

## 夏季鲜叶工夫红茶适制性研究

梁爽<sup>1,2</sup>, 傅燕青<sup>1</sup>, 汪芳<sup>1</sup>, 陈建新<sup>1</sup>, 尹军峰<sup>1</sup>, 许勇泉<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 中国农业科学院茶叶研究所 杭州 310008

<sup>2</sup> 中国农业科学院研究生院 北京 100081

**摘要** 为探究茶树品种对夏茶制作红茶品质的影响,从汤色、香气、滋味 3 个方面着手,借助色差计、分光光度计、氨基酸分析仪、气相色谱-质谱联用仪和超高效液相色谱串联高分辨质谱仪,分析 15 个茶树品种的夏茶制得工夫红茶的感官品质和生化成分。结果表明:所制工夫红茶的汤色以橙红为主,滋味以醇为主,香气品质差异较大,其中乌龙茶具有甜香与花香。茶黄素、茶红素和茶褐素对汤色与滋味影响均较大,其含量越高,汤色得分越高。金牡丹和金萱红茶中香叶醇含量较高,它和橙花醇与香气得分呈显著正相关。红茶制作过程中,金萱、金牡丹、铁观音和菊花春中儿茶素变化较大,而茶黄素生成较多,这与生物酶活性和儿茶素含量有关。萎凋阶段,中茶 108、金萱和金牡丹氨基酸含量大幅增加,在红茶中大量保留。结合感官与成分分析可确定:由金萱和金牡丹夏茶制得工夫红茶的汤色、滋味和香气均较好。多数品种的夏茶可加工工夫红茶,其中尤以乌龙茶更佳,可优先作为夏茶工夫红茶的开发品种。

**关键词** 茶树品种;工夫红茶;夏茶;适制性

**文章编号** 1009-7848(2022)04-0163-14 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.04.016

夏季光照时间较长,光照强度较强,温度较高,茶树生长迅速,茶叶中的鲜味物质游离氨基酸、维生素等含量会明显减少,而具有苦涩味的茶多酚等含量会明显增加,因此夏茶与春茶相比,其苦涩较重<sup>[1]</sup>,经济价值不高,这使得我国大部分茶区夏茶被弃采严重,茶叶资源的利用率与利用效益偏低<sup>[2]</sup>。现阶段,夏茶利用率低仍是我国茶叶产业发展存在的问题之一<sup>[3]</sup>。如何实现夏茶资源的高值化利用以提升经济效益,一直是备受关注的研究课题。

近年来,科研工作者们开展了广泛的夏茶资源的应用研究,利用夏茶制作红茶<sup>[4-5]</sup>、绿茶<sup>[6-9]</sup>、乌龙茶<sup>[10-11]</sup>、黄茶<sup>[12]</sup>和黑毛茶<sup>[13-14]</sup>等均有较好的品质。采用不同的工艺组合处理夏季鲜叶,所得干茶的感官品质有明显区别,如做青工艺可提升祁门工夫红茶的香气和滋味品质<sup>[15]</sup>。除了制作工艺,一些研究发现,茶树品种对夏季鲜叶制作茶类的品质影响较大。杨娟等<sup>[16]</sup>采集 10 个重庆地方品种茶树的夏季鲜叶,其酚氨比都在 13 以上,均适合制红

茶,而不同品种工夫红茶的感官审评各有特色。对比春茶和秋茶,使用夏茶制作不同的茶类有一些优势:陕西地区碑坝群体种制作的夏季工夫红茶中茶黄素和茶红素含量比春季、秋季红茶高<sup>[17]</sup>,利用金萱夏茶制作的金萱红茶的香气品质较春茶好<sup>[11]</sup>。凌云白毫夏茶的香气主要为柑橘柠檬香、水果甜香,而且较春茶和秋茶表现的气味更加浓郁,对夏茶的综合香气贡献更大<sup>[18]</sup>。

然而,上述所研究的茶树品种单一,缺乏不同品种间的比较分析。如选择地方茶树品种进行比较,因全国茶树品种繁多,各茶区种植品种不同,故所得结果难以指导全国夏茶的利用。为此,本试验选择各地优良品种夏季鲜叶 15 个作为原料,按照传统工夫红茶制作工艺,从汤色、香气、滋味 3 个方面着手,比较不同品种工夫红茶的感官品质。采用色差计、GC-MS、氨基酸分析仪及 UPLC-Orbitrap-MS 等仪器测定呈香、呈色和呈味的相关生化成分含量,筛选工夫红茶夏茶特色品种,为夏茶开发利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

15 个品种夏梢,中国农业科学院茶叶研究所嵊州基地,于 6 月采制。

**收稿日期:** 2021-08-10

**基金项目:** 浙江省重点研发计划项目(2019C02072);国家自然科学基金项目(31872709)

**作者简介:** 梁爽(1997—),男,硕士生

**通信作者:** 许勇泉 E-mail: xuyq@tricaas.com

癸酸乙酯、氨基酸、咖啡碱、没食子酸(GA)、8种儿茶素单体(GC、EGC、C、EC、GCG、EGCG、CG、ECG)和4种茶黄素单体(TF、TF-3-G、TF-3'-G、TFDG),美国Sigma公司;甲酸(色谱纯级),上海麦克林生化科技有限公司;乙腈(色谱纯级),默克化工技术(上海)有限公司;纯净水,杭州娃哈哈集团有限公司;其它试剂均为国产分析纯级。

## 1.2 仪器与设备

CT-310 彩色色差计,上海美能达公司;DK-S26 型电热恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;手动 SPME 进样器、50/30  $\mu\text{m}$  二甲基苯/碳分子筛/聚二甲甲基硅氧烷萃取头,美国 Supelco 公司;GC-MS(7890A-5975C),美国 Agilent 公司;UV3600 紫外-可见分光光度计,日本岛津公司;UHPLC-QE-Obitrap-MS,美国 Thermo Fisher 公司;FE20K 型 pH 计,瑞士梅特勒-托利多公司;810R 型离心机,美国 Eppendorf 公司;XQ100 型粉碎机,上海广沙工贸有限公司。

## 1.3 方法

1.3.1 工夫红茶的制备 15 个品种鲜叶按一芽三叶标准同批采摘,及时摊放,室内鼓风机凋适度后上自动揉捻机,于 28  $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 95% 下发酵 3 h,之后毛火 100  $^{\circ}\text{C}$ ,足火 85  $^{\circ}\text{C}$  烘至足干。

1.3.2 茶汤感官评价 参照 GB/T 23776-2018 茶叶感官审评方法<sup>[18]</sup>仅选汤色(20%)、香气(40%)、滋味(40%)3 项进行评价(百分制)。

1.3.3 茶汤色泽检测方法 茶汤均用色差计测定  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值。 $L$  值代表明亮度; $a$  值代表红绿色度,+ $a$  代表红色,- $a$  代表绿色; $b$  值代表黄蓝色度,+ $b$  表示黄色,- $b$  表示蓝色。

1.3.4 常规成分测定方法 茶多酚质量浓度的测定采用 GB/T 8313-2002 酒石酸亚铁比色法<sup>[19]</sup>;氨基酸质量浓度的测定采用 GB/T 8314-2013 茚三酮比色法<sup>[20]</sup>;茶黄素、茶红素、茶褐素的含量测定采用分离比色法。

1.3.5 香气的测定方法 香气成分的提取方法:称取 0.5 g 干茶于 20 mL 顶空瓶中,加入 5 mL 加热至沸的超纯水,10  $\mu\text{L}$  癸酸乙酯(内标,10 mg/L)迅速加盖平衡 5 min,然后将手动 SPME 萃取头插入顶空瓶,在 60  $^{\circ}\text{C}$  恒温水浴条件下萃取吸附 60 min,立即于 GC-MS 250  $^{\circ}\text{C}$  进样口解析 5 min。

GC 色谱柱:DB-5MS 石英毛细管柱(30  $\text{m} \times 0.25 \text{ mm} \times 0.25 \mu\text{m}$ );柱箱温度:40  $^{\circ}\text{C}$ ;进样口温度:250  $^{\circ}\text{C}$ ;分流比:15:1;压力 48.745 kPa;柱流量:1 mL/min;进样载气:He(99.9999%)。升温程序:40  $^{\circ}\text{C}$  保持 2 min,以 2  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 85  $^{\circ}\text{C}$ ,保持 2 min,再以 2.5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 180  $^{\circ}\text{C}$ ,保持 2 min,以 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 230  $^{\circ}\text{C}$ ,保持 2 min。

质谱条件:电子电离源:电子能量:70 eV;离子源温度 230  $^{\circ}\text{C}$ ;全扫描;质量扫描范围  $m/z$  40~400。

定性:将各色谱峰对应的质谱图与 NIST 标准谱库进行相似度检索,通过 Van 等<sup>[21]</sup>描述的保留指数来测定挥发物的保留指数,并在 NIST 标准谱库内进行相应的保留指数检索,比较定性的化合物。

定量:在测定不同于茶香气含量变化时,每次检测均加入 10  $\mu\text{L}$  10 mg/L 癸酸乙酯作为内标物,按照式(1)和式(2)分别计算几种香气成分的质量浓度与香气活度值(OAVs)。

$$\text{香气成分质量浓度}(\mu\text{g/L}) = \frac{\text{各成分的峰面积}}{\text{内标物的峰面积}} \times \text{内标物质量浓度}(\mu\text{g/L}) \quad (1)$$

$$\text{香气活度值(OAV)} = \frac{\text{香气成分质量浓度}(\mu\text{g/L})}{\text{香气阈值}(\mu\text{g/L})} \quad (2)$$

1.3.6 氨基酸组分测定方法 氨基酸组分质量浓度检测参考尹军峰等<sup>[22]</sup>的方法。游离氨基酸组分质量浓度采用 HPLC 的 AccQ-Tag 氨基酸分析方法,待测液经 AccQ-Tag 柱(150  $\text{mm} \times 3.9 \text{ mm}$ , 4.6  $\mu\text{m}$ )分离,采用荧光检测器(激发波长 250 nm,发射波长 395 nm)检测,用外标法定量。流速:1 mL/min;柱温:37  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量:10  $\mu\text{L}$ ;梯度洗脱。

## 1.3.7 儿茶素、咖啡碱及黄酮类物质的测定方法

用超高效液相色谱串联质谱仪分析工夫红茶浸提液。UHPLC 条件:Waters HSS T3(1.8  $\mu\text{m}$ , 2.1  $\text{mm} \times 100 \text{ mm}$ ) 色谱柱;流动相为 0.1% 甲酸水溶液(A)和 0.1% 乙腈水溶液(B),线性洗脱梯度:0~1.0 min,5% B;1.0~2.0 min,5%~10% B;2.0~6.0 min,10%~35% B;6.0~8.5 min,35%~100% B;8.5~9.5 min,100% B;9.5~10.0 min,100%~5% B;10~12 min,5% B。流速 0.3 mL/min;柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ 。

QE-Obitrap-MS 条件: 采用电喷雾离子源 (ESI), 正、负离子检测模式。全扫分辨率(Full MS)70 000, 二级分辨率(MS/MS)35 000; 碰撞能量 30V; 喷雾电压 3.1 kV, 鞘气体积流量 45 arb, 辅助气体积流量 10 arb, 辅助气温度 300 °C, 离子传输管温度 320 °C; 扫描范围  $m/z$  66.7~1 000。

1.3.8 Dot 值计算 参考 Scharbert 等<sup>[23]</sup>的方法计算茶汤滋味成分的剂量比阈因子 (Dose over threshold, Dot)。Dot 值是某一滋味成分质量浓度与该滋味阈值的比值。Dot 值大于 1, 表明该成分对滋味有显著影响。

#### 1.4 数据统计与分析

试验数据均以平均值( $\bar{x}$ )或 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用 SPSS 25 软件进行数据处理, 水平间的比较用 LSD 法和 Duncan 法, 以  $P < 0.05$  为显著差异,  $P < 0.01$  为极显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 工夫红茶感官评价结果

15 个品种夏季鲜叶制得工夫红茶感官评价结果见表 1。总分由汤色、香气、滋味得分加权得到, 其中, 大红袍工夫红茶得分最高, 其次为金牡丹、中茶 111、铁观音; 而中茶 108、白叶 1 号和苔香紫得分低于 85 分, 制得红茶品质较差。从各项评语看, 各品种夏季鲜叶制得工夫红茶各有特色。汤色以橙为主, 其中 2 个品种为红明汤色, 分别是中茶 111 与大红袍; 5 个品种为橙黄汤色。香气特征差异较大, 大红袍、金牡丹、金萱、中黄 2 号、苔香紫 5 个品种带有花香; 金观音、中茶 111 等 8 个品种带有甜香。值得注意的是: 前 4 种乌龙茶名丛的香气花香、甜香明显, 推测是品种原因, 呈香物质含量较为丰富。滋味特征以醇为主, 如苔香紫、金牡丹、中茶 108 与中茶 302 滋味甜醇, 带花味, 滋味得分较为接近。此外, 白叶 1 号、中茶 111、菊花春 3 个品种带有花味, 铁观音、福安带甜味。总体看, 多数品种夏季鲜叶可加工工夫红茶, 其中尤以乌龙茶品种更佳, 可优先作为夏茶工夫红茶开发的品种。

表 1 15 个品种制得工夫红茶感官评价结果

Table 1 The sensory quality of Congou black tea from 15 species

编号	品种	汤色(20%)	分数	香气(40%)	分数	滋味(40%)	分数	总分
1	大红袍	红明	90	花香显	92	纯正	85	90.8
2	铁观音	橙	87	稍带甜香	87	尚醇和带甜	87	88.2
3	金牡丹	橙	87	有花果香	91	尚甜醇	90	89.4
4	金萱	橙黄	83	有花香	90	纯正	85	86.6
5	紫娟	橙红	89	较高, 带甜	87	尚醇	84	87.0
6	菊花春	橙黄	86	稍带甜	86	火工略高, 带花味	85	86.4
7	龙井 43	橙	87	纯正带甜	86	尚醇和	86	87.8
8	福安	橙黄	83	纯正, 带甜香	86	平和带甜	86	85.0
9	苔香紫	黄	80	尚纯, 稍带花香	84	甜醇	90	82.8
10	中茶 108	橙黄	84	稍带甜, 闷	84	甜醇	89	84.4
11	中茶 111	红明	90.5	有甜香	89	纯正有花香	86	89.3
12	中茶 302	橙尚亮	88	尚纯正	85	醇和, 花香味显	90	85.2
13	中黄 1 号	橙黄	84	尚高, 带木香	87	尚醇, 带品种味	83	86.0
14	中黄 2 号	橙	86	有花香	88	尚醇和	86	86.8
15	白叶 1 号	黄	84	纯正	84	纯和带甜, 花香入味	89	83.6

### 2.2 冲泡茶汤汤色的影响因素

茶黄素 (TFs) 与汤色亮度呈正相关, 茶红素 (TRs) 与汤色红度呈正相关, 茶褐素 (TBs) 是亮度

降低、茶汤发暗的主要因素<sup>[24]</sup>。苔香紫工夫红茶茶汤最亮, 白叶 1 号、福安次之, 中茶 111 的茶汤最暗(图 1a)。中茶 111 的 a 值最大, 茶汤最红, 大红

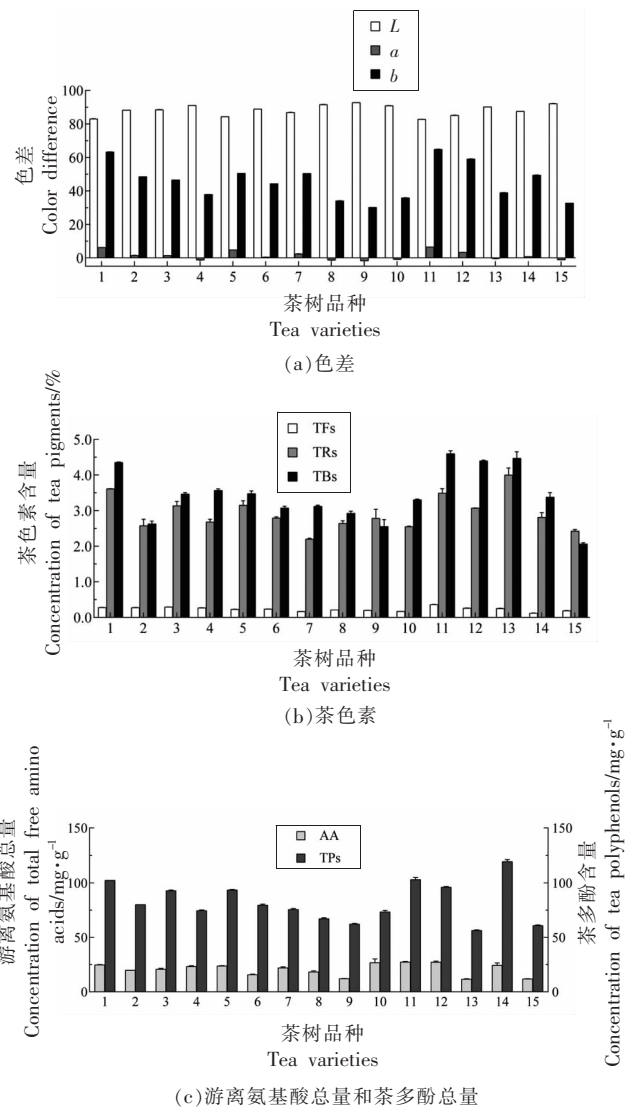
袍、紫娟和中茶 302 次之,而中黄 1 号、中茶 108、白叶 1 号、金萱、福安、苔香紫 6 个品种  $a$  值小于 0,说明其茶汤偏绿、红度不够。中茶 111 茶汤黄度最高;大红袍次之,中茶 302、紫娟和龙井 43 的  $b$  值也大于 50,而苔香紫黄度最低。

3 种茶色素的含量如图 1b 所示,中茶 111 工夫红茶中 TFs 含量显著高于其它品种,而中黄 2 号中 TFs 含量最低。中黄 1 号 TRs 含量最高,显著高于其它品种,其次是大红袍、中茶 111,二者差异不显著,龙井 43 中 TRs 含量最低。中茶 111 的 TBs 含量最高,显著高于其它品种,其次是中黄 1 号、中茶 302、大红袍,三者差异不显著,而白叶 1 号中 TBs 显著低于其它 14 个品种。

相关性分析表明(表 2),汤色得分与 TBs 含量呈显著正相关( $r = 0.559, P < 0.05$ ),而与  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值无显著相关性。这与陆建良等<sup>[24]</sup>的研究结果相似。TBs 含量可作为筛选汤色的依据。TBs 与汤色得分呈显著正相关,说明对于夏茶原料,适度重萎凋可显著提升工夫红茶汤色。此外,TRs 与 TBs 呈极显著正相关( $r = 0.748, P < 0.01$ ),TFs 与 TRs 呈极显著正相关( $r = 0.645, P < 0.01$ ),说明 3 种茶色素的含量对汤色得分影响较大,TBs、TRs、TFs 含量高的茶汤汤色得分高。中茶 111、中黄 1 号、大红袍、金牡丹、中茶 302 制得的工夫红茶具有较好的汤色,与汤色得分结果较吻合。

### 2.3 工夫红茶滋味成分分析

2.3.1 工夫红茶常规滋味成分分析 游离氨基酸构成茶汤的鲜爽味,中茶 111、中茶 302 与中茶 108 工夫红茶中游离氨基酸总量较高;中黄 1 号、白叶 1 号及苔香紫中游离氨基酸总量较低(图 1c)。茶多酚影响茶汤滋味强度和浓度,也是茶汤苦涩味的主要来源。中黄 2 号中茶多酚含量显著高于其它品种,达 119.377 mg/g,其次是中茶 111、大红袍,而中黄 1 号的茶多酚含量显著低于其它



注:横坐标编号 1~15 代表 15 个品种(见表 1)。

图 1 各品种工夫红茶的理化指标

Fig.1 The physical and chemical index of different Congou black tea

品种(图 1c)。然而,游离氨基酸总量和茶多酚含量与滋味得分几乎无关(表 2)。TFs 构成茶汤强度及鲜爽度,TRs 构成茶汤浓度及强度。TBs 本身无

表 2 不同品种工夫红茶汤色和滋味的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of the liquor color and taste of different Congou black tea

相关性系数	$L$	$a$	$b$	TFs/%	TRs/%	TBs/%	pH	AAs/ mg·g <sup>-1</sup>	TPs/ mg·g <sup>-1</sup>	咖啡碱/ mg·g <sup>-1</sup>
汤色得分	-0.360	0.381	0.287	0.425	0.353	0.559*				
滋味得分				-0.264	-0.480	-0.336	-0.006	0.012	-0.050	0.153

注:\*.  $P < 0.05$ 。



味,因络合氨基酸、多酚等滋味物质而影响滋味。15 个品种工夫红茶中,中茶 111 中 TFs、TBs 含量最高,中黄 1 号中 TRs 含量最高,而铁观音和白叶 1 号中这 3 种茶色素含量较低,总体差异不大(图 1b)。相关性分析表明,3 种茶色素与滋味相关性呈负相关(表 2),而滋味与茶多酚和氨基酸含量相关性较弱。pH 值影响上述物质的存在形式,从而影响滋味,如酸化影响蛋白质与酚类物质的亲和力,使涩味增加<sup>[25]</sup>。15 个品种工夫红茶茶汤 pH 值无较大差异,均呈弱酸性(4.83~5.18)。从常规滋味成分上看,各品种工夫红茶滋味差异较小,这与滋味感官评价结果吻合。

**2.3.2 茶汤中主要呈味氨基酸的含量分析** 若 Dot 值>1,则对整体滋味有直接贡献。根据相关文献<sup>[26-27]</sup>,结合本试验氨基酸组分,对 12 种呈味氨基酸含量进行分析,结果见表 3。只有呈柔和涩感的  $\gamma$ -氨基丁酸的 Dot 值大于 1,其它 11 种呈鲜味、苦味或甜味氨基酸的 Dot 值均小于 0.1,说明仅  $\gamma$ -氨基丁酸对工夫红茶的滋味有直接贡献,这与杨晨<sup>[27]</sup>的研究结果一致。中茶 108 工夫红茶中的  $\gamma$ -氨基丁酸含量显著高于其它品种,为 9.403  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

茶汤中的氨基酸单体间及与其它成分间存在相互作用,影响总体滋味。据 Yu 等<sup>[28]</sup>的研究结果,谷氨酸可显著降低 EGCG 的苦味;中茶 108 工夫红茶茶汤谷氨酸含量最高,这种呈鲜味氨基酸的阈值为其茶汤中浓度的近 20 倍,对茶汤鲜爽滋味无直接贡献。茶氨酸本身为鲜味,可作为鲜味增强

剂,当与其它氨基酸共存时,可显著降低其它氨基酸的呈味阈值<sup>[29]</sup>。Yin 等<sup>[30]</sup>研究发现茶氨酸可增强 EGCG 的苦味,降低其涩味。中茶 108 工夫红茶中茶氨酸含量显著高于其它品种,达 167.597  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。金观音含茶氨酸 133.629  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,中茶 111 含茶氨酸 125.694  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,二者无显著差异。茶氨酸呈鲜味,阈值为 1 045.2  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。各品种中茶氨酸 Dot 值均小于 1,对茶汤鲜味无直接贡献。

## 2.4 工夫红茶香气成分分析

**2.4.1 香气组成** 采用顶空固相微萃取-气质谱联用法分析各品种香气成分组成,结果显示:15 个品种香气的种类是 37~54,其中,福安中只有 37 种香气,而菊花春中有 54 种。醇类香气 14~19 种,醛类 7~13 种,酯类 3~10 种,烃类 6~11 种,酮类 2~7 种。醇类香气种类最多,含量也最高,这与赖幸菲等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。酮类香气种类最少,含量也最低。

图 2a 显示各品种工夫红茶香气组分占比。茶叶中醇类香气多为花香<sup>[31]</sup>,如橙花醇、芳樟醇。15 个品种夏茶制得的工夫红茶都以醇类香气为最高,其中金萱中醇类香气达 78.48%,金牡丹和铁观音次之,最低为白叶 1 号,仅为 48.35%;其次是醛类,醛类在一定范围内多呈清香,其中大红袍中醛类最高。而酯类、烃类二者占比因茶而异,酮类最少。从香气总浓度看(图 2b),金萱工夫红茶的香气含量最为丰富,达 2 530.101  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,其次是中茶 108、紫娟、金牡丹。

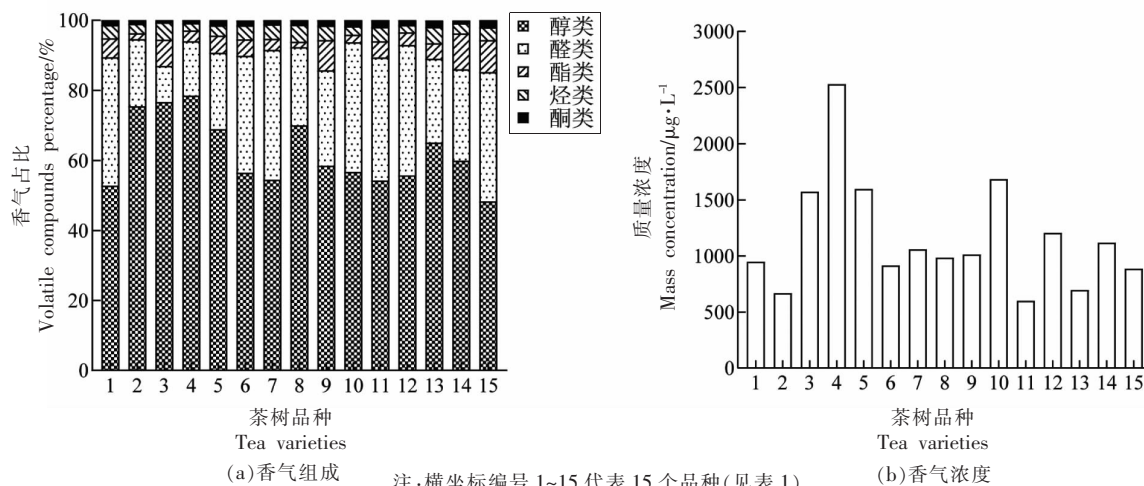


图 2 工夫红茶的香气成分

Fig.2 The composition of volatile compounds in Congou black tea

表3 各品种工夫红茶茶汤中呈味氨基酸的含量 (µg/mL)

名称	天冬氨酸	谷氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	缬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	丙氨酸	茶氨酸	γ-氨基丁酸
味感阈值/ µg·mL <sup>-1</sup> [23-24]	532.40	441.39	1 442.87	1 574.16	905.95	9 581.02	2 460.15	4 764.80	3 152.70	712.72	1 045.20	2.06
呈味特征	鲜味	鲜味	苦味	苦味	苦味	苦味	苦味	甜味	甜味	甜味	鲜味	柔和涩感
大红袍	11.24 ± 0.05 <sup>i</sup>	13.09 ± 0.70 <sup>cd</sup>	3.58 ± 0.72 <sup>bc</sup>	3.439 ± 2.05 <sup>de</sup>	5.71 ± 5.67 <sup>cd</sup>	7.56 ± 5.45 <sup>cd</sup>	3.69 ± 1.68 <sup>abcde</sup>	2.59 ± 0.03 <sup>cd</sup>	4.90 ± 0.01 <sup>cd</sup>	2.91 ± 0.36 <sup>cd</sup>	66.92 ± 0.77 <sup>b</sup>	5.26 ± 0.06 <sup>ab</sup>
铁观音	13.54 ± 0.13 <sup>g</sup>	17.32 ± 0.31 <sup>bcd</sup>	3.56 ± 0.04 <sup>bc</sup>	2.643 ± 0.00 <sup>de</sup>	1.14 ± 0.04 <sup>cd</sup>	2.34 ± 0.00 <sup>de</sup>	5.68 ± 1.68 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.03 <sup>bc</sup>	7.11 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.72 ± 0.05 <sup>f</sup>	106.38 ± 1.26 <sup>d</sup>	4.57 ± 0.02 <sup>j</sup>
金牡丹	6.92 ± 0.92 <sup>b</sup>	14.32 ± 4.51 <sup>cd</sup>	4.15 ± 1.00 <sup>b</sup>	3.535 ± 1.58 <sup>de</sup>	1.80 ± 0.00 <sup>cd</sup>	4.82 ± 2.60 <sup>de</sup>	4.67 ± 2.22 <sup>bc</sup>	2.93 ± 0.64 <sup>bcd</sup>	6.25 ± 2.17 <sup>bc</sup>	2.63 ± 0.67 <sup>f</sup>	63.04 ± 14.53 <sup>b</sup>	2.40 ± 0.34 <sup>k</sup>
金萱	16.47 ± 0.30 <sup>c</sup>	17.21 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	6.36 ± 0.20 <sup>a</sup>	7.075 ± 0.16 <sup>b</sup>	12.32 ± 0.38 <sup>b</sup>	13.89 ± 1.10 <sup>ab</sup>	9.08 ± 0.07 <sup>a</sup>	3.24 ± 0.02 <sup>bc</sup>	6.15 ± 0.09 <sup>bcd</sup>	4.00 ± 0.04 <sup>cd</sup>	116.93 ± 0.51 <sup>e</sup>	3.50 ± 0.01 <sup>j</sup>
紫娟	20.38 ± 0.13 <sup>b</sup>	15.75 ± 0.18 <sup>cd</sup>	3.35 ± 0.05 <sup>bc</sup>	4.542 ± 0.04 <sup>cd</sup>	10.20 ± 0.12 <sup>abc</sup>	12.57 ± 0.02 <sup>bc</sup>	5.30 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.36 ± 0.03 <sup>cd</sup>	3.99 ± 0.02 <sup>gh</sup>	3.38 ± 0.06 <sup>cd</sup>	89.98 ± 0.77 <sup>e</sup>	4.94 ± 0.02 <sup>hi</sup>
菊花春	11.60 ± 0.00 <sup>hi</sup>	6.86 ± 4.04 <sup>g</sup>	2.65 ± 0.10 <sup>cd</sup>	1.849 ± 0.03 <sup>f</sup>	2.96 ± 0.05 <sup>cd</sup>	4.00 ± 1.19 <sup>bc</sup>	2.54 ± 0.85 <sup>bcf</sup>	4.10 ± 2.76 <sup>ab</sup>	4.04 ± 0.00 <sup>gh</sup>	3.38 ± 0.02 <sup>def</sup>	25.22 ± 0.79 <sup>k</sup>	5.45 ± 0.03 <sup>g</sup>
龙井43	12.21 ± 0.16 <sup>b</sup>	14.96 ± 17.53 ± 0.05 <sup>bc</sup>	3.87 ± 0.04 <sup>b</sup>	5.610 ± 0.01 <sup>bc</sup>	11.71 ± 0.25 <sup>a</sup>	11.90 ± 0.18 <sup>abc</sup>	5.49 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.64 ± 0.05 <sup>bcd</sup>	5.36 ± 0.02 <sup>abc</sup>	6.03 ± 0.51 <sup>a</sup>	70.49 ± 0.80 <sup>kl</sup>	7.62 ± 0.07 <sup>cd</sup>
福安	11.26 ± 0.00 <sup>j</sup>	9.14 ± 0.15 <sup>fg</sup>	2.22 ± 0.14 <sup>d</sup>	1.563 ± 0.07 <sup>cd</sup>	1.63 ± 0.04 <sup>cd</sup>	3.93 ± 2.03 <sup>de</sup>	1.61 ± 0.06 <sup>f</sup>	1.68 ± 0.07 <sup>cd</sup>	3.58 ± 0.01 <sup>gh</sup>	3.70 ± 0.01 <sup>cd</sup>	40.34 ± 1.68 <sup>ij</sup>	6.59 ± 0.07 <sup>e</sup>
苔香紫	9.70 ± 0.23 <sup>j</sup>	21.20 ± 0.27 <sup>ab</sup>	6.46 ± 0.12 <sup>b</sup>	7.987 ± 0.03 <sup>b</sup>	11.21 ± 0.22 <sup>ab</sup>	16.92 ± 0.16 <sup>a</sup>	8.98 ± 0.14 <sup>a</sup>	5.38 ± 0.11 <sup>a</sup>	13.21 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.89 ± 0.02 <sup>b</sup>	167.60 ± 4.41 <sup>a</sup>	9.40 ± 0.11 <sup>a</sup>
中茶108	14.40 ± 0.16 <sup>f</sup>	12.70 ± 0.39 <sup>def</sup>	3.32 ± 1.24 <sup>bc</sup>	3.360 ± 2.27 <sup>bc</sup>	6.52 ± 6.12 <sup>cd</sup>	6.50 ± 5.20 <sup>bc</sup>	2.99 ± 1.79 <sup>def</sup>	2.54 ± 0.04 <sup>bcd</sup>	4.75 ± 0.04 <sup>de</sup>	4.25 ± 0.59 <sup>bc</sup>	125.69 ± 2.84 <sup>kl</sup>	7.88 ± 0.26 <sup>f</sup>
中茶302	17.60 ± 0.24 <sup>d</sup>	16.94 ± 0.16 <sup>bcd</sup>	4.01 ± 0.12 <sup>b</sup>	5.760 ± 0.05 <sup>bc</sup>	9.68 ± 0.15 <sup>abc</sup>	11.63 ± 0.07 <sup>bc</sup>	5.72 ± 0.21 <sup>b</sup>	2.62 ± 0.06 <sup>bcd</sup>	5.60 ± 0.13 <sup>abc</sup>	4.33 ± 0.30 <sup>bc</sup>	78.94 ± 1.36 <sup>kl</sup>	8.94 ± 0.02 <sup>b</sup>
中黄1号	9.01 ± 0.03 <sup>j</sup>	7.09 ± 0.02 <sup>g</sup>	1.88 ± 0.06 <sup>de</sup>	1.234 ± 0.02 <sup>f</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>f</sup>	1.20 ± 0.05 <sup>e</sup>	1.24 ± 0.06 <sup>f</sup>	1.45 ± 0.05 <sup>f</sup>	3.88 ± 0.07 <sup>gh</sup>	2.77 ± 0.02 <sup>f</sup>	13.83 ± 0.57 <sup>i</sup>	6.92 ± 0.51 <sup>e</sup>
中黄2号	20.90 ± 0.02 <sup>b</sup>	17.46 ± 4.67 <sup>bc</sup>	2.30 ± 0.06 <sup>d</sup>	2.255 ± 0.61 <sup>def</sup>	1.64 ± 0.00 <sup>cd</sup>	3.45 ± 2.21 <sup>de</sup>	4.01 ± 0.70 <sup>bcd</sup>	2.07 ± 0.02 <sup>cd</sup>	6.17 ± 0.00 <sup>bcd</sup>	3.95 ± 0.85 <sup>cd</sup>	47.13 ± 3.79 <sup>j</sup>	5.86 ± 0.14 <sup>f</sup>
白叶1号	5.46 ± 0.03 <sup>l</sup>	10.47 ± 0.99 <sup>g</sup>	1.22 ± 0.17 <sup>e</sup>	1.138 ± 0.08 <sup>f</sup>	1.79 ± 0.01 <sup>def</sup>	4.90 ± 0.02 <sup>de</sup>	1.83 ± 0.04 <sup>f</sup>	1.23 ± 0.01 <sup>f</sup>	3.23 ± 0.00 <sup>b</sup>	3.76 ± 0.09 <sup>cd</sup>	32.94 ± 5.43 <sup>kl</sup>	5.34 ± 0.10 <sup>g</sup>
Dot值的范围	0.01~0.05	0.02~0.06	0.00~0.00	0.00~0.01	0.00~0.01	0.00~0.00	0.00~0.00	0.00~0.00	0.00~0.00	0.00~0.01	0.01~0.16	1.17~4.56

注:氨基酸含量均换算为1:50茶水比冲泡的茶汤中含量;氨基酸Dot值=含量/阈值。不同肩标小写字母代表有显著差异(P<0.05)。

2.4.2 主要特征香气物质 香气单体对香气总体的贡献取决于含量及阈值,可用香气活力值(OAV)表示。根据本试验样品香气检测结果,查阅文献[32]和[33]得到香气单体阈值,以 $OAV > 1$ ,并结合呈香特性,筛选出 13 种挥发性单体作为主要特征香气成分,分析 15 个品种中的 OAV(表 4)。白叶 1 号、菊花春、龙井 43、中茶 108、紫娟 5 个品种中己醛 OAV 大于 20,且己醛与香气得分呈显著负相关,青草气不利于红茶香气。各品种中青叶醛和顺-3-己烯醇的 OAV 远小于己醛 OAV,3 种青草气单体的 OAV 几乎都大于 1(除金牡丹中青叶醛),这是用夏梢制得工夫红茶香气纯度较低、粗涩的原因之一。结合己醛与青叶醛 OAV,可以确定金牡丹、铁观音、金萱的青草气较轻。

香叶醇呈玫瑰香、蜜香,是世界三大高香红茶——祁门工夫红茶香气的主要成分,在金牡丹中含量最高,金萱、苔香紫和大红袍次之。香叶醇与香气得分呈显著正相关,对红茶特征性气味贡献较大。橙花醇为令人愉悦的甜香,与香气得分呈显著正相关,在 15 个品种工夫红茶中,橙花醇仅参与金牡丹和金萱香气的构成。壬醛呈玫瑰香,主要用于配制人造玫瑰精油和玫瑰香精等<sup>[28]</sup>,在中茶 108 中最高,其次是白叶 1 号和苔香紫,铁观音和金牡丹受其影响较小。芳樟醇及其氧化物都呈花香,是红茶玫瑰香气的主要物质基础<sup>[31]</sup>,在紫娟中最高,其它各品种的芳樟醇及其氧化物的 OAV 也大于 1。苯乙醛 OAV 在中茶 108 中最高,中茶 302 和金萱中较高。橙花叔醇比橙花醇的甜香更浓郁些, $\beta$ -紫罗酮呈紫罗兰香气,阈值极低(0.007  $\mu\text{g/L}$ ),这使得 11 种香气物质中, $\beta$ -紫罗酮的 OAV 值最高,同呈蜜香和花香的苯乙醛,均对工夫红茶的香气品质有促进作用。水杨酸甲酯呈冬青叶香,在紫娟、金牡丹、苔香紫、白叶 1 号和金萱 5 种工夫红茶中较多。

Owuor 等<sup>[34]</sup>将对红茶特征香气重要的挥发性化合物分为两组:一组是浓度过高会产生不良香气(如青草气)的化合物,二组是使红茶产生甜润花香的化合物,二组化合物的总浓度/一组化合物总浓度的比值为风味指数(Flavor index, FI),FI 高,香气品质好。如表 4 所示,金牡丹的 FI 最高,其次是金萱,二者均超过 10,表明其工夫红茶的香

气品质较好。相关性分析表明,FI 与香气得分呈显著正相关,可作为香气评价的指标。

## 2.5 工夫红茶制作过程中生化成分的动态变化

为更好地比较不同品种对所制工夫红茶品质的影响,特对制作过程中酚类、氨基酸和黄酮及黄酮苷类的动态变化进行分析。

2.5.1 酚类物质 如图 3a 所示,鲜叶在加工成红茶的过程中,酚类物质呈鲜明的两种变化:红茶中的多数儿茶素类减少(绿色)和 4 种茶黄素的增加。红茶的品质形成,与儿茶素的酶促氧化密切相关。观察各品种儿茶素与茶黄素的变化,可以发现:大红袍、苔香紫、中黄 2 号和紫娟鲜叶中儿茶素较为丰富,而生成的茶黄素类均较少;白叶 1 号鲜叶中含有较多的非酯型儿茶素,红茶中含有较多的 TF,而 TF-3-G、TF-3'-G、TFDG 较少;龙井 43、中茶 108 鲜叶中儿茶素较少,红茶中 TF 较少,TF-3'-G、TFDG 略多;福安、中茶 111、中茶 302、中黄 1 号鲜叶中儿茶素较少,红茶 TF 较少,而 TF-3-G、TF-3'-G、TFDG 较多。金牡丹、铁观音鲜叶中酯型儿茶素较为丰富,且生成的茶黄素类最多;菊花春鲜叶中儿茶素组成较为均衡,而生成茶黄素类较多;金萱鲜叶中儿茶素含量较低,茶黄素类也较多。这 4 个品种在茶黄素生成量上要高于其它品种。

在红茶生产中,PPO 催化儿茶素生成茶黄素,POD 催化茶黄素的进一步氧化形成茶红素。结合叶片中 PPO 与 POD 的活性(图 4a、4b),金萱儿茶素含量较低,然而因极高的 PPO 活性(茶黄素生成较多)和较低的 POD(茶黄素的进一步氧化较少)而含有较高含量的茶黄素,不过茶红素较少(图 1b);金牡丹和菊花春中 PPO 活性较高,POD 活性较低,儿茶素较为丰富,因而茶黄素含量较高,茶红素含量适中;铁观音 PPO 活性较高,茶黄素含量较高;中茶 111 的 PPO 活性较高且 POD 活性极高,这使得红茶中茶黄素和茶红素含量均较高(图 1b)。

2.5.2 氨基酸类 从红茶生产中氨基酸的动态变化(图 3b)可知,白叶 1 号鲜叶氨基酸含量最少,且变化较小;苔香紫、中黄 1 号、中黄 2 号在萎凋中氨基酸有所增加,氨基酸仍较少;大红袍、菊花春、紫娟在萎凋过程氨基酸含量略有增加,在红茶中

表4 各品种工夫红茶主要特征香气 OAV 分析

香气	阈值/ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	OAV											与香气 得分相 关性				
		大红袍	铁观音	金牡丹	金萱	紫娟	菊花春	龙井43	福安	岩香	中茶 108	中茶 111		中茶 302	中黄 1号	中黄 2号	白叶 1号
1组																	
己醛	4.5	12.9	3.99	8.62	9.44	21.16	28.28	25.77	16.57	19.26	22.87	13.72	13.93	11.04	14.82	28.42	-0.603*
青叶醛	17	2.23	1.09	0.9	2.49	2.95	1.78	3.35	1.12	1.83	5.23	2.41	2.52	1.4	1.95	2.23	-0.325
顺-3-己烯醇	13	1.64	1.55	1.83	2.15	2.74	1.71	4.00	0.79	1.55	2.61	1.35	2.16	0.71	1.02	2.33	-0.217
果香																	
苯乙醛	4	19.82	5.93	12.36	28.59	26.37	12.65	22.45	15.18	11.41	56.29	11.05	29.23	8.02	11.9	8.6	-0.194
壬醛	1	10.63	2.88	4.27	8.77	11.66	9.27	15.06	5.94	12.3	15.19	7.65	10.78	6.44	9.72	13.9	-0.486
香叶醇	40	2.13	1.27	10.93	7.58	0.39	1.32	0.29	1.49	2.04	1.45	0.12	1.45	0.44	0.39	1.05	0.526*
芳樟醇	6	9.01	19.4	23.17	45.53	103.46	16.38	34.06	7.94	35.21	42.09	14.08	32.86	24.67	26.36	17.93	-0.136
橘味																	
芳樟醇氧化	6	12.02	13.86	26.97	36.04	9.63	15.85	13.89	23.12	13.94	27.21	8.4	15.15	6.58	12.93	14.88	0.133
2组																	
吡喃氧化	6	13.08	17.05	41.88	35.13	30.69	21.55	22.9	47.07	13.6	42.97	15.07	20.49	5.71	21.32	14.92	0.042
芳樟醇																	
橙花醇	300	0.28	0.17	1.46	1.01	0.05	0.18	0.04	0.2	0.27	0.19	0.02	0.19	0.06	0.05	0.14	0.526*
橙花叔醇	1.61	2.42	1.39	8.54	0.8	0.45	2.81	2.66	1.6	0.53	7.78	0.94	6.75	1.96	0.2	1.27	-0.013
$\beta$ -紫罗酮	0.007	894.3	207.43	972	1562.33	1700.01	490.74	1095.13	516.18	922.93	2151.13	904.21	993.05	378.15	511.78	411.04	-0.005
水杨酸甲酯	40	0.56	0.12	1.51	1.1	1.71	0.78	0.33	0.26	1.5	0.68	0.41	0.91	0.38	2.66	1.27	0.047
FI		4.24	7.73	19.94	13.19	6.03	2.93	2.57	6.47	4.82	4.81	2.59	5.31	3.82	4.98	2.42	0.520*

注:\*.  $P < 0.05$ ; 风味指数 FI=2 组化合物质量浓度/1 组化合物质量浓度。



较少;福安、龙井 43、铁观音、中茶 111、中茶 302 在萎凋过程中氨基酸增加,在红茶中氨基酸含量较高。中茶 108、金萱和金牡丹 3 个品种在萎凋阶段氨基酸含量大量增加,在红茶中大量保留。

2.5.3 黄酮及黄酮苷类 糖苷类化合物是茶制品中最重要香气前体<sup>[35]</sup>,同时黄酮苷类是茶叶中重要的涩味<sup>[36]</sup>与苦味物质<sup>[37]</sup>。为探究夏茶制备工夫红茶的香气影响因素,在此比较鲜叶到红茶的制作过程中黄酮及黄酮苷类的变化(图 3c)。从品种上看,福安、金牡丹、铁观音、中茶 111 这 4 个品种所含糖苷类较少,其次是大红袍、中茶 108、中茶 302;白叶 1 号、菊花春、龙井 43、苔香紫、中黄 2 号这 5 种较多,而金萱、中黄 1 号和紫娟这 3 种最

多。多数黄酮类的含量逐渐增加,如山奈酚、槲皮素、牡荆素和异牡荆素,而杨梅素逐渐减少。和黄酮类相比,糖苷类的变化无明显规律。整个阶段(鲜叶-萎凋叶-红茶)糖苷类大量减少的品种是白叶 1 号、大红袍、福安、金萱菊花春、龙井 43、苔香紫、中茶 108、中茶 111、中黄 1 号、紫娟,这 12 个品种鲜叶在制作过程中的槲皮素糖苷类减少较多,山奈酚糖苷略有减少(除牡荆素-2-鼠李糖苷外,在所有品种中它的量均增加)。Guo 等<sup>[37]</sup>的研究表明,在红茶生产过程中,杨梅素-糖苷和槲皮素-糖苷的含量比山奈酚-糖苷的含量下降更为严重,与本试验结果一致。总的来说,红茶制作中槲皮苷减少较多,它可能是释放香气的主要糖苷类前体。

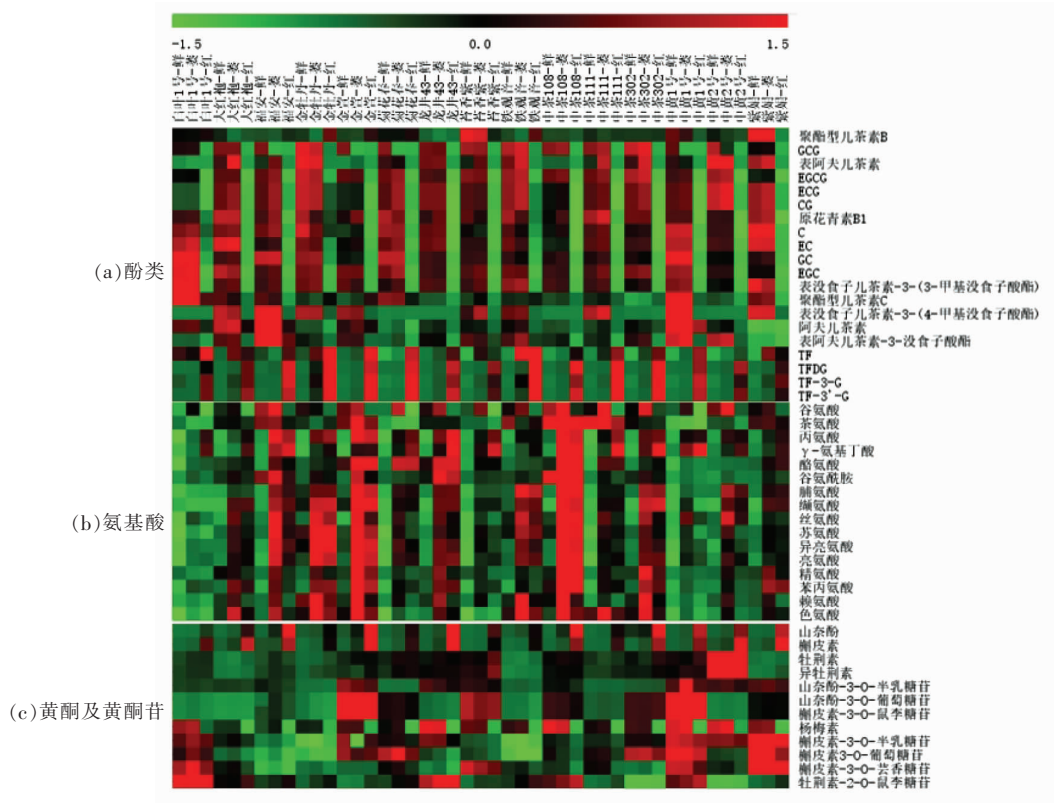


图 3 工夫红茶制作过程物质的动态变化

Fig.3 Dynamic changes of compounds in the Congou black tea processing

糖苷的苷元部分总是与 $\beta$ -D-吡喃葡萄糖相连<sup>[38]</sup>。胞外糖苷酶首先裂解糖苷键释放相应的糖和 $\beta$ -D-葡萄糖苷,然后 $\beta$ -葡萄糖苷酶水解 $\beta$ -D-葡萄糖苷并释放相应的苷元和葡萄糖<sup>[39]</sup>。 $\beta$ -葡萄糖苷酶对 $\beta$ -葡萄糖苷水解可释放一些香气物质,

如苯甲醇、苯乙醇、顺-3-己烯醇、香叶醇、芳樟醇<sup>[38]</sup>和水杨酸甲酯等。苯甲醇、苯乙醇阈值较高,而在本试验中检测到的含量较少,OAV<1;顺-3-己烯醇、香叶醇、芳樟醇和水杨酸甲酯这 4 种单体的 OAV>1(表 4),可作进一步分析。以往研究表

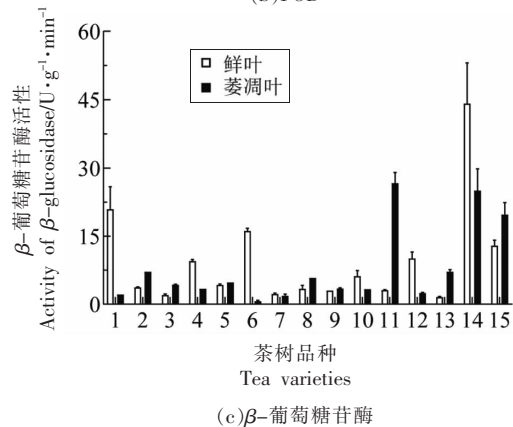
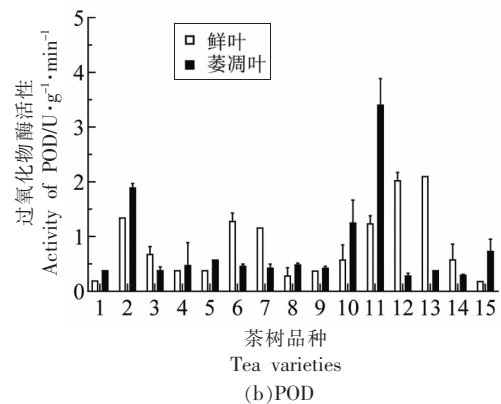
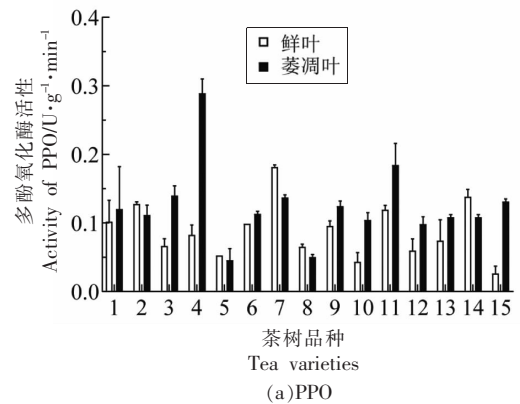
明, $\beta$ -葡萄糖苷酶活性在萎凋期达到峰值,而在揉捻后急剧下降,说明糖苷水解主要发生在揉捻期<sup>[40]</sup>。如图4c所示,白叶1号、大红袍、菊花春、中茶111和中黄2号这3个品种鲜叶的 $\beta$ -葡萄糖苷酶在萎凋期间的活力较高。从K-3-glu和Q-3-glu的变化上看,菊花春、紫娟、中茶111的变化较大;从红茶中顺-3-己烯醇、香叶醇、芳樟醇和水杨酸甲酯的含量上看,龙井43、金牡丹、紫娟和中黄2号中积累较多。鲜叶中 $\beta$ -葡萄糖苷酶的活力与红茶中水杨酸甲酯呈显著正相关( $r = 0.604, P < 0.05$ ),萎凋叶中 $\beta$ -葡萄糖苷酶的活力与红茶中水杨酸甲酯呈弱正相关( $r = 0.322$ ),而鲜叶或萎凋叶中 $\beta$ -葡萄糖苷酶的活力与其它3种单体都呈弱负相关。这些结果表明,红茶中水杨酸甲酯与鲜叶中 $\beta$ -葡萄糖苷酶关系较大,而红茶特征性香气物质,如香叶醇、芳樟醇,受其影响较小。

总体而言,对于夏茶工夫红茶, $\beta$ -葡萄糖苷酶的活性高低与否并不重要,这可能是由于美好香气的葡萄糖苷前体较少,即使分解也因含量较低而对香气品质影响较小。事实也是如此,樱草糖苷是红茶的主要香气前体,在鲜叶中大量存在,而在红茶中几乎消失;葡萄糖苷在茶叶加工中没有实质的变化<sup>[40]</sup>。

### 3 讨论和结论

一般TF>0.7%,TR>10%,TFs、TRs含量较高,且TRs/TFs=10~15,当TBs较少时,茶汤品质优良<sup>[41]</sup>。本试验中各品种红茶的TFs、TRs、TBs含量均较少,TFs含量为0.04%~0.12%,TRs含量为0.81%~1.25%,TBs含量为0.65%~1.45%;TRs/TFs 9.4~23.1,其中铁观音、金萱、中茶111小于10,而中黄1号、中黄2号大于15,感官审评显示中茶111、铁观音汤色、滋味均较优,这说明此方法无法准确判断夏茶工夫红茶茶汤的品质。

用夏秋茶制得工夫红茶的汤色以橙为主,滋味以醇为主,香气品质差异较大,如乌龙茶品种均有红茶特征的甜香与花香。茶黄素、茶红素和茶褐素的含量对汤色与滋味影响均较大,其含量越高,汤色越好,然而滋味变差。游离氨基酸含量等常规组分与滋味得分相关性较弱,氨基酸组分中仅 $\gamma$ -氨基丁酸对工夫红茶的滋味有直接贡献(Dot>1)。



注:横坐标编号1~15代表15个品种(见表1)。

图4 鲜叶与萎凋叶中生物酶的活性

Fig.4 Enzymes in the fresh tea shoots and withered ones

15个品种中两种青草气单体的OAV均大于1,而已醛是青气的主要来源,与香气得分呈显著负相关。金牡丹和金萱中呈玫瑰香的香叶醇含量较高,与香气得分呈显著正相关;呈甜香的橙花醇与香气得分显著正相关,仅参与金牡丹和金萱整体香气构成。FI与香气得分呈显著正相关,可作为香气评价的指标。

红茶制作过程中,儿茶素类减少而茶黄素类增加,金萱、金牡丹、铁观音和菊花春中儿茶素变化较大而茶黄素生成较多,这与儿茶素的含量和PPO、POD的活性有关。中茶108、金萱和金牡丹3个品种在萎凋阶段氨基酸含量大量增加,在红茶中大量保留;槲皮苷减少较多,可能是释放香气的主要糖苷类前体。

综合来看,用金萱和金牡丹两个品种夏梢制得的工夫红茶汤色、滋味和香气均较好。多数品种夏季鲜叶可加工工夫红茶,其中尤以乌龙茶品种更佳,可优先作为夏茶工夫红茶开发的品种。

### 参 考 文 献

- [1] 施兆鹏,陈国本,曾秋霞,等. 夏茶苦涩味的形成与内质成分的关系[J]. 茶叶科学, 1984(1): 61-62.  
SHI Z P, CHEN G B, ZENG Q X, et al. The relationship between the formation of bitter taste and endoplasmic components in summer tea[J]. Journal of Tea Science, 1984(1): 61-62.
- [2] 陈宗懋,孙晓玲,金珊. 茶叶科技创新与茶产业可持续发展[J]. 茶叶科学, 2011, 31(5): 463-472.  
CHEN Z M, SUN X L, JIN S. Science innovation and sustainable development of tea industry[J]. Journal of Tea Science, 2011, 31(5): 463-472.
- [3] 刘仲华. 中国茶叶深加工产业发展历程与趋势[J]. 茶叶科学, 2019, 39(2): 115-122.  
LIU Z H. The development process and trend of Chinese tea comprehensive processing industry [J]. Journal of Tea Science, 2019, 39(2): 115-122.
- [4] 张见明,王飞权,黄毅彪,等. 不同工艺对黄观音夏暑红茶生化成分变化及品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(11): 79-84.  
ZHANG J M, WANG F Q, HUANG Y B, et al. Effects of different technology on the quality and biochemical components changing of summer black tea Huangguanyin[J]. Food Research and Development, 2015, 36(11): 79-84.
- [5] 罗学平,李丽霞,赵先明,等. 夏季红茶摇青发酵工艺优化及香气成分的SPME-GC/MS分析[J]. 食品工业, 2017, 38(3): 164-168.  
LUO X P, LI L X, ZHAO X M, et al. Study on the shaking-fermentation process optimization and SPME-GC/MS analysis of aromatic components of summer black tea[J]. The Food Industry, 2017, 38(3): 164-168.
- [6] 祁丹丹,戴伟东,谭俊峰,等. 杀青方式对夏季绿茶化学成分及滋味品质的影响[J]. 茶叶科学, 2016, 36(1): 18-26.  
QI D D, DAI W D, TAN J F, et al. Study on the effects of the fixation methods on the chemical components and taste quality of summer green tea[J]. Journal of Tea Science, 2016, 36(1): 18-26.
- [7] 贺麟,李宗琼,张拓,等. 夏季茶鲜叶加工花香型绿茶工艺技术研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 195-200.  
HE L, LI Z Q, ZHANG T, et al. Study on the processing of flower-scented green tea with fresh tea leaves in summer[J]. Food and Machinery, 2019, 35(6): 195-200.
- [8] 田甜,韦锦坚,文金华,等. 不同季节凌云白毫绿茶的香气成分差异分析[J]. 食品科学, 2020, 41(22): 252-259.  
TIAN T, WEI J Q, WEN J H, et al. Seasonal variability of aroma components of Lingyun pekoe green tea[J]. Food Science, 2020, 41(22): 252-259.
- [9] 王宝怡,王培强,李晓晗,等. 基于电子鼻技术对不同季节山东绿茶香气的分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(10): 284-289, 259.  
WANG B Y, WANG P Q, LI X H, et al. Analysis of aroma of Shandong green tea in different seasons based on electronic nose technology[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(10): 284-289, 259.
- [10] 宋加艳,何加兴,欧伊伶,等. 碧香早夏季鲜叶加工乌龙茶过程中品质成分动态变化[J]. 现代食品科技, 2021, 37(2): 238-248, 163.  
SONG J Y, HE J X, OU Y L, et al. Dynamic changes in quality and composition of Oolong tea made with fresh Bixiangzao summer tea leaves during processing[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(2): 238-248, 163.
- [11] 赖幸菲,潘顺顺,李裕南,等. 不同季节和茶类的金萱品种茶叶香气成分分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(10): 62-68, 72.  
LAI X F, PAN S S, LI Y N, et al. Analysis of aromatic components in Jinxuan tea of different kinds and seasons[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(10): 62-68, 72.

- [12] 李兰兰, 张鹏程, 肖文军, 等. 夏季茶鲜叶加工花香型黄茶的品质变化研究[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(1): 82-88.  
LI L L, ZHANG P C, XIAO W J, et al. Study on the quality change of fragrant yellow tea processed from summer fresh tea leaves[J]. Journal of Tea Communication, 2020, 47(1): 82-88.
- [13] 吴丹, 姜依何, 胥伟, 等. 采用夏季原料加工黑毛茶新工艺研究初报[J]. 茶叶通讯, 2017, 44(1): 29-32, 36.  
WU D, JIANG Y H, XU W, et al. New technology of making raw dark tea in summer[J]. Journal of Tea Communication, 2017, 44(1): 29-32, 36.
- [14] 梁敏敏, 曹冰冰, 杨亚, 等. 以碧香早品种夏茶鲜叶加工高香型黑毛茶工艺探讨[J]. 茶叶通讯, 2017, 44(1): 19-23.  
LIANG M M, CAO B B, YANG Y, et al. Study on the processing technology of high aroma dark tea from Bixiangzao tea varieties summer tea leaves[J]. Journal of Tea Communication, 2017, 44(1): 19-23.
- [15] 雷攀登, 周汉琛, 吴琼, 等. 做青工艺对夏季祁门红茶品质形成影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 108-112, 117.  
LEI P D, ZHOU H C, WU Q, et al. Effect of green-making technique on the quality of summer Keemun black tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(8): 108-112, 117.
- [16] 杨娟, 李中林, 袁林颖, 等. 不同茶树品种夏季鲜叶工夫红茶适制性比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(13): 4242-4248.  
YANG J, LI Z L, YUAN L Y, et al. Comparison of the suitability of different tea varieties fresh leaves in summer for the production of Congou black tea[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2019, 10(13): 4242-4248.
- [17] 付静. 不同采摘季节工夫红茶品质的研究[J]. 食品科技, 2017, 42(11): 96-101.  
FU J. The effects of different plucking seasons of fresh tea leaves on congou black tea quality[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(11): 96-101.
- [18] 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. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776-2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 6.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. Methods of tea sensory evaluation: GB/T 23776-2018 [S]. Beijing: China Standards Press, 2018: 6.
- [19] 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. 茶 茶多酚测定: GB/T 8313-2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 1-2.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. Tea & Determination of tea polyphenols content: GB/T 8313-2002[S]. Beijing: China Standards Press, 2002: 1-2.
- [20] 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. 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, 2013: 1-3.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. Tea & Determination of total free amino acids content: GB/T 8314-2013[S]. Beijing: China Standards Press, 2013: 1-3.
- [21] VAN DEN DOOL H, DEC K P. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography [J]. Journal of Chromatography A, 1963, 11(C): 463-471.
- [22] 尹军峰, 许勇泉, 袁海波, 等. 名优绿茶鲜叶摊放过程中主要生化成分的动态变化[J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 102-110.  
YIN J F, XU Y Q, YUAN H B, et al. Dynamic change of main biochemical components of premium green tea fresh leaves during spreading[J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(2): 102-110.
- [23] 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.
- [24] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 57-61.  
LU J L, LIANG Y R, GONG S Y, et al. Studies on relationship between liquor chromaticity and organoleptic quality of tea[J]. Journal of Tea Sci-



- ence, 2002, 22(1): 57-61.
- [25] 童华荣, 金孝芳, 龚雪莲. 茶多酚感官性质及其对茶叶涩味的影响[J]. 茶叶科学, 2006, 26(2): 79-86.
- TONG H R, JIN X F, GONG X L. Sensory characteristics of tea polyphenols and its effects on astringency of tea[J]. Journal of Tea Science, 2006, 26(2): 79-86.
- [26] 陈思彤, 赵峰, 王淑燕, 等. 不同等级白牡丹茶游离氨基酸构成分析[J]. 福建农业学报, 2019, 34(8): 965-973.
- CHEN S T, ZHAO F, WANG S Y, et al. Amino acids in white peony teas of different grades[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2019, 34(8): 965-973.
- [27] 杨晨. 基于代谢组学的不同花色种类白茶滋味品质研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- YANG C. Study of the taste quality in different types of white tea based on metabolomics analysis [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2018.
- [28] YU P G, YEO A S, LOW M Y, et al. Identifying key non-volatile compounds in ready-to-drink green tea and their impact on taste profile[J]. Food Chemistry, 2014, 155: 9-16.
- [29] KANEKO S, KUMAZAWA K, MASUDA H, et al. Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea.[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(7): 2688-2694.
- [30] YIN J F, ZHANG Y N, DU Q Z, et al. Effect of  $Ca^{2+}$  concentration on the tastes from the main chemicals in green tea infusions[J]. Food Research International, 2014, 62: 941-946.
- [31] 王秋霜, 陈栋, 许勇泉, 等. 中国名优红茶香气成分的比较研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(1): 195-200.
- WANG Q S, CHEN D, XU Y Q, et al. Study on the aroma components in Chinese famous black tea [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(1): 195-200.
- [32] 曾亮, 王杰, 柳岩, 等. 小种红茶与工夫红茶品质特性的比较分析[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 51-56.
- ZENG L, WANG J, LIU Y, et al. Comparative analysis of quality characteristics of souchong and congou[J]. Food Science, 2016, 37(20): 51-56.
- [33] 王梦琪, 朱荫, 张悦, 等. “清香”绿茶的挥发性成分及其关键香气成分分析[J]. 食品科学, 2019, 40(22): 219-228.
- WANG M Q, ZHU Y, ZHANG Y, et al. Analysis of volatile composition and key aroma compounds of green teas with fresh scent flavor[J]. Food Science, 2016, 37(20): 51-56.
- [34] OWUOR O P, TSUSHIDA T, HORITA H, et al. Effects of geographical area of production on the composition of the volatile flavour compounds in Kenyan clonal black CTC teas[J]. Experimental Agriculture, 1988, 24(2): 227-235.
- [35] HO C T, ZHENG X, LI S. Tea aroma formation[J]. Food Science & Human Wellness, 2015, 4(1): 9-27.
- [36] ZHANG L, CAO Q Q, DANIEL G, et al. Association between chemistry and taste of tea: A review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 101: 139-149.
- [37] GUO X Y, LV Y Q, YE Y, et al. Polyphenol oxidase dominates the conversions of flavonol glycosides in tea leaves[J]. Food Chemistry, 2021, 339: 128088.
- [38] CUI J L, KATSUNO T, TOTSUKA K, et al. Characteristic fluctuations in glycosidically bound volatiles during tea processing and identification of their unstable derivatives[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(5): 1151-1157.
- [39] ZHANG T, FANG K, NI H, et al. Aroma enhancement of instant green tea infusion using beta-glucosidase and beta-xylosidase[J]. Food Chemistry, 2020, 315: 126287.
- [40] WANG D, KURASAWA E, YAMAGUCHI Y, et al. Analysis of glycosidically bound aroma precursors in tea leaves. 2. Changes in glycoside contents and glycosidase activities in tea leaves during the black tea manufacturing process[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49: 1900-1903.
- [41] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 193.
- WAN X C. Tea biochemistry[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 193.

## Studies on the Suitability of Summer Fresh Tea Leaves for the Production of Congou Black Tea

Liang Shuang<sup>1,2</sup>, Fu Yanqing<sup>1</sup>, Wang Fang<sup>1</sup>, Chen Jianxin<sup>1</sup>, Yin Junfeng<sup>1</sup>, Xu Yongquan<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>*Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008*

<sup>2</sup>*Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081*)

**Abstract** In order to explore the feasibility of producing black tea from summer tea, this experiment analyzed the sensory quality and biochemical components of Congou black tea made from 15 varieties of summer fresh tea leaves from the three aspects of liquor color, aroma and taste, via color difference meter, spectrophotometer, amino acid analyzer, gas chromatography–mass spectrometer and ultra high performance liquid chromatography tandem high resolution mass spectrometer. The color of the soup is mainly orange, the taste is mainly mellow, and the aroma quality is quite different. Oolong tea varieties all have the sweet and floral aroma characteristic of black tea. The content of theaflavins, thearubigins and theabrownins have a greater impact on the color and taste of the soup. The higher the content, the better the color of the soup. The rose-scented geraniol content in Jinnudan and Jinxuan is higher, which is significantly positively correlated with the aroma score; the sweet nerol has a significant positive correlation with the aroma score. During the production of black tea, the catechins in Jinxuan, Jinnudan, Tieguanyin and Juhuachun changed greatly, and theaflavins produced more. This was related to the content of catechins and the activity of PPO (polyphenol oxidase) and POD (peroxidase). The three varieties of Zhongcha 108, Jinxuan and Jinnudan have a large increase in amino acid content during the withering stage, and a large amount of them are retained in black tea. Combining sensory and component analysis, it can be determined that the color, aroma and taste of Congou black tea made from the two varieties of Jinxuan and Jinnudan summer shoots are better, and most varieties of fresh summer tea leaves can be processed into Congou black tea, especially oolong tea varieties.

**Keywords** tea variety; Congou black tea; summer tea; suitability