

大理茶鲜叶制成红茶的品质分析

沙良^{1,2}, 张田芳¹, 陈秋月^{1,2}, 王藤^{2,3}, 陈思琴^{1,2}, 伯年国^{1,2}, 李丽梅¹, 李若愚^{2,3}, 雷鑫^{1,2},
段红星¹, 马燕^{1*}, 赵明^{1,2,3*}

(1. 云南农业大学茶学院, 云南昆明 650201; 2. 云南农业大学云南省药用植物生物学重点实验室, 西南中药材种质创新与利用国家地方联合工程研究中心, 云南昆明 650201; 3. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南昆明 650201)

摘要: 该文以滇红茶(命名为滇红)为对照, 分析大理茶鲜叶制成红茶样品(命名为大理红)的感官特征与生化成分含量。感官审评发现大理红的茶汤橙红明亮、滋味甜醇、花香浓郁, 与滇红相比, 其滋味更甜醇, 浓强度较低。大理红的水浸出物(35.97%)、游离氨基酸(2.21%)、茶多酚(7.11%)、茶黄素(0.12%)、茶红素(5.40%)、咖啡碱(11.17 mg/g)、没食子酸(1.15 mg/g)、儿茶素类化合物(儿茶素、表没食子酸儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、儿茶素没食子酸酯)、黄酮及黄酮苷类物质(槲皮素、芦丁、木犀草素、杨梅素)含量均显著低于滇红($P<0.05$, $P<0.01$)。综上, 大理红具有滋味甜醇、汤色橙红明亮的风味特征以及较低的茶多酚、咖啡碱的物质组成特征。

关键词: 大理茶种; 云南大叶种; 红茶; 生化成分; 品质分析

Quality Analysis of Black Tea Made from *Camellia taliensis* Fresh Leaves

SHA Gen^{1,2}, ZHANG Tianfang¹, CHEN Qiuyue^{1,2}, WANG Teng^{2,3}, CHEN Siqin^{1,2}, BAI Nianguo^{1,2},
LI Limei¹, LI Ruoyu^{2,3}, LEI Xin^{1,2}, DUAN Hongxing¹, MA Yan^{1*}, ZHAO Ming^{1,2,3*}

(1. College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China; 2. The Key Laboratory of Medicinal Plant Biology of Yunnan Province, National & Local Joint Engineering Research Center on Germplasm Innovation & Utilization of Chinese Medicinal Materials in Southwestern China, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China; 3. College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract: In this paper, sensory characteristics and biochemical components of black tea samples made from *Camellia taliensis* (named Dalihong) fresh leaves were analyzed by comparing the Dalihong samples with Yunnan black tea (named Dianhong). It was found in sensory evaluation that Dalihong tea soup was bright, orange-red, sweet and mellow, and rich in flower fragrance. Compared with Dianhong, its taste was more sweet and mellow, while the intensity was lower. Some component contents of water extract (35.97%), free amino acids (2.21%), tea polyphenols (7.11%), theaflavins (0.12%), thearubigins (5.40%), caffeine (11.17 mg/g), gallic acid (1.15 mg/g), catechinic compounds (catechin, epigallocatechin, gallic catechin, epicatechin-3-gallate, catechin gallate), as well as flavonoids and flavonoid glycosides (quercetin, rutin, luteolin, myricetin) in Dalihong were significantly lower than those in Dianhong ($P<0.05$, $P<0.01$). In summary, Dalihong's flavor characteristics were sweet and mellow in taste, and bright and orange-red in soup color. Its material composition characteristics were low in tea polyphenols and caffeine.

Key words: *Camellia taliensis*; *Camellia sinensis* var. *assamica*; black tea; biochemical components; quality analysis

引文格式:

沙良, 张田芳, 陈秋月, 等. 大理茶鲜叶制成红茶的品质分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(23): 18-24.

SHA Gen, ZHANG Tianfang, CHEN Qiuyue, et al. Quality Analysis of Black Tea Made from *Camellia taliensis* Fresh Leaves[J]. Food Research and Development, 2024, 45(23): 18-24.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(32160728); 国家重点研发计划项目(2022YFD1601804)

作者简介: 沙良(2001—), 女(哈尼), 硕士研究生, 研究方向: 茶叶生物化学。

*通信作者: 马燕(1975—), 女(汉), 副教授, 硕士, 研究方向: 茶叶生物化学; 赵明(1979—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 茶叶生物化学。

茶树 [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] 是山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia* L.) 多年生木本常绿植物, 其新梢加工而成的茶叶产品, 是世界上仅次于水的消费最多的饮料^[1-2]。根据加工工艺及产品多酚氧化程度, 可将茶叶分为六大类, 包括微发酵的白茶、半发酵的乌龙茶、部分发酵的黄茶、不发酵的绿茶、全发酵的红茶和后发酵的黑茶^[3-4]。其中, 红茶是采摘鲜叶后, 经过萎凋、揉捻、发酵、干燥等工序加工而成的茶叶产品, 具有“香高、味甜、红汤红叶”的品质特征, 根据加工工艺的不同主要分为工夫红茶、小种红茶和红碎茶 3 种^[5]。2023 年, 中国红茶的产销量分别达到 491.2 万 t 和 5 197 亿元, 稳居中国茶叶市场第二大产茶品类的地位^[6]。我国作为红茶的发源地, 生产的红茶种类繁多, 主要以滇红、祁红、川红为主要代表^[7-8]。

我国西南部的云南省是茶树起源核心区域, 孕育了云南大叶种茶树 (*Camellia sinensis* var. *assamica*) (普洱茶种)。云南大叶种茶树鲜叶具有叶质柔软肥厚、发芽早、育芽力强、生长期长、富含多酚类化合物[表儿茶素没食子酸酯 (epicatechin-3-gallate, ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯 (epigallocatechin gallate, EGCG)、表儿茶素 (epicatechin, EC)、儿茶素 (catechin, C)] 等特点, 所制成的滇红茶具有金毫显露、芽叶肥厚壮实、滋味浓强、汤色红艳、香气馥郁的特征^[9-10]。除茶树外, 云南还分布有非人工栽培的大厂茶 (*Camellia tachangensis* Zhang)、厚轴茶 (*Camellia crassicolumna*)、大理茶 (*Camellia taliensis*) 等的茶组植物^[11]。

大理茶主要分布于云南省西部和西南部以及缅甸北部, 其鲜叶已按照“绿茶”或“红茶”工艺制作成为“野茶”^[12]。例如在云南保山、临沧等地区茶农以大理茶种鲜叶为原料, 经萎凋、揉捻、发酵、干燥等加工工艺制成“大理红茶”^[13], 该茶不仅具有红茶的品质特征, 还带有品种的独特滋味和香气。李国萍等^[14]研究发现, 与采用云南大叶种鲜叶加工而成的红茶相比, 大理茶种所制成的红茶具有香气甜香、滋味鲜醇等特征。大理红作为一种茶叶产品, 其生化成分与品质特征有待进一步研究。

本文收集 5 份云南省临沧凤庆县生产的大理红样品, 并以滇红样品为对照, 进行感官审评以及水浸出物、茶多酚、咖啡碱 (caffeine, CA)、可溶性糖、氨基酸等化学成分测定分析, 以期明确大理红的品质特征。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红茶 (大理红、滇红): 产自云南省临沧市; 福林酚: 北京索莱宝科技有限公司; 鞣酐: 国药集团化学试剂有限公司; 乙酸乙酯: 天津市大茂化学试剂厂; 正丁醇: 天津市致远化学试剂有限公司; 磷酸二氢钾: 上海源叶生物科技有限公司; 葡萄糖: 广东汕头西陇科学股份有限

公司; 茛三酮: 广州科檬生物科技有限公司; 磷酸氢钠、氯化亚锡: 天津市风船化学试剂科技有限公司; 三氯甲烷: 重庆川东化工 (集团) 有限公司; L-谷氨酸: 上海埃博商贸有限公司; 儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素 (gallic catechin, GC)、儿茶素没食子酸酯 (catechin gallate, CG)、表没食子酸儿茶素 (epigallocatechin, EGC)、表儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯 (gallocatechin gallate, GCG)、槲皮素 (quercetin)、杨梅素 (myricetin)、木犀草素 (luteolin)、山奈酚 (kaempferol)、没食子酸 (gallic acid, GA)、鞣花酸 (ellagic acid)、茶碱 (theophylline)、咖啡碱标准品 (色谱纯, 纯度均 $\geq 98\%$): 成都曼思特生物科技有限公司。除特殊标注外, 所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

1200 型高效液相色谱仪: 美国 Agilent 公司; K6600 全波长酶标仪: 北京凯奥科技发展有限公司; MOC63U 240V EXP 水分测定仪: 日本岛津公司; 101-2AB 型电热鼓风干燥箱: 天津市泰斯特仪器有限公司; YS6060 型色差仪: 深圳市三恩时科技有限公司。

1.3 试验方法

按 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》进行茶叶审评^[15]; 色差仪测定茶汤色差值; 采用水分测定仪测定茶叶含水量; 采用恒重法^[16]、福林酚法^[17]、鞣酐-硫酸法^[18]、茛三酮法^[19]测定茶叶水浸出物、茶多酚、可溶性糖和游离氨基酸的含量; 采用高效液相色谱法^[20]测定儿茶素的含量; 按 NY/T 3675—2020《红茶中茶红素和茶褐素含量的测定 分光光度法》^[21]测定茶黄素、茶红素、茶褐素的含量。

1.4 数据处理

每个红茶样品分别提取 3 次进行测定分析。使用 Excel 进行数据的计算、分析和整理; 采用 SPSS 软件进行两样本成对 *T* 检验, GraphPad prism 9.0.0 软件绘制箱式图。

2 结果与分析

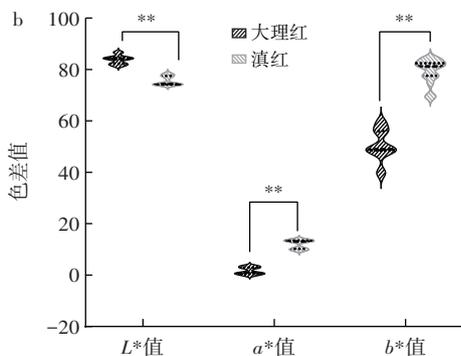
2.1 感官品质特征

两种红茶的感官审评结果及两种红茶茶汤色泽指标如表 1 和图 1 所示。

由表 1、图 1a 可知, 大理红具有外形色泽乌黑、条索紧结, 汤色橙红明亮, 花香浓郁持久, 滋味甜醇, 叶底红匀、柔软的特征; 滇红具有条索粗壮、色泽乌褐, 汤色红浓明亮, 甜香, 滋味浓强稍酸, 叶底红匀、柔软的特征。由图 1b 可知, 大理红的汤色明亮度 L^* 值 (84.00) 极显著高于滇红汤色明亮度 L^* 值 (75.56) ($P < 0.01$); 而红绿度 a^* 值 (1.52) 与黄蓝度 b^* 值 (49.80) 极显著低于滇红的 a^* 值 (12.05) 与 b^* 值 (79.31) ($P < 0.01$), 该结果与大理红汤色橙红明亮, 而滇红汤色红浓明亮结果相

表1 茶样感官审评结果
Table 1 Sensory evaluation of sample tea leaves

样品序号	外形	汤色	香气	滋味	叶底
大理红 1	条索紧结,色泽乌黑,尚润,较匀整洁净,略有老梗	橙黄明亮	花香浓郁持久	甜醇	红匀,柔软,泛青
大理红 2	条索较紧结,色泽乌黑,尚润,欠匀整,较洁净,多黄片	橙红明亮	花香浓郁持久	甜醇	红匀,柔软,泛青
大理红 3	条索紧结,色泽乌黑,尚润,较匀整洁净,有老梗	橙黄明亮	花香浓郁持久	甜醇	红匀,柔软,泛青
大理红 4	条索紧结,色泽乌黑,尚润,匀整,较洁净,有老梗	橙黄明亮	花香浓郁持久	甜醇	红匀,较柔软,泛青
大理红 5	条索较紧结,色泽乌黑,尚润,欠匀整,较洁净,多黄片	橙红明亮	花香纯正悠扬	甜醇稍酸	红匀,柔软,泛青
滇红 1	条索粗壮,色泽乌褐,较润,显毫,较匀整洁净	红浓明亮	花香纯正悠扬	浓厚	红匀,柔软
滇红 2	条索粗壮,色泽乌褐,较润,显毫,较匀整洁净	红浓明亮	焦糖香浓郁	浓强	红匀,柔软
滇红 3	条索紧结,色泽乌褐,尚润,有毫,匀整,洁净	红浓明亮	焦糖香浓郁	浓强	红,柔软,欠匀
滇红 4	条索较紧实,色泽乌褐,尚润,有毫,较匀整洁净	红浓明亮	甜香	浓强稍酸	红,柔软,欠匀
滇红 5	条索粗壮,色泽乌褐,较润,显毫,洁净	红浓明亮	甜香欠醇	苦涩稍酸	红,柔软,欠匀



a. 红茶样品;b. 红茶样品茶汤色差值。**表示大理红与滇红差异极显著($P<0.01$)。

图1 感官审评照片与茶汤色差值

Fig.1 Photos of sensory evaluation and color difference values of tea infusion

符,且与李国萍等^[14]的研究结果相似,均显示出大理红茶具有滋味甜醇的特点。综上,大理红的滋味更甜醇。

2.2 茶叶生化成分含量

茶叶中主要的化学成分包括多酚、多糖、氨基酸、生物碱、有机酸等,各类化学成分的组成,构成了茶叶独特的色、香、味品质^[22]。游离氨基酸、茶多酚、可溶性糖是红茶的主要化学成分,其含量与红茶的感官品质显著相关^[23]。

大理红与滇红中水浸出物、游离氨基酸、茶色素、可溶性糖、茶多酚成分含量如图2所示。

水浸出物是茶汤中主要的滋味物质之一,其含量与茶叶中可溶性物质的数量密切相关,是影响汤色变化与茶汤滋味浓度的重要因素^[24]。由图2可知,大理红的水浸出物含量为35.97%,显著低于滇红(39.33%)($P<0.05$)。游离氨基酸是茶叶品质的重要评价因子之一,它可使茶叶产生鲜爽味,参与茶叶香气物质的形成反应^[25],是滇红茶产生焦糖香味的主要原因之一。大理红的游离氨基酸含量为2.21%,极显著低于滇红(2.65%)($P<0.01$),与感官审评滇红滋味更浓强的结果相符。大理红的可溶性糖含量为3.92%,明显高于滇红(3.70%),这可能是造成大理红茶滋味甜醇的原因。

茶多酚是茶汤苦味及涩味的主要来源,由图2可知,大理红的茶多酚含量为7.11%,极显著低于滇红(11.33%)($P<0.01$),其变化趋势与易桂美等^[26]发现大理茶种加工红茶的茶多酚、儿茶素含量显著低于云南大叶种加工红茶与古树红茶的结果相符。红茶发酵时,多酚类物质会被进一步氧化缩合生成茶黄素、茶红素和茶褐素类物质,这些有色氧化产物是构成红茶独特品质的重要因素^[27]。其中,茶黄素对红茶汤色的明亮度起决定作用,而茶红素是形成红茶汤色红浓度的主要物质,茶褐素则影响着红茶汤色的暗度,含量过多时,会使汤色变得深褐发暗,品质降低^[28-29]。由图2可知,滇红的茶红素含量(6.25%)显著高于大理红

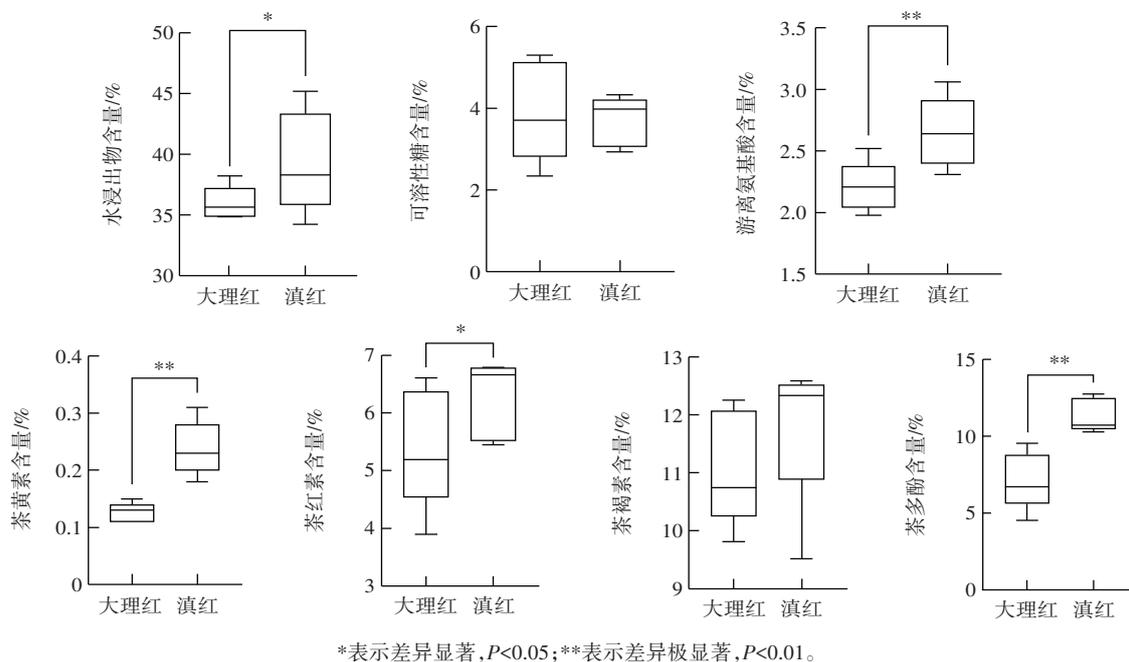


图2 两组红茶中水浸出物、游离氨基酸、茶色素、可溶性糖、茶多酚成分含量

Fig.2 Component contents of water extract, free amino acid, tea pigments, soluble sugar, and tea polyphenols in two groups of black tea

(5.40%) ($P < 0.05$)、茶黄素含量(0.24%)极显著高于大理红(0.12%) ($P < 0.01$),这可能是大理红汤色橙黄,滇红汤色红浓的主要原因。

儿茶素类化合物是茶树茶多酚的主要组成成分,主要分为非酯型儿茶素和酯型儿茶素两类,其中非酯型儿茶素有C、EC、GC、EGC;酯型儿茶素有CG、ECG、GCG、EGCG^[30]。Scharbert等^[31]通过定量、味觉重建和

味觉缺失试验对红茶滋味物质进行研究,发现儿茶素类物质有较强的苦涩味和收敛性,其中酯型儿茶素滋味苦涩、抗氧化能力强,而非酯型儿茶素滋味回甘稍甜、涩味较强。大理红与滇红的儿茶素类物质成分含量如图3所示。

由图3可知,大理红的非酯型儿茶素的总含量为9.59 mg/g、酯型儿茶素总含量为3.41 mg/g。滇红的非

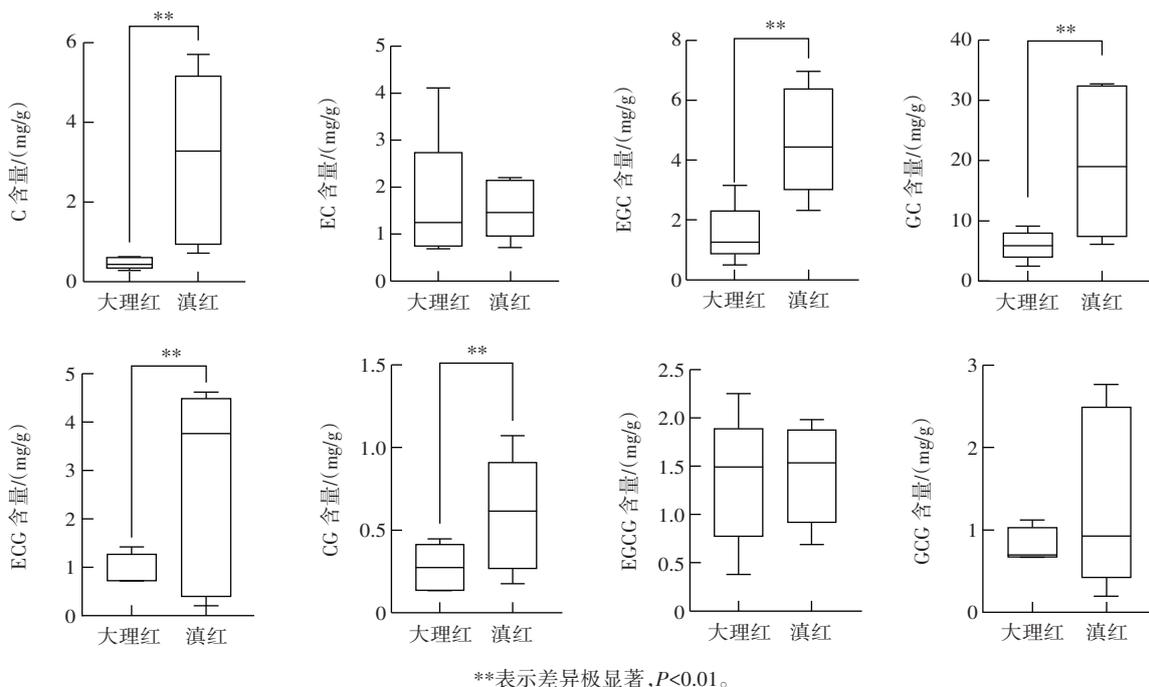


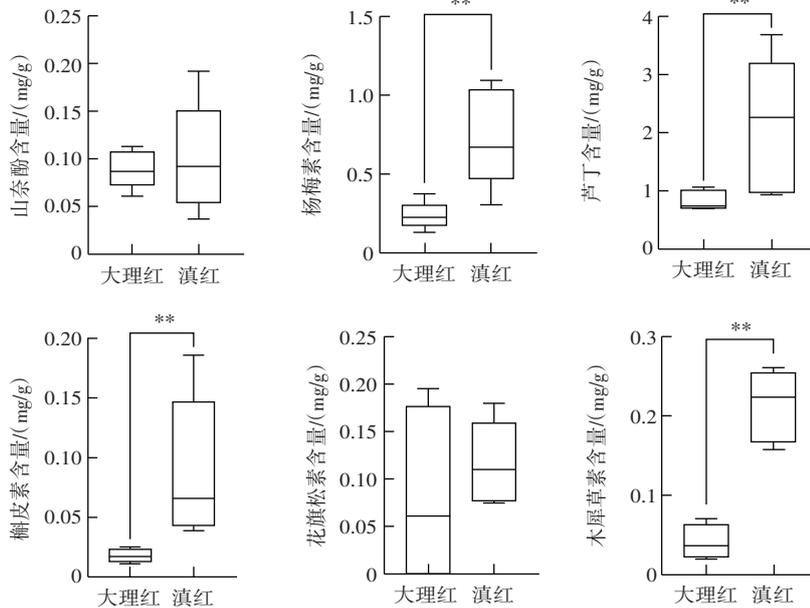
图3 两组红茶中儿茶素类物质成分含量

Fig.3 Component contents of catechins in two groups of black tea

酯型儿茶素的含量为 29.02 mg/g、酯型儿茶素含量为 6.08 mg/g。滇红的非酯型儿茶素 C、GC、EGC 与酯型儿茶素 ECG、CG 的含量极显著高于大理红 ($P<0.01$), 可能是造成滇红滋味浓强、苦涩, 而大理红苦涩味低的主要原因。

黄酮类化合物是茶叶的重要组成成分, 赋予了茶叶独特的色泽与滋味, 具有重要的抗氧化、抗炎和抗癌

特性^[32]。黄酮醇会与糖结合形成黄酮苷, 是红茶中主要的涩味物质, 具有较低的阈值, 使茶汤呈现柔和的涩感, 对咖啡碱的苦味具有增强效果^[33]。在茶叶中发现的黄酮类化合物主要有黄酮醇及其苷类, 占茶叶干物质的 3%~4%^[34]。红茶中山奈酚、杨梅素、芦丁、槲皮素、花旗松素、木犀草素 6 种黄酮及黄酮苷类物质含量见图 4。



**表示差异极显著, $P<0.01$ 。

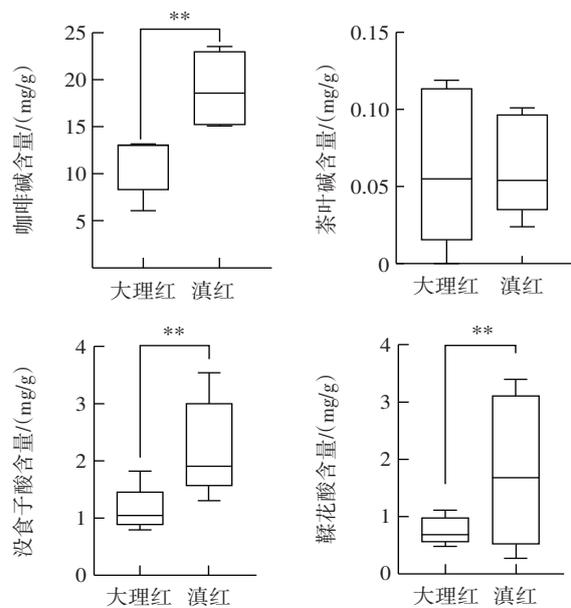
图 4 两组红茶中黄酮类物质成分含量

Fig.4 Component contents of flavonoids in two groups of black tea

由图 4 可知, 大理红中黄酮及黄酮苷类的总含量为 1.28 mg/g, 滇红中黄酮及黄酮苷类的总含量为 3.36 mg/g。其中, 滇红中的木犀草素、杨梅素、槲皮素、芦丁含量极显著高于大理红 ($P<0.01$), 而花旗松素、山奈酚含量差异不显著 ($P>0.05$)。

茶叶中的生物碱主要有茶叶碱、咖啡碱和可可碱 3 种, 可可碱和茶叶碱呈苦味, 在茶叶中的含量较低^[35]。咖啡碱与儿茶素、氨基酸等络合, 可使茶汤产生先苦后甘的滋味特征, 具有预防糖尿病、心血管疾病、抗癌和改善记忆障碍等生理功能^[36]。红茶中酚酸类物质与嘌呤碱类物质成分含量见图 5。

由图 5 可知, 大理红中咖啡碱含量 (11.17 mg/g) 极显著低于滇红 (19.01 mg/g) ($P<0.01$), 与大理红滋味苦度更低的感官审评结果相符。徐亚文等^[37]对野生滇红工夫红茶与传统滇红工夫红茶间的品质差异进行研究, 发现野生滇红的咖啡碱含量 (9.54 mg/g) 明显低于传统滇红工夫红茶的咖啡碱含量 (14.60 mg/g), 其变化趋势与本研究结果相符。茶汤中的酸味物质主要有没食子酸、水溶性有机酸类等^[9]。由图 5 可知, 大理红中没食子酸含量 (1.15 mg/g)、鞣花酸含量



**表示差异极显著, $P<0.01$ 。

图 5 两组红茶中酚酸类物质与嘌呤碱类物质成分含量
Fig.5 Component contents of phenolic acids and purine bases in two groups of black tea

(0.75 mg/g)极显著低于滇红中没食子酸含量(2.21 mg/g)、鞣花酸含量(1.79 mg/g)($P<0.01$),与滇红滋味稍酸的感官审评结果相符。

3 结论

本研究发现大理红具有汤色橙红明亮、滋味甜醇、花香浓郁的品质特点,滇红具有汤色红浓明亮、滋味浓强、呈甜香或焦糖香的特点。而大理红的水浸出物(35.97%)、游离氨基酸(2.21%)、茶多酚(7.11%)、茶黄素(0.12%)、茶红素(5.40%)、咖啡碱(11.17 mg/g)、没食子酸(1.15 mg/g)、非酯型儿茶素(C、EGC、GC)、酯型儿茶素(ECG、CG)、黄酮及黄酮苷类(槲皮素、芦丁、木犀草素、杨梅素)等物质含量均显著低于滇红($P<0.05$, $P<0.01$)。两种红茶产品间品质差异明显,大理红具有独特的品质风味特征。目前,还没有茶树近缘物种鲜叶加工成茶叶的标准,大理茶多冠以“野茶”的名称,作为农产品销售。未来,应系统开展安全性评估与成分分析等研究,以推动云南大理茶、大厂茶等茶树近缘物种鲜叶加工的产品的规范化发展。

参考文献:

- [1] XI S Q, CHU H Y, ZHOU Z J, et al. Effect of potassium fertilizer on tea yield and quality: A meta-analysis[J]. *European Journal of Agronomy*, 2023, 144: 126767.
- [2] AHAMMED G J, LI X. Hormonal regulation of health-promoting compounds in tea (*Camellia sinensis* L.)[J]. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB*, 2022, 185: 390-400.
- [3] NING J M, LI D X, LUO X, et al. Stepwise identification of six tea (*Camellia sinensis* L.) categories based on catechins, caffeine, and theanine contents combined with fisher discriminant analysis[J]. *Food Analytical Methods*, 2016, 9(11): 3242-3250.
- [4] MENG J M, CAO S Y, WEI X L, et al. Effects and mechanisms of tea for the prevention and management of diabetes mellitus and diabetic complications: An updated review[J]. *Antioxidants*, 2019, 8(6): 170.
- [5] 李琛, 岳翠男, 杨普香, 等. 工夫红茶特征香气研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(22): 8834-8842.
LI Chen, YUE Cuinan, YANG Puxiang, et al. Research progress on characteristic aroma of Congou black tea[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(22): 8834-8842.
- [6] WANG L L, XIE J L, MIAO Y W, et al. Exploration of the effects of geographical regions on the volatile and non-volatile metabolites of black tea utilizing multiple intelligent sensory technologies and untargeted metabolomics analysis[J]. *Food Chemistry: X*, 2024, 23: 101634.
- [7] WANG Y J, LI T H, LI L Q, et al. Evaluating taste-related attributes of black tea by micro-NIRS[J]. *Journal of Food Engineering*, 2021, 290: 110181.
- [8] REN G X, NING J M, ZHANG Z Z. Multi-variable selection strategy based on near-infrared spectra for the rapid description of Dianhong black tea quality[J]. *Spectrochimica Acta Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2021, 245: 118918.
- [9] 宛晓春. 茶叶生物化学: 面向 21 世纪课程教材 茶学专业用[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2007.
WAN Xiaochun. *Tea biochemistry: A curriculum textbook for tea science in the 21st century*[M]3th. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [10] 王近近, 滑金杰, 江用文, 等. 云南大叶种茶鲜叶原料的物化特性比较[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(22): 58-70.
WANG Jinjin, HUA Jinjie, JIANG Yongwen, et al. Comparison of physicochemical properties of fresh leaves among large-leaf tea cultivars in Yunnan[J]. *Food Research and Development*, 2022, 43(22): 58-70.
- [11] 孙雪梅, 黄玫, 刘本英, 等. 云南野生茶树的地理分布及形态多样性[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(25): 277-288.
SUN Xuemei, HUANG Mei, LIU Benying, et al. Geographic distribution and morphological diversity of wild tea germplasms from Yunnan[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(25): 277-288.
- [12] PIRBALOUTI A G, MOHAMADPOOR H, BAJALAN I, et al. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oils from inflorescences of two landraces of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (bieb.) cultivated in southwestern, Iran[J]. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2019, 22(4): 1074-1081.
- [13] 范捷, 王秋霜, 秦丹丹, 等. 红茶品质及其相关生化因子研究进展[J]. *食品科学*, 2020, 41(3): 246-253.
FAN Jie, WANG Qiushuang, QIN Dandan, et al. Recent progress in black tea quality and related biochemical factors[J]. *Food Science*, 2020, 41(3): 246-253.
- [14] 李国萍, 李家锋, 朱海燕. 盈江大理茶种与凤庆大叶种芽茶香气差异分析[J]. *食品工业科技*, 2024, 45(5): 281-291.
LI Guoping, LI Jiafeng, ZHU Haiyan. Analysis of aroma differences between Yingjiang *Camellia taliensis* and Fengqing large-leaved species bud tea[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(5): 281-291.
- [15] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. *Methodology for sensory evaluation of tea: GB/T 23776—2018*[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [16] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶水浸出物测定: GB/T 8305—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. *Tea Determination of water extracts content: GB/T 8305—2013*[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [17] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. *Determination of total polyphenols and catechins content in tea: GB/T 8313—2018*[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [18] 傅博强, 谢明勇, 聂少平, 等. 茶叶中多糖含量的测定[J]. *食品科学*, 2001, 22(11): 69-73.
FU Boqiang, XIE Mingyong, NIE Shaoping, et al. Method simplified in assaying tea polysaccharide[J]. *Food Science*, 2001, 22(11): 69-73.
- [19] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶

- 游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Tea Determination of free amino acids content: GB/T 8314—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [20] NIAN B, CHEN L J, YI C, et al. A high performance liquid chromatography method for simultaneous detection of 20 bioactive components in tea extracts[J]. Electrophoresis, 2019, 40(21): 2837-2844.
- [21] 中华人民共和国农业农村部. 红茶中茶红素和茶褐素含量的测定 分光光度法: NY/T 3675—2020[S]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Determination of thearubigins and theaflavins content in black tea Spectrophotometric method: NY/T 3675—2020[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [22] 张文娟, 刘雪娜, 李丽维, 等. 茶多酚生理机制及其保健食品研发进展[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(5): 217-224.
- ZHANG Wenjuan, LIU Xuena, LI Liwei, et al. Physiological mechanism of tea polyphenols and development of their health food[J]. Food Research and Development, 2023, 44(5): 217-224.
- [23] 吴英. 万州燕山红茶鲜叶产量及品质动态变化研究[D]. 重庆: 重庆三峡学院, 2021.
- WU Ying. Study on the dynamic changes of yield and quality of fresh leaves of Yanshan black tea in Wanzhou[D]. Chongqing: Chongqing Three Gorges University, 2021.
- [24] 李芬, 陈春林, 田玉萍, 等. 云南不同品种大叶种茶树生化成分季节变化特征分析[J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(3): 88-95.
- LI Fen, CHEN Chunlin, TIAN Yuping, et al. Seasonal variation of biochemical components of different cultivars of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2022, 41(3): 88-95.
- [25] 方仕茂, 张拓, 杨婷, 等. 基于 HPLC-FLD 靶向分析古茶树游离氨基酸积累特征[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(4): 1070-1077.
- FANG Shimao, ZHANG Tuo, YANG Ting, et al. Targeted analysis of free amino acid accumulation characteristics of ancient tea trees based on HPLC-FLD[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2022, 38(4): 1070-1077.
- [26] 易桂美, 毛鸿霖, 李佳乾, 等. 不同原料滇红工夫红茶品质特征差异分析[J]. 中国茶叶, 2023, 45(6): 60-66.
- YI Guimei, MAO Honglin, LI Jiaqian, et al. Analysis on the difference of quality characteristics of Dianhong congou black tea processed with different raw materials[J]. China Tea, 2023, 45(6): 60-66.
- [27] HUA J J, XU Q, YUAN H B, et al. Effects of novel fermentation method on the biochemical components change and quality formation of Congou black tea[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 96: 103751.
- [28] BHUYAN L P, BORAH P, SABHAPONDIT S, et al. Spatial variability of theaflavins and thearubigins fractions and their impact on black tea quality[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(12): 7984-7993.
- [29] TAKEMOTO M, TAKEMOTO H. Synthesis of theaflavins and their functions[J]. Molecules, 2018, 23(4): 918.
- [30] 杨春, 陈正武, 乔大河, 等. 115 份贵州茶树种质茶多酚及儿茶素多样性分析及特异种质筛选[J]. 西北农业学报, 2022, 31(11): 1470-1480.
- YANG Chun, CHEN Zhengwu, QIAO Dahe, et al. Diversity analysis of tea polyphenols and catechins of 115 tea plant germplasms in Guizhou and its screening of specific resources[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2022, 31(11): 1470-1480.
- [31] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13): 5377-5384.
- [32] HE H F, WEI K, YIN J F, et al. Insight into tea flavonoids: Composition and chemistry[J]. Food Reviews International, 2021, 37(8): 812-823.
- [33] JOSHI R, GULATI A. Fractionation and identification of minor and aroma-active constituents in Kangra orthodox black tea[J]. Food Chemistry, 2015, 167: 290-298.
- [34] BAG S, MONDAL A, MAJUMDER A, et al. Tea and its phytochemicals: Hidden health benefits & modulation of signaling cascade by phytochemicals[J]. Food Chemistry, 2022, 371: 131098.
- [35] NHU-TRANG T T, NGUYEN Q D, CONG-HAU N, et al. Characteristics and relationships between total polyphenol and flavonoid contents, antioxidant capacities, and the content of caffeine, gallic acid, and major catechins in wild/ancient and cultivated teas in Vietnam[J]. Molecules, 2023, 28(8): 3470.
- [36] ZHU Q F, LIU L J, LU X F, et al. The biosynthesis of EGCG, theanine and caffeine in response to temperature is mediated by hormone signal transduction factors in tea plant (*Camellia sinensis* L.)[J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1149182.
- [37] 徐亚文, 牛淼, 刘娜, 等. 传统滇红工夫红茶与野生滇红工夫红茶的品质分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(6): 335-344.
- XU Yawen, NIU Miao, LIU Na, et al. Quality analysis of traditional and wild Yunnan congou black tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(6): 335-344.

加工编辑: 张昱
收稿日期: 2023-12-13