

3 种紫芽茶不同成熟度芽叶特性及生化成分分析

杨雪梅^{1#}, 赵建锐^{1#}, 赵远艳², 罗 斯¹, 兰茗清¹, 任海涛^{1*}

(1. 滇西应用技术大学普洱茶学院, 普洱 665099; 2. 普洱市茶叶科学研究所, 普洱 665000)

摘 要: **目的** 研究不同成熟度紫芽茶芽叶特性及其生化成分含量与成熟度的相关性。**方法** 以思茅茶树良种场资源圃的紫娟、丹妃、水塘黑茶 3 个品种为原料, 采用茶树种质资源描述规范法对芽叶特性进行描述, 高效液相色谱法分析茶叶内含成分含量, 并对其与成熟度的相关性进行分析。**结果** 供试样内含成分随成熟度呈现不同程度的变化, 其中花青素含量与芽叶红紫色深浅程度呈正相关, 与成熟度呈负相关, 花青素含量变幅为 0.14~3.63 mg/g。茶多酚、咖啡碱、儿茶素、水浸出物同成熟度呈现负相关; 不同成熟度氨基酸含量变化 1.09%~5.85%, 其中含量最高的是水塘黑茶, 其次是丹妃; 咖啡碱含量 2.58%~5.76%, 其中含量最高的是紫娟, 其次是丹妃; 茶多酚含量 6.36%~31.21%、儿茶素含量 2.42%~24.03%、水浸出物含量 22.93%~41.30%, 其中含量最高的均是丹妃。**结论** 紫色品种茶中的内含成分丰富, 具有较高的茶多酚、咖啡碱、氨基酸和儿茶素, 其中丹妃内含成分含量均较高, 单芽的花青素含量达 3.63 mg/g, 可作为高产优质、高花青素茶树品种的选育对象。

关键词: 紫芽茶; 不同成熟度; 芽叶特性; 生化成分; 相关性分析

Characteristics and biochemical component analysis of bud and leaf with different maturity of 3 kinds of purple bud tea

YANG Xue-Mei^{1#}, ZHAO Jian-Rui^{1#}, ZHAO Yuan-Yan², LUO Si¹,
LAN Ming-Qing¹, REN Hai-Tao^{1*}

(1. Pu-erh Tea College, West Yunnan University of Applied Sciences, Pu'er 665099, China;
2. Tea Science Research Institute of Pu'er City, Pu'er 665000, China)

ABSTRACT: Objective To study the bud and leaf characteristics, correlation between the content of biochemical components and maturity of purple bud tea with different maturity. **Methods** With 3 varieties of Zijuan, Danfei and Water Pond Hei Cha came from the field gene bank in Simao Tea Plant Seed Farm as raw materials. The bud and leaf characteristics were described by descriptive standard method of tea germplasm resources, the content of biochemical components was analyzed by high performance liquid chromatography, and the correlation between tea components and maturity was analyzed. **Results** The biochemical components of the samples varied with maturity, in terms of anthocyanin content was positively correlated with the color of bud and leaf expressing red and purple, anthocyanin content was negatively correlated with the bud and leaf maturity; the variation of anthocyanin content was 0.14~3.63 mg/g. Tea polyphenols, caffeine, catechins and water extracts showed a negative correlation with the bud and leaf maturity; changes of amino acid content in different bud and leaf maturity were 1.09%~5.85%, among them, the highest content

基金项目: 滇西应用技术大学普洱茶学院 2023 年院级项目(2023YJXM01)

Fund: Supported by the 2023 Project of Pu'er Tea College, Western Yunnan University of Applied Technology (2023YJXM01)

#杨雪梅、赵建锐为共同第一作者

YANG Xue-Mei and ZHAO Jian-Rui are Co-first Authors

*通信作者: 任海涛, 硕士, 副教授, 主要研究方向为茶叶品质化学、茶树栽培育种。E-mail: 541813288@qq.com

*Corresponding author: REN Hai-Tao, Master, Associate Professor, Pu-erh Tea College, West Yunnan University of Applied Sciences, No.68, Foliangshang, Pu'er 665099, China. E-mail: 541813288@qq.com

was Water Pond Hei Cha, secondly was Danfei; changes of caffeine content were 2.58%–5.76%, among them, the highest content was Zijuan, secondly was Danfei; changes of tea polyphenols content were 6.36%–31.21%, changes of catechin content were 2.42%–24.03%, changes of water extract content were 22.93%–41.30%, among them, the highest content was Danfei. **Conclusion** Purple tea varieties are rich in components, which have high tea polyphenols, caffeine, amino acid and catechins. Among them, the contents of Danfei are higher than other purple tea varieties, its anthocyanin content of single bud is up to 3.63 mg/g, which can be used as a breeding target for high yield, high quality and high anthocyanin tea cultivars.

KEY WORDS: purple bud tea; different maturity; bud and leaf characteristics; biochemical components; correlation analysis

0 引言

云南作为世界茶树的起源中心和原产地, 茶树种质资源丰富, 为茶叶科学研究提供了巨大的遗传资源和基因源^[1]。紫芽茶树作为一种高花青素含量的特异性茶树资源, 芽叶呈现紫色、红色或红紫色, 芽叶呈现紫色的主要原因是紫芽茶树芽叶中花青素的积累, 因此, 紫芽茶花青素含量远高于黄绿色芽叶^[2-5]。花青素属类黄酮化合物, 是紫芽茶中不可缺少的次生代谢物, 是天然可食用色素, 有助于改善人体健康且安全、无毒, 作为天然抗氧化剂在自然界中广泛存在, 营养价值高, 资源丰富。研究表明, 花青素具有防癌抗癌、预防阿尔茨海默症、保护肝脏、保护心血管增进视力、改善视力、抗肿瘤、调节血糖、抗炎、抗菌、调节免疫等多种生物活性, 在抗氧化、抗衰老方面效果显著^[6-9]。近年来, 紫芽茶因其高花青素带来的各项保健功效而备受青睐。红紫色茶树芽叶逐渐得到重视, 在品种的选育、生化成分的分析以及产品的开发等相关研究上取得了进展^[10-13]。相关研究表明, 红紫色芽叶中咖啡碱、茶多酚、儿茶素总量都要高于成熟绿色叶片, 且呈极显著性差异; 紫娟芽茶花色苷的组分丰富, 共检测到 7 个主要花色苷色谱峰; 花色苷质量分数随季节变化幅度较大^[14-16]。吴玲玲等^[17]发现 3 个紫色品种茶树芽叶加工成的同一类茶叶中, 花色苷含量均表现为: 紫娟>南山白毛>乌牛早。杨兴荣等^[18]对紫芽茶树种质资源主要生化成分差异性进行了研究, 发现紫芽茶树种质资源芽叶紫色深浅与芽叶中的花青素含量关系密切, 芽叶紫色程度越深, 花青素含量越高。游小妹等^[19]对 18 个紫芽新品系芽叶特性及生化成分进行了分析, 发现紫芽新品系芽叶中的花青素含量与芽叶紫色色泽深浅程度有密切的关系。

近年来, 很多学者对红紫色芽叶茶功效及相关深加工产品方面做了很多研究^[20-24], 但对于云南普洱产区的紫色品种茶、比较不同成熟度的紫色品种茶芽叶特性、不同成熟度生化成分之间的差异研究仍较少。本研究通过分析 3 种紫色茶芽叶特性, 对比不同成熟度紫色茶生化成分差异, 为更好地利用特色紫色品种茶, 提高茶叶综合利用, 推进茶行业可持续发展提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶样选用思茅茶树良种场资源圃的选育品种紫娟、引育品种丹妃、本地品种水塘黑茶 3 种紫色茶树品种。鲜叶采样信息如表 1。

表 1 鲜叶采样表
Table 1 Sampling of fresh leaves

品种	采摘时间	采摘样品标准
紫娟	2022.10.18	单芽 一芽一叶 一芽二叶 一芽三叶 成熟叶
丹妃	2022.10.18	单芽 一芽一叶 一芽二叶 一芽三叶 成熟叶
水塘黑茶	2022.10.18	单芽 一芽一叶 一芽二叶 一芽三叶 成熟叶

没食子酸(分析纯, 天津市光复精细化工研究所); 福林酚试剂(分析纯, 北京索莱宝试剂公司); 水合茛三酮(纯度≥99%, 广东光华科技股份有限公司); 咖啡碱、儿茶素(catechins, C)、表儿茶素(epicatechin, EC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)(纯度≥99%)、乙酸、乙腈(色谱纯)、甲醇(分析纯)(天津市风船化学试剂科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

UV-1900 紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); 12C00 高效液相色谱仪(美国安捷伦科技有限公司); AE224 电子分析天平(感量 0.005 mg, 上海舜宇恒平科学仪器有限公司); MOC63u 自动水分测定仪(日本岛津公司)。

1.3 方法

1.3.1 鲜叶处理

微波固样: 采摘鲜叶利用微波炉杀青, 首先中高火固样 90 s, 冷却走水 60 s, 再用中火固样 60 s, 摊凉 60 s, 最后再用中低火固样 60 s, 使样品含水率大致保持在 6%左右。

1.3.2 不同成熟度 3 种紫色茶芽叶特性

茶树芽叶特性记录描述参考 NY/T 2943—2016《茶树种质资源描述规范》。记录要求: 茶树品种包括树型、树姿、

百芽重、成熟叶面积、光照条件。不同成熟度茶树芽叶特性: 叶片形态、叶片颜色、叶面隆起性、叶缘形态、叶身形态、叶齿(叶齿锐度、叶齿密度、叶齿深度)、侧脉对数、叶尖形态、芽叶茸毛。

1.3.3 不同成熟度 3 种紫色茶内含成分测定

花青素含量参照 DB12/T 885—2019《花青素 测定》的方法测定; 水浸出物含量参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》的方法测定; 茶叶咖啡碱参照 GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱 测定》的方法测定; 茶多酚、儿茶素参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》的方法测定; 游离氨基酸总量参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》的方法测定; 水分测定采用快速测定法^[25]。

1.4 数据处理

实验数据结果计算采用 Excel 2016 计算, 数据分析采用 SPSS 27.0 分析, 分析方法采用单因素检验和双相关进行差异性、显著性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度 3 种紫色茶芽叶特性分析

3 种紫色茶树品种特性结果见表 2, 紫娟树型为灌木型, 树姿半开张; 丹妃树型为乔木型, 树姿半开张; 水塘黑茶树型为乔木型, 树姿直立。百芽重: 水塘黑茶>丹妃>

表 2 3 种紫色茶树品种特性

Table 2 Characteristics of 3 kinds of purple tea varieties

品种	树型	树姿	百芽重/g	成熟叶面积/cm ²	光照条件
紫娟	灌木	半开张	4.8350	23±3	充足
丹妃	乔木	半开张	4.8532	25±5	充足
水塘黑茶	乔木	直立	7.3752	42±4	充足

紫娟; 成熟叶面积: 水塘黑茶>丹妃>紫娟; 茶树高度: 水塘黑茶>丹妃>紫娟。

2.2 不同成熟度 3 种紫色茶芽叶特性分析

将紫娟、丹妃、水塘黑茶 3 种紫色芽叶品种的成熟度划分 5 个等级, 共计 15 个样品。命名格式: 紫娟单芽: Z 单、紫娟一芽一叶: Z1、紫娟一芽二叶: Z2.....水塘黑茶成熟叶: S 成。

根据表 3 芽叶特性调查记录可知, 紫娟叶形为披针形, 叶色紫红, 随着成熟度增加叶色由紫红色向绿色转化, 叶面平, 叶缘平, 叶身内折, 叶齿锐度随成熟度增加由锐向钝转化, 叶齿密度随成熟度增加由稀向中转化, 叶齿深度随成熟度增加由浅向中转化, 叶脉对数 8~15 对, 叶尖为渐尖, 芽叶茸毛随着成熟度增加由多向无转化。丹妃叶形为椭圆形, 叶色深紫红, 随着成熟度增加叶色由深紫红色向绿色转化, 叶面隆起, 随成熟度增加由隆起向微隆起转化, 成熟叶表现为微隆起, 叶缘平, 成熟叶表现为微波折, 叶身平, 一芽一叶表现为内折, 叶齿锐度随成熟度增加由锐向钝转化, 叶齿密度稀, 叶齿深度随成熟度增加由浅向深转化, 叶脉对数 7~13 对, 叶尖为钝尖, 芽叶茸毛随着成熟度增加由特多向无转化。水塘黑茶叶形为长椭圆形, 叶色紫红, 随着成熟度增加叶色呈现先增后减, 叶面平, 随成熟度增加由平向微隆起转化, 叶缘平, 随成熟度增加由平向微波折转化, 叶身平, 叶齿锐度随成熟度增加由锐向钝转化, 叶齿密度随成熟度增加由密向中转化, 叶齿深度浅, 叶脉对数 11~17 对, 叶尖为钝尖, 芽叶茸毛随着成熟度增加由少向无转化。

芽叶颜色深浅: 丹妃>紫娟>水塘黑茶; 叶脉对数: 水塘黑茶>紫娟>丹妃; 芽叶茸毛: 丹妃>紫娟>水塘黑茶。

表 3 3 种不同品种紫芽茶的芽叶特性

Table 3 Bud and leaf characteristics of 3 different varieties of purple bud tea

	叶形	叶色	叶面	叶缘	叶身	叶齿	叶脉(对)	叶尖	芽叶茸毛
Z 单	-	紫红	-	-	-	-	-	-	多
Z1	披针形	紫红	平	平	内折	锐稀浅	10±2	渐尖	中
Z2	披针形	紫红	平	平	内折	锐稀浅	12±2	渐尖	中
Z3	披针形	浅紫	平	平	内折	中中中	12±3	渐尖	少
Z 成	披针形	绿	平	平	内折	钝中中	13±2	渐尖	无
D 单	-	深紫红	-	-	-	-	-	-	特多
D1	椭圆形	深紫红	隆起	平	内折	锐稀浅	8±1	钝尖	多
D2	椭圆形	深紫红	隆起	平	平	锐稀浅	10±1	钝尖	中
D3	椭圆形	紫红	微隆起	平	平	中稀中	10±2	钝尖	少
D 成	椭圆形	绿	微隆起	微波折	平	钝稀深	11±2	钝尖	无
S 单	-	紫绿	-	-	-	-	-	-	多
S1	长椭圆形	紫绿	平	平	平	锐密浅	12±1	钝尖	少
S2	长椭圆形	紫红	平	平	平	锐密浅	13±2	钝尖	少
S3	长椭圆形	紫红	微隆起	微波折	平	中中浅	14±2	钝尖	少
S 成	长椭圆形	绿	微隆起	微波折	平	钝中浅	15±2	钝尖	无

注: -表示单芽还未展叶, 故叶的特性未记录。

2.3 不同成熟度 3 种紫色茶生化成分分析

2.3.1 3 种紫色茶花青素含量

通过表 4 可以看出,不同成熟度紫娟花青素含量在 0.22~3.13 mg/g、丹妃花青素含量在 0.23~3.63 mg/g、水塘黑茶花青素含量在 0.14~2.78 mg/g,花青素平均含量丹妃>紫娟>水塘黑茶,结合表 5 可知,3 种紫色茶花青素含量与成熟度均呈现负相关性,其中水塘黑茶花青素含量与成熟度呈现显著性强负相关,丹妃花青素含量与成熟度呈现强负相关,紫娟花青素含量与成熟度呈现中等负相关,紫娟在一芽一叶时花青素含量最高。结合表 3 得出,紫娟与丹妃花青素含量与芽叶红紫色深浅呈现正相关。

表 4 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的花青素含量(mg/g)

Table 4 Anthocyanin content of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (mg/g)

品种名称	单芽	一芽一叶	一芽二叶	一芽三叶	成熟叶
紫娟	2.01±0.04 ^c	3.13±0.04 ^a	3.01±0.04 ^a	2.65±0.08 ^b	0.22±0.00 ^d
丹妃	3.63±0.02 ^a	2.66±0.01 ^b	2.79±0.01 ^b	2.69±0.01 ^b	0.23±0.00 ^c
水塘黑茶	2.78±0.02 ^a	1.70±0.03 ^b	1.47±0.01 ^b	1.07±0.01 ^b	0.14±0.00 ^c

注:不同小写字母表述组间差异显著,P<0.05,表 6、8、10、12 同。

表 5 花青素含量与成熟度的相关性

Table 5 Correlation between anthocyanin content and maturity

品种名称	Sig(双尾)	皮尔逊相关系数(r)
紫娟	0.355	-0.533
丹妃	0.076	-0.839
水塘黑茶	0.005	-0.973

注:Sig<0.05 或 0.01 表示相关性显著;皮尔逊相关系数表示相关性程度,|r|<0.3 表示弱相关,0.3≤|r|<0.5 相关程度低,0.5≤|r|<0.8 表示中等相关,|r|≥0.8 表示强相关;表 7、9、11、13、15 同。

2.3.2 3 种紫色茶水浸出物含量分析

水浸出物含量的高低影响着茶汤滋味、汤色以及香气,其水浸出物中包括多酚类、咖啡碱、游离氨基酸、无机盐等可溶性物质。由表 6 可知,不同成熟度紫娟水浸出物含量在 27.86%~36.45%、丹妃水浸出物含量在 28.10%~41.30%、水塘黑茶水浸出物含量在 22.93%~35.79%,3 种紫色茶水浸出物平均含量丹妃>紫娟>水塘黑茶,同成熟度中水浸出物含量丹妃>紫娟>水塘黑茶,均为单芽时的水浸出物含量显著高于其他成熟度,其中,水塘黑茶各成熟度之间的水浸出物含量差异最为明显。结合表 7 可知,紫娟与水塘黑茶表现为水浸出物含量与成熟度呈现显著性强负相关,丹妃表现为水浸出物含量与成熟度呈现强负相关。

表 6 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的水浸出物含量(%)

Table 6 Content of water extracts of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (%)

品种名称	单芽	一芽一叶	一芽二叶	一芽三叶	成熟叶
紫娟	36.45±0.39 ^a	35.41±0.55 ^b	34.60±0.01 ^{bc}	33.82±0.20 ^c	27.86±0.70 ^d
丹妃	41.30±0.21 ^a	40.28±0.00 ^b	39.68±0.00 ^c	38.87±0.01 ^d	28.10±0.14 ^c
水塘黑茶	35.79±0.01 ^a	34.63±0.03 ^b	32.78±0.20 ^c	29.61±0.09 ^d	22.93±0.04 ^c

表 7 水浸出物含量与成熟度的相关性
Table 7 Correlation between water extract content and maturity

品种名称	Sig(双尾)	皮尔逊相关系数(r)
紫娟	0.048	-0.881
丹妃	0.094	-0.813
水塘黑茶	0.016	-0.943

2.3.3 3 种紫色茶咖啡碱含量分析

咖啡碱是茶叶中的主要呈味物质,影响茶叶的品质,并且随着咖啡碱含量的增加,茶汤滋味越苦涩^[26]。通过表 8 可以看出,不同成熟度紫娟咖啡碱含量在 2.85%~5.76%、丹妃咖啡碱含量在 2.69%~4.89%、水塘黑茶咖啡碱含量在 2.58%~4.13%,咖啡碱平均含量紫娟>丹妃>水塘黑茶,同成熟度中咖啡碱含量紫娟>丹妃>水塘黑茶,结合表 9 可知,咖啡碱含量与成熟度呈现显著性强负相关,相关性强度紫娟>水塘黑茶>丹妃,3 种紫色茶中的咖啡碱含量均在单芽时为最高。

表 8 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的咖啡碱含量(%)

Table 8 Caffeine content of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (%)

品种名称	单芽	一芽一叶	一芽二叶	一芽三叶	成熟叶
紫娟	5.76±0.35 ^a	5.22±0.34 ^a	4.34±0.35 ^b	3.62±0.34 ^c	2.85±0.23 ^d
丹妃	4.89±0.31 ^a	4.51±0.14 ^a	3.09±0.22 ^b	3.53±0.28 ^c	2.69±0.19 ^d
水塘黑茶	4.13±0.41 ^a	3.47±0.13 ^b	3.37±0.31 ^b	2.69±0.28 ^c	2.58±0.16 ^c

表 9 咖啡碱含量与成熟度的相关性

Table 9 Correlation between caffeine content and maturity

品种名称	Sig(双尾)	皮尔逊相关系数(r)
紫娟	<0.001	-0.998
丹妃	0.031	-0.911
水塘黑茶	0.006	-0.970

2.3.4 3 种紫色茶茶多酚含量分析

茶多酚对茶叶汤色和滋味具有重要作用,具有抗氧化、调节免疫和解毒等功效^[27]。通过表 10 可以看出,不同成熟度紫娟茶多酚含量在 9.04%~25.23%、丹妃茶多酚含量在 9.36%~31.21%、水塘黑茶茶多酚含量在 6.36%~21.55%,茶多酚平均含量丹妃>紫娟>水塘黑茶,结合表 11 可知,茶多酚含量与鲜叶成熟度呈现显著性强负相关,相关性强度紫娟>水塘黑茶>丹妃,紫娟与丹妃茶多酚含量在各成熟度之间均存在显著性差异,而水塘黑茶的茶多酚含量在单芽与一芽一叶之间不显著,丹妃在一芽一叶时茶多酚含量最高,而紫娟与水塘黑茶在单芽时茶多酚含量最高。

表 10 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的茶多酚含量(%)

Table 10 Content of tea polyphenols of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (%)

品种名称	单芽	一芽一叶	一芽二叶	一芽三叶	成熟叶
紫娟	25.23±0.07 ^a	23.71±0.13 ^b	21.68±0.07 ^c	18.56±0.14 ^d	9.04±0.07 ^c
丹妃	25.63±0.07 ^b	31.21±0.24 ^a	19.45±0.27 ^c	16.53±0.00 ^d	9.36±0.07 ^c
水塘黑茶	21.42±0.22 ^a	21.55±0.06 ^b	16.54±0.03 ^b	15.98±0.07 ^c	6.36±0.14 ^d

表 11 茶多酚含量与成熟度的相关性
Table 11 Correlation between tea polyphenol content and maturity

品种名称	Sig(双尾)	皮尔逊相关系数(r)
紫娟	0.026	-0.922
丹妃	0.044	-0.889
水塘黑茶	0.030	-0.913

2.3.5 3 种紫色茶游离氨基酸含量分析

游离氨基酸含量直接影响茶叶的香气与滋味, 对茶叶品质具有重要作用^[28]。通过表 12 可以看出, 不同成熟度紫娟氨基酸含量在 1.98%~3.11%、丹妃氨基酸含量在 2.98%~4.61%、水塘黑茶氨基酸含量在 1.09%~5.85%, 游离氨基酸含量平均值水塘黑茶>丹妃>紫娟, 结合表 13 可知, 3 种紫色茶均呈现负相关, 但相关程度低。3 种紫芽茶均在一芽二叶时游离氨基酸含量最高, 其中, 紫娟与丹妃一芽二叶游离氨基酸含量显著高于其他成熟度, 水塘黑茶的一芽一叶与一芽二叶之间游离氨基酸含量差异不显著。通过图 1 可知, 紫娟酚氨比为 4.57~9.89、丹妃 3.14~7.84、水塘黑茶 2.83~5.83, 酚氨比紫娟>丹妃>水塘黑茶, 不同成熟度中, 紫娟和丹妃均可制红茶、绿茶, 水塘黑茶适制绿茶。

2.3.6 3 种紫色茶儿茶素含量分析

儿茶素除调节茶汤滋味外, 对人体调节肠道菌群等有重要作用^[29]。通过表 14 可以看出不同成熟度紫娟儿茶素含量在 7.11%~19.21%、丹妃儿茶素含量在 7.92%~24.03%、水塘黑茶儿茶素含量在 2.43%~14.77%, 儿茶素总量平均值丹妃>紫娟>水塘黑茶, 同成熟度中儿茶素含量丹妃>紫娟>水塘黑茶, EGCG>ECG>EGC>EC>C, 其中紫娟与水塘黑茶在单芽时最显著, 丹妃在一芽一叶时最显著。结合表 15 可知, 3 种紫色茶儿茶素总量与成熟度均存在显著性负相关, 其

中 EGCG 存在显著性强负相关, 即成熟度越高, EGCG 含量越低。EGC 含量与成熟度呈显著负相关性, 而 ECG 与成熟度呈现不同程度相关性, 其中, 紫娟中 ECG 含量与成熟度

表 12 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的游离氨基酸含量(%)
Table 12 Content of free amino acids of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (%)

品种名称	单芽	一芽一叶	一芽二叶	一芽三叶	成熟叶
紫娟	2.55±0.01 ^d	2.82±0.01 ^b	3.11±0.01 ^a	2.77±0.01 ^c	1.98±0.02 ^e
丹妃	3.27±0.01 ^d	3.84±0.03 ^c	4.61±0.02 ^a	4.28±0.01 ^b	2.98±0.03 ^e
水塘黑茶	3.86±0.33 ^c	5.63±0.02 ^{ab}	5.85±0.02 ^a	5.51±0.05 ^b	1.09±0.01 ^d

表 13 游离氨基酸含量与成熟度的相关性
Table 13 Correlation between free amino acid content and maturity

品种名称	Sig(双尾)	皮尔逊相关系数(r)
紫娟	0.453	-0.445
丹妃	0.959	-0.320
水塘黑茶	0.451	-0.447

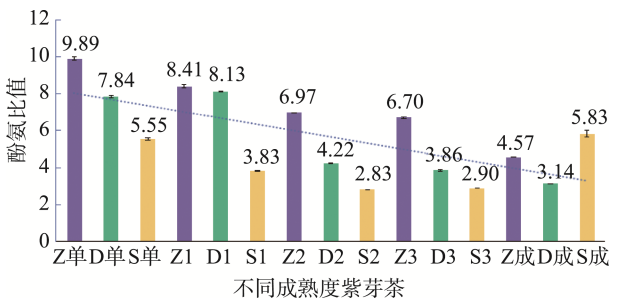


图 1 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的酚氨比
Fig.1 Phenol-ammonia ratio of 3 different varieties of purple bud tea

表 14 3 种紫芽茶不同成熟度芽叶的儿茶素含量(%)
Table 14 Content of catechin of 3 different varieties of purple bud tea at different maturity (%)

组别	+C	EC	EGC	EGCG	ECG	儿茶素总量
Z 单	0.19	0.98	3.04	9.47	5.53	19.21
Z1	0.28	1.86	3.63	8.30	4.89	18.97
Z2	0.27	2.16	3.76	7.08	4.15	17.43
Z3	0.27	2.25	3.51	5.60	3.42	15.05
Z 成	0.12	1.09	1.76	2.45	1.68	7.11
D 单	0.14	0.28	5.69	10.99	3.62	20.72
D1	0.26	0.67	4.98	12.68	5.45	24.03
D2	0.16	0.72	1.36	8.94	4.00	15.18
D3	0.19	0.93	2.34	6.69	2.91	13.05
D 成	0.08	0.56	1.18	3.87	2.23	7.92
S 单	0.22	1.38	3.54	6.06	3.58	14.77
S1	0.20	2.05	2.60	3.93	3.04	11.82
S2	0.18	2.30	2.15	2.57	2.96	10.17
S3	0.22	2.27	1.87	1.67	2.20	8.23
S 成	0.13	0.72	0.28	0.32	0.98	2.43

表 15 3 种紫芽茶儿茶素各组分含量与成熟度的相关性
Table 15 Correlation between the content of catechin components in 3 kinds of purple bud tea and maturity

品种名称	相关性	+C	EC	EGC	EGCG	ECG	儿茶素 总量
紫娟	Sig(双尾)	0.590	0.789	0.371	0.005	0.005	0.044
	皮尔逊相关系数(r)	-0.328	0.166	-0.519	-0.974**	0.975**	-0.889*
丹妃	Sig(双尾)	0.445	0.336	0.049	0.027	0.195	0.031
	皮尔逊相关系数(r)	-0.452	0.551	-0.881*	-0.919*	-0.692	-0.911*
水塘黑茶	Sig(双尾)	0.227	0.677	0.009	0.002	0.014	0.007
	皮尔逊相关系数(r)	-0.658	-0.257	-0.961**	-0.988**	-0.948*	-0.969**

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$, 差异有统计学意义。

呈现正相关, 丹妃和水塘黑茶中 ECG 含量与成熟度呈现负相关。+C 含量与成熟度呈负相关, EC 呈不同程度相关性, 其中, 紫娟 EC 与成熟度呈弱正相关, 丹妃 EC 与成熟度呈中等程度正相关, 水塘黑茶中 EC 与成熟度呈现弱负相关。

3 讨论与结论

本研究中, 3 种紫色品种茶芽叶花青素、水浸出物、茶多酚和咖啡碱含量均表现为丹妃>紫娟>水塘黑茶, 与茶叶叶片红紫色深浅程度一致; 花青素含量与茶树生长发育阶段及环境条件关系密切, 光照强、气温高有利于花青素的积累, 而这 3 个品种的栽培环境均一致, 故其花青素含量高低取决于品种本身^[30]。3 种紫色茶中紫娟与水塘黑茶表现为水浸出物含量与成熟度呈现显著性($\text{Sig}<0.05$)强负相关($|r|\geq 0.8$), 与周喆等^[31]研究结论一致。咖啡碱作为可溶性含氮化合物, 决定着茶叶的品质, 光照强度和光照量大, 有利于碳代谢, 但对氮化合物和代谢的抑制程度也不同, 同一成熟度中咖啡碱含量紫娟>丹妃>水塘黑茶, 3 种紫色茶咖啡碱含量与成熟度呈现显著性($\text{Sig}<0.05$)强负相关($|r|\geq 0.8$), 由于水塘黑茶地理环境受到光照少, 咖啡碱含量最低。游离氨基酸含量水塘黑茶>丹妃>紫娟, 3 种紫色茶同成熟度呈现低程度负相关($0.3\leq |r|<0.5$), 故氨基酸含量随嫩度的降低而降低。儿茶素总含量同成熟度中儿茶素含量均表现为丹妃>紫娟>水塘黑茶, $\text{EGCG}>\text{ECG}>\text{EGC}>\text{EC}>\text{C}$, 3 种紫色茶儿茶素总量与成熟度均存在显著性($\text{Sig}<0.05$)强负相关($|r|\geq 0.8$), 其中 EGCG 均存在显著性($\text{Sig}<0.05$)强负相关($|r|\geq 0.8$), 紫娟中 EC 与成熟度呈现弱正相关, 丹妃中 EC 与成熟度呈现中等程度正相关, 与陈义等^[32]研究结论中一芽一叶中儿茶素总量、简单儿茶素和酯型儿茶素含量相对较高; 简单儿茶素与鲜叶嫩度成反比结论基本相符; 花青素属于多酚类, 具有类黄酮典型的碳骨架结构, 同 EGC 之间存在正相关性。

综上, 3 种紫色品种茶芽叶的内含成分丰富, 具有较高含量的茶多酚、咖啡碱、氨基酸和儿茶素。为茶叶深加工

工中利用紫色品种茶不同成熟度提取花青素、茶多酚、儿茶素等有效成分提供基础数据; 有效开发利用紫色品种茶树生产适宜的茶类提供理论基础; 可作为今后高产优质、高花青素茶树品种的重要选育对象。

参考文献

[1] 张文驹, 戎俊, 韦朝领, 等. 栽培茶树的驯化起源与传播[J]. 生物多样性, 2018, 26(4): 357-372.
ZHANG WJ, RONG J, WEI CL, et al. Domestication origin and spread of cultivated tea plants [J]. Biodiversity, 2018, 26(4): 357-372.

[2] 杨纯婧, 谭礼强, 杨昌银, 等. 高花青素紫芽茶树新品种紫嫣[J]. 中国茶叶, 2020, 42(9): 8-11, 14.
YANG CJ, TAN LQ, YANG CY, et al. Anthocyanin-rich purple shoots tea cultivar Ziyan [J]. Chin Tea, 2020, 42(9): 8-11, 14.

[3] 谢晓娜, 杨郑州, 王建晖, 等. 紫芽茶花青素研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(11): 204-211.
XIE XN, YANG ZZ, WANG JH, et al. Research progress on anthocyanins in purple bud tea [J]. Food Res Dev, 2021, 42(11): 204-211.

[4] FU SD, JIANG S, CHONG SY, et al. Detection of anthocyanin content in fresh Zijuan tea leaves based on hyperspectral imaging [J]. Food Control, 2023, 152: 109839.

[5] YING JC, JUAN Y, QING M, et al. Non-volatile metabolites profiling analysis reveals the tea flavor of “Zijuan” in different tea plantations [J]. Food Chem, 2023, 412: 135534.

[6] 刘淑华, 臧丹丹, 孙燕, 等. 花青素生物合成途径及关键酶研究进展[J]. 土壤与作物, 2022, 11(3): 336-346.
LIU SH, ZANG DD, SUN Y, et al. Research advances on biosynthesis pathway of anthocyanins and relevant key enzymes [J]. Soil Crops, 2022, 11(3): 336-346.

[7] CRISTIANE MD, TUFY JK, MARIANNA FM, et al. Purple tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*) leaves as a potential functional ingredient: From extraction of phenolic compounds to cell-based antioxidant/biological activities [J]. Food Chem Toxicol, 2021, 159: 112668.

- [8] 徐玉岩, 张韵寒, 钱远宇, 等. 花青素类成分药理作用的研究进展[J]. 现代药物与临床, 2022, 37(8): 1886–1891.
- XU YY, ZHANG YH, QIAN YY, *et al.* Research progress on pharmacological effects of anthocyanins [J]. Mod Med Clin, 2022, 37(8): 1886–1891.
- [9] CRISTIANE MD, TUFY JK, THIAGO CM, *et al.* Sustainable and effective approach to recover antioxidant compounds from purple tea (*Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Zijuan) leaves [J]. Food Res Int, 2023, 164: 112402.
- [10] 吉庆勇, 刘瑜, 疏再发, 等. 叶色红紫茶树种质资源生化成分分析与种质优选[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(4): 110–116.
- JI QY, LIU Y, SHU ZF, *et al.* Biochemical component analysis and germplasm selection of tea tree germplasm resources with reddishviolet leaves [J]. Jiangsu Agric Sci, 2022, 50(4): 110–116.
- [11] 吴颖, 曲爱丽, 纪荣全, 等. 高花青素柏塘紫芽茶适制性的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(12): 3875–3883.
- WU Y, QU AIL, JI RQ, *et al.* Study on the manufacture suitability of anthocyanin-rich Botang Ziya tea [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(12): 3875–3883.
- [12] 张凯凯, 鸿锋, 林泳恩, 等. 高花青素茶呈色与花青素积累机制研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(11): 3585–3592.
- ZHANG KK, HONG F, LIN YEN, *et al.* Research progress on the mechanism of color generation and anthocyanin accumulation in anthocyanin-rich tea [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(11): 3585–3592.
- [13] TOLMIE M, BESTER MJ, SEREM JC, *et al.* The potential antidiabetic properties of green and purple tea [*Camellia sinensis* (L.) O Kuntze], purple tea ellagitannins, and urolithins [J]. J Ethnopharmacol, 2023, 309: 116377.
- [14] 李燕丽, 罗琼仙, 关文玉, 等. ‘紫娟’茶花色苷的类型、组成及其质量分数的季节性变化[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(6): 1–6.
- LI YL, LUO QX, GUAN WY, *et al.* The type, composition and content's changes by seasons of anthocyanin in ‘Zijuan’ tea [J]. J Southwest Univ (Nat Sci Ed), 2016, 38(6): 1–6.
- [15] 念波, 段双梅, 石兴云, 等. 6 个红紫芽茶 14 种化学成分含量测定比较[J]. 食品工业, 2020, 41(2): 189–193.
- NIAN B, DUAN SM, SHI XY, *et al.* Determination of the contents of 14 components in 6 purple tea shoots [J]. Food Ind, 2020, 41(2): 189–193.
- [16] 李燕丽, 罗琼仙, 杨雪梅, 等. “紫娟”茶花色苷的分离鉴定[J]. 食品科学, 2017, 38(12): 125–130.
- LI YL, LUO QX, YANG XM, *et al.* Separation and identification of anthocyanins from ‘Zijuan’ tea leaves [J]. Food Sci, 2017, 38(12): 125–130.
- [17] 吴玲玲, 张秀芬, 梁光志, 等. 不同茶树品种紫色芽叶茶叶中多酚类与咖啡碱含量比较分析[J]. 茶叶通讯, 2022, 49(1): 42–48.
- WU LL, ZHANG XF, LIANG GZ, *et al.* Analysis of the content of polyphenols and caffeine in different purple bud tea varieties [J]. Tea Commun, 2022, 49(1): 42–48.
- [18] 杨兴荣, 矣兵, 李友勇, 等. 紫芽茶树种质资源主要生化成分差异性分析[J]. 山东农业科学, 2015, 47(12): 14–19.
- YANG XR, YI B, LI YY, *et al.* Analysis on differences of major biochemical components of purple -bud tea tree germplasm resources [J]. Shandong Agric Sci, 2015, 47(12): 14–19.
- [19] 游小妹, 钟秋生, 林郑和, 等. 18 个紫芽新品系芽叶特性及生化成分分析[J]. 茶叶学报, 2018, 59(1): 43–46.
- YOU XM, ZHONG QS, LIN ZH, *et al.* Characteristics and biochemical composition of purple spring shoots of eighteen tea germplasms [J]. J Tea, 2018, 59(1): 43–46.
- [20] 曹冰冰, 王秋霜, 秦丹丹, 等. 红紫芽茶花青素合成关键酶活性与重要酚类物质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2020, 40 (6): 724–738.
- CAO BB, WANG QS, QIN DD, *et al.* Study on the correlation between the activities of key enzymes involving in anthocyanin synthesis and the contents of important polyphenols in purple tea [J]. Tea Sci, 2020, 40(6): 724–738.
- [21] 田军, 吕海鹏, 马婉君, 等. 基于 SBSE-GC-MS 的紫芽茶挥发性成分分析[J]. 中国茶叶, 2021, 43(6): 46–53, 58.
- TIAN J, LV HP, MA WT, *et al.* Volatile compounds of purple teas based on SBSE-GC-MS. [J]. Chin tea, 2021, 43(6): 46–53, 58.
- [22] 徐吉祥, 陆望星, 代凤玲, 等. 紫芽茶内含成分研究进展与展望 [J]. 南方农业, 2018, 12(28): 35–37, 53.
- XU JX, LU WX, DAI FL, *et al.* Research progress and prospect of components in purple bud-tea [J]. Southern Agric, 2018, 12(28): 35–37, 53.
- [23] 刘春晖, 崔超杰, 孔洁珂, 等. 6 种中非不同紫芽茶品质特性及其抗氧化活性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14 (1): 279–286.
- LIU CH, CUI CJ, KONG JY, *et al.* Study on quality characteristics and antioxidant activity of 6 different purple bud teas from Central Africa [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14 (1): 279–286.
- [24] 高媛, 李辰钰, 李春伟. 花青素与姜黄素在食品包装领域的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(16): 5137–5143.
- GAO Y, LI CY, LI CW, Application of anthocyanin and curcumin in the field of food packaging [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(16): 5137–5143.
- [25] 郑瑛珠. 茶叶的主要化学成分及其营养价值[J]. 福建茶叶, 2020, 42(11): 21–22.
- ZHENG YZ. The main chemical constituents of tea and its nutritional value [J]. Fujian Tea, 2020, 42(11): 21–22.
- [26] 张涛, 杨慧, 朱盛尧, 等. 贵州 2 个紫芽茶树品系主要生化成分的季节性变化[J]. 南方农业学报, 2023, 54(2): 516–524.
- ZHANG T, YANG H, ZHU SX, *et al.* Seasonal changes of main

- biochemical components of two purple bud tea strains in Guizhou Province [J]. *Southern Agric*, 2023, 54(2): 516–524.
- [27] 于然, 李晔, 金丽华. 高效液相色谱法同时测定茶叶中 6 种茶多酚含量[J]. *中国食品添加剂*, 2021, (5): 74–82.
- YU R, LI Y, JIN LH. Simultaneous determination of 6 kinds of polyphenols in tea by HPLC [J]. *Chin Food Addit*, 2021, (5): 74–82.
- [28] 陈德权, 何来斌, 陈仕学. HPLC 法测定梵净山不同品种茶叶氨基酸含量比较分析[J]. *食品工业*, 2020, 41(1): 294–298.
- CHEN DQ, HE LB, CHEN SX. Comparative analysis on determination of amino acid content of different tea varieties in Fanjingshan by HPLC [J]. *Food Ind*, 2020, 41(1): 294–298.
- [29] JIAN HL, HUA FD, CHI Y, *et al*. Effect of tea catechins on gut microbiota in high fat diet-induced obese mice [J]. *J Sci Food Agric*, 2023, 103(5): 2436–2445.
- [30] 刘林峰, 向奕, 刘安, 等. 茶叶花青素的研究进展[J]. *茶叶通讯*, 2018, 45(1): 3–8.
- LIU LF, XIANG Y, LIU AN, *et al*. Research progress of tea anthocyanins [J]. *Tea Commun*, 2018, 45(1): 3–8.
- [31] 周喆, 孙威江, 唐秀华, 等. 紫芽茶树不同季节主要生化成分变化分析[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(5): 888–893.
- ZHOU Z, SUN WJ, TANG XH, *et al*. The analysis of main biochemical components of purple shoots of tea plant in different seasons [J]. *J Trop Crops*, 2018, 39(5): 888–893.
- [32] 陈义, 张永瑞, 张禄焕, 等. 不同嫩度茶树新梢主要滋味物质分布规律研究[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(22): 7–11.
- CHEN Y, ZHANG YR, ZHANG LH, *et al*. Study on distribution of main flavor substances in new shoots of tea trees with different tenderness [J]. *Food Res Dev*, 2020, 41(22): 7–11.

(责任编辑: 郑 丽 张晓寒)

作者简介



杨雪梅, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为茶叶品质化学与功效。
E-mail: 763917548@qq.com



赵建锐, 研究实习员, 主要研究方向为茶叶品质化学与功效。
E-mail: 552062167@qq.com



任海涛, 硕士, 副教授, 主要研究方向为茶叶品质化学、茶树栽培育种。
E-mail: 541813288@qq.com