and H2 were significantly different; the contents of water extract, tea polyphenols, total catechins, gallic acid, phenol to ammonia ratio, GCG, ECG of H1 were significantly higher than those in H2; the contents of free amino acids, theanine, aspartic acid, glutamic acid, glycine, lysine, isoleucine and phenylalanine were significantly lower than those in H2. In addition, there were 17 volatile components in H1 and H2 with significant differences, namely, n-decanoic acid, chlorophyll alcohol, nonanal, *trans*-2-hexenal, heptanal, ethyl caproate, dehydrolinalool, diisobutyl phthalate, 1-hexanol, *trans*-nerolidol, farnesyl acetone, damascenone, geraniol, 4-methyl-3-penten-2-one, methyl linolenate, di-n-butyl phthalate, and nerolidol. This study will provide some reference value for the research on the effect of altitude on tea quality.

Keywords altitude; Yunnan large leaf sun-dried green tea; quality components; principal component analysis; orthogonal partial least square-discriminant analysis