

# 浮梁楮叶种夏茶加工成红茶和绿茶的品质化学成分变化

徐骥远<sup>1,2</sup>, 陈斌<sup>3</sup>, 卢利荣<sup>3</sup>, 袁利人<sup>3</sup>, 李兆钦<sup>4</sup>, 吴志华<sup>1,5\*</sup>, 陈红兵<sup>1,5</sup>

(1. 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047; 2. 南昌大学食品学院, 南昌 330031; 3. 林恩茶业有限公司, 南昌 330100; 4. Charles W. Davidson College of Engineering, San Jose State University, San Jose CA 95192, USA; 5. 南昌大学中德联合研究院, 南昌 330047)

**摘要:** **目的** 比较浮梁楮叶种(*Castanopsis sinensis*)夏茶加工成红茶和绿茶的品质化学成分变化, 研究其适制性。**方法** 将浮梁产楮叶种夏茶分别加工成红茶和绿茶, 采用国家标准方法等测定其滋味成分, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法(headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)分析其挥发性物质相对含量, 比较两者的品质化学成分差异。**结果** 茶青中游离氨基酸含量为 3.86%, 低于红茶中的 4.43% ( $P<0.05$ ), 高于绿茶中的 3.68% ( $P<0.05$ ); 而酚氨比为 3.22, 高于红茶中的 1.45, 低于绿茶中的 3.79; 多糖含量为 6.77%, 高于红茶中的 6.14% ( $P<0.05$ ), 略高于绿茶中的 6.70% ( $P>0.05$ ); 咖啡碱含量为 2.83%, 略低于红茶中的 2.96% ( $P>0.05$ ), 高于绿茶中的 1.81% ( $P<0.05$ )。挥发性物质分析结果表明, 红茶中以花果香、柠檬香、薄荷香等为主的 $\beta$ -紫罗兰酮、水杨酸甲酯、*D*-柠檬烯、(*Z,Z*)- $\alpha$ -法呢烯等物质相对含量较高, 赋予了红茶独特的高香; 绿茶中以柠檬香、花果香和苦杏仁香等为主的*D*-柠檬烯、顺-衣兰油-3,5-二烯和咖啡因等物质相对含量较高, 使得绿茶香气高长。**结论** 浮梁产楮叶种夏茶加工后品质化学成分随工艺不同而不同, 其既适合制成红茶, 也适合加工为绿茶。

**关键词:** 楮叶种夏茶; 适制性; 品质化学成分变化; 滋味成分; 挥发性物质

## Quality and chemical composition changes of black tea and green tea processed from Fuliang *Castanopsis sinensis* summer tea

XU Ji-Yuan<sup>1,2</sup>, CHEN Bin<sup>3</sup>, LU Li-Rong<sup>3</sup>, YUAN Li-Ren<sup>3</sup>, LI Zhao-Qin<sup>4</sup>,  
WU Zhi-Hua<sup>1,5\*</sup>, CHEN Hong-Bing<sup>1,5</sup>

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China; 2. College of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 3. Riantea Limited, Nanchang 330100, China; 4. Charles W. Davidson College of Engineering, San Jose State University, San Jose CA 95192, USA; 5. Sino-German Joint Research Institute, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the quality chemical composition changes of black tea and green tea made from the Fuliang *Castanopsis sinensis* summer tea, and study its suitability. **Methods** The Fuliang *Castanopsis* summer tea was processed into black tea and green tea, respectively, the content of the taste components was

基金项目: 江西省主要学科学术和技术带头人资助计划项目(21105125)

Fund: Supported by the Academic and Technical Leaders of Major Subjects in Jiangxi Province (21105125)

\*通信作者: 吴志华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品科学。E-mail:wuzhuhua@ncu.edu.cn

\*Corresponding author: WU Zhi-Hua, Ph.D, Professor, College of Food Science and Technology, Nanchang University, No.235, Nanjing East Road, Nanchang, Jiangxi 330047, China. E-mail: wuzhuhua@ncu.edu.cn

measured by national standard methods, etc. The relative content of the volatile compounds was measured by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS), and the quality chemical composition changes were compared. **Results** The free amino acid content in tea green was 3.86%, lower than 4.43% in black tea ( $P<0.05$ ) and higher than 3.68% in green tea ( $P<0.05$ ); while the phenol-ammonia ratio was 3.22, which was higher than 1.45 in black tea and lower than 3.79 in green tea; the content of polysaccharide was 6.77%, higher than 6.14% in black tea ( $P<0.05$ ), and slightly higher than 6.70% in green tea ( $P>0.05$ ); the content of caffeine was 2.83%, slightly lower than 2.96% in black tea ( $P>0.05$ ), and higher than 1.81% in green tea ( $P<0.05$ ). The results of volatile substance analysis showed that the high content of  $\beta$ -ionone, methyl salicylate, *D*-limonene, and (*Z,Z*)- $\alpha$ -farnesene with floral, fruity, lemony, and mint scents fragrances gave black tea a unique high fragrance; the high content of *D*-limonene, *cis*-muurola-3,5-diene, and caffeine of lemon, floral and fruity and bitter almond fragrances gave green tea a long, high aroma. **Conclusion** The quality and chemical composition of Fuliang *Castanopsis* summer tea after processing varies with the process. It is suitable for making both black tea and green tea.

**KEY WORDS:** *Castanopsis sinensis* summer tea; suitability; quality chemical composition change; taste component; volatile substance

## 0 引言

楮叶种茶(*Castanopsis sinensis*)原产祁门历口,是黄山市祁门县地方特色茶树品种,适应性和抗逆性强、叶质柔软肥厚、内含物丰富、酶活性高,夏茶中酚类化合物等化学成分含量较高,通常适合制成红茶,很少被加工成绿茶,而浮梁种植的楮叶种茶,有被加工成绿茶<sup>[1]</sup>,但其加工成绿茶后的物质变化、风味品质如何需要进一步评价和研究。另外,浮梁楮叶种茶与祁门楮叶种茶同出一山(黄山山脉)、同种工艺,如今,浮梁县的现代茶园绝大多数是“楮叶种”后代,浮梁县在“楮叶种”的资源上有规模优势<sup>[2]</sup>,因此对其适制性进行探索意义重大。

茶叶中的化学成分很复杂,在制茶过程中,不同的加工方式会引导品质化学成分向不同方向转化,同一种鲜叶按不同方式加工的成品茶香气、滋味的具体特征均有不同<sup>[3-4]</sup>。绿茶的品质特征主要源于杀青<sup>[5-7]</sup>,而红茶的主要风味物质产生于发酵过程<sup>[8-11]</sup>。

香气和滋味是茶风味的两个重要品质<sup>[12]</sup>。香气是茶的灵魂,挥发性化合物在茶叶中含量极低,约占茶叶干重的0.01%,但对茶叶品质至关重要<sup>[13-14]</sup>。目前对茶叶挥发性组分的分析方法主要有气相色谱-离子迁移谱法(gas chromatography-ion mobility spectroscopy, GC-IMS)、顶空固相微萃取-气相色谱-质谱法(headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS)、电子鼻、气相色谱闻香法等<sup>[15-16]</sup>。其中 GC-IMS 价格比较昂贵,电子鼻、气相色谱闻香法等挥发性成分测定中用的相对较少;而 HS-SPME 在气味物质采集方面具有前处理简单、安全、省时等优点<sup>[17-18]</sup>,GC-MS 对于气味物质的鉴定具有高效性,是目前关注度比较高、测定挥发性成分最常用的一种成熟的检测技术<sup>[19-23]</sup>。滋味是

茶叶品质除香气以外的重要评价因素,与非挥发性化合物的组成和含量有关,构成滋味的特征物质主要有茶多酚、氨基酸、糖类、咖啡碱、果胶等物质,其中以茶多酚、氨基酸和咖啡碱对茶叶品质影响最大<sup>[24-25]</sup>。

本研究以浮梁产楮叶种夏茶为研究对象,通过传统工艺将其分别加工成红茶和绿茶,测定滋味成分和挥发性物质含量,分析不同加工中茶叶的品质化学成分变化,探索该夏茶原料的适制性,以期浮梁楮叶种夏茶资源的利用和产品开发提供理论支持。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试剂

2020 年夏季机器采摘景德镇市浮梁县新居村有机茶园的楮叶种茶树品种作为原料,后文均用茶青代表此原料。

L-茶氨酸(纯度 $\geq 98.5\%$ )、葡萄糖(纯度 $\geq 98\%$ )、咖啡碱(纯度 $\geq 98\%$ )、甲醇、碳酸钠、70%甲醇水溶液、1 mol 福林酚、十二水合磷酸氢二钠( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )、磷酸二氢钾( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )、水合茚三酮、氯化亚锡( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、萘酚、浓硫酸、碱式乙酸铅、盐酸(分析纯)(南昌绿斯生物技术有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

ME204 电子分析天平(0.1 mg, 上海梅特勒-托利多仪器有限公司); HWS-26 电热恒温水浴锅(上海一恒科学仪器有限公司); 40 型揉捻机(浙江上洋机械股份有限公司); 101A-2 型电热鼓风干燥箱(上海市实验仪器总厂); BR680 型酶标仪(美国 Bio-Rad 公司); HP-5 MS 毛细管柱(30 mm $\times$ 0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$ )、30  $\mu\text{m}$  PDMS 固相微萃取头、7890B-7000D 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司); 57330-U SPME 萃取手柄(美国 SUPELCO 公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 绿茶制备

茶青薄摊于 20 °C 下萎凋 4 h, 摊叶厚度约 3 cm; 萎凋叶入电炒锅杀青, 杀青温度约 220 °C; 杀青叶在 40 型揉捻机上按“轻揉 10 min→重揉 5 min→轻揉 5 min”的方式揉捻; 揉捻叶解块后置于烘箱中, 在 85 °C 下烘干 60 min。迅速用锡箔纸包裹后置于液氮罐中低温处理 1~2 min, 再取出, 通过冷冻干燥机脱水成干燥样品, 置于-20 °C 低温冰箱中, 备用。

#### 1.3.2 红茶制备

茶青在萎凋槽内进行鼓风萎凋, 至鲜叶含水率达 60%~62%, 萎凋叶在 40 型揉捻机上按“轻揉 30 min→中揉 15 min→重揉 20 min→轻揉 5 min”方式揉捻 70 min, 揉捻叶解块后置于发酵室中, 发酵室温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h; 干燥用烘箱初烘温度 120 °C, 时间 15 min, 适当摊凉后进行足干, 足干温度 90 °C, 时间 60 min。

#### 1.3.3 主要滋味成分鉴定

游离氨基酸总量测定参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》, 以茶氨酸为标准物; 茶多酚类和儿茶素类含量参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》; 多糖参照傅博强等<sup>[26]</sup>的蒽酮-硫酸法, 以葡萄糖为标准物; 咖啡碱含量测定参照 GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》。

#### 1.3.4 GC-MS 分析

称取磨碎均匀样品 2.00 g, 置于 40 mL SPME 萃取瓶中, 倒入 20 mL 水浴至 90 °C 的超纯水, 用密封垫封口。手动振荡 2 min, 随后将其放入 90 °C 水浴锅中平衡 20 min, 使茶叶挥发性组分充分挥发。然后将固相微萃取针插入萃取瓶中, 固定好固相微萃取手柄后, 推出纤维头, 保持 90 °C 条件顶空吸附 60 min, 随后迅速取出。将萃取头插入 GC 进样口, 并推出纤维头, 在 250 °C 的条件下解吸附。

GC-MS 条件: 采用 HP-5 MS 毛细管柱, 进样口温度设置为 250 °C; 样品在进样口中解吸附 5 min, 载气为高纯氦气(纯度>99.999%), 流速 1 mL/min; 不分流进样; 升温程序: 35 °C 保持 2 min, 以 3 °C/min 速率升至 40 °C 保持 2 min, 以 8 °C/min 速率升至 60 °C, 保持 2 min, 再以 8 °C/min 速率升至 90 °C, 保持 3 min, 以 2 °C/min 升至 150 °C, 不保持, 最后以 5 °C/min 速率升至 250 °C。

MS 条件: 电子电离源; 离子源温度 230 °C; 电子能量 70 eV; 四极杆温度 150 °C; 传输线温度 280 °C; 电子倍增器电压 1023 V; 质量扫描范围  $m/z$  40~800。

依据所获取的总离子流色谱图质谱信息, 经 NIST2014s 标准谱库检索定性鉴定出成分, 依据面积归一的方法得到各成分在茶叶挥发性组分中的相对含量。取 SI (similar index)>80 为有效数据, 即当 SI>80 则认定该组分存在于样品中。

#### 1.3.5 数据处理

数据采用 Microsoft Excel 2010 录入和整理, 用 SPSS

24.0 数据分析软件进行统计分析, 采用最小显著极差法 (least significant difference, LSD) 进行处理差异显著性检验, 显著水平为 ( $P<0.05$ ), 用 Origin 2018 软件进行作图分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 滋味成分测定

楮叶种夏季茶青制得的红茶与绿茶主要滋味成分见图 1, 茶多酚主要与茶汤浓度及苦涩味程度有关, 茶青中多酚含量为 12.42%, 显著高于红茶 ( $P<0.05$ ), 低于绿茶 ( $P<0.05$ ); 绿茶在加工过程中由于经过杀青使得多酚氧化酶热变性, 茶多酚得以最大限度地保留, 从而使得绿茶茶汤色泽绿润; 而红茶在加工过程中没有杀青, 茶多酚大部分氧化为茶色素, 使得多酚含量整体减少, 而茶色素的增加使得红茶茶汤色泽乌润。氨基酸是形成茶叶鲜爽滋味的重要物质, 有助于茶浸泡液的鲜味、甜味和苦味, 茶青中游离氨基酸含量为 3.86%, 显著低于红茶中的 4.43% ( $P<0.05$ ), 显著高于绿茶中的 3.68% ( $P<0.05$ ); 而酚氨比能够更加鲜明地反映茶汤的滋味和鲜醇度, 一般而言, 酚氨比较大的茶汤滋味苦涩; 酚氨比较小的茶汤滋味甜爽, 可知楮叶种茶青的酚氨比为 3.22, 明显高于红茶中的 1.45, 低于绿茶中的 3.79, 事实上, 酚氨比虽是决定茶叶适制性的重要因素, 但茶叶适制性还与加工工艺有关, 成茶各品质化学成分综合决定了其品质特征。本研究所用茶青加工获得的红茶和绿茶均具有较低的酚氨比, 使得加工出的茶滋味甜爽、苦涩味小, 具有较好的口感<sup>[27-30]</sup>。

多糖主要与茶的甜味和鲜味有关, 茶青中多糖含量为 6.77%, 显著高于红茶中的 6.14% ( $P<0.05$ ), 略高于绿茶中的 6.70% ( $P>0.05$ ); 红茶制备中, 经揉捻、发酵后的可溶性果胶, 在发酵的酸性条件下发生不可逆凝固, 其酶解产物还会与钙离子生成沉淀<sup>[27-29]</sup>, 降低其中多糖含量。制得的绿茶仍具有较高的多糖含量, 有利于茶的鲜味和甜味。

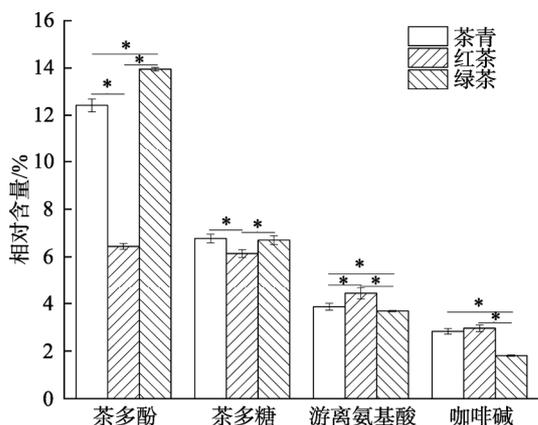
咖啡碱是茶叶存在苦味的原因之一, 茶青中咖啡碱含量为 2.83%, 略低于红茶中的 2.96% ( $P>0.05$ ), 显著高于绿茶中的 1.81% ( $P<0.05$ ); 在制茶过程中, 咖啡碱不会发生氧化作用, 只有在干燥过程中, 咖啡碱会因升华而损失, 且红茶在发酵过程中又有新的咖啡碱生成<sup>[29]</sup>。制得的绿茶咖啡碱含量较低, 使得绿茶苦味降低, 有利于绿茶的甜爽味的形成。因此相同条件下采摘的楮叶种茶青制成的绿茶和红茶间成分有变化, 均形成了较好的独特品质。

### 2.2 不同种类茶的挥发性组分结果分析

#### 2.2.1 不同种类茶的挥发性组分结果分析

GC-MS 检测结果如表 1 所示。经过 GC-MS 检测以及标准质谱库检索分析, 在红茶和绿茶两种茶样中分别鉴定出了 8 类 43 种和 8 类 31 种挥发性成分。其中, 红茶中醇类 4 种、酮类 4 种、酯类 10 种、烯炔类 5 种、烷烃类 7

种、酸类 2 种、含氮化合物 7 种、其他 4 种, 绿茶中醇类 2 种、酮类 3 种、酯类 6 种、烯炔类 7 种、烷烃类 5 种、酸类 2 种、含氮化合物 4 种、其他 2 种, 这些有机物分子 C 链大多在 C8~C15 之间。



注: \*表示差异显著,  $P < 0.05$ 。

图 1 不同茶中主要滋味成分含量 (n=3)

Fig.1 Content of the main taste ingredients in different teas (n=3)

两种茶中共有的物质有 8 种, 分别为 5-氨基四氮唑、(3Z,6E)-3,7,11-三甲基十二烷基-1,3,6,10-四烯、己二酸二辛酯、3,3-二甲基己烷、4-异丙基甲苯、D-柠檬烯、异丁酸叶醇酯和咖啡因。红茶中 5-氨基四氮唑、(3Z,6E)-3,7,11-三甲基十二烷基-1,3,6,10-四烯、己二酸二辛酯和 3,3-二甲基己烷的相对含量较高, 绿茶中 4-异丙基甲苯、D-柠檬烯、异丁酸叶醇酯和咖啡因含量较高。其中, 两种茶中 D-柠檬烯和咖啡因的含量均较高, D-柠檬烯具有柠檬香气, 对茶叶的清香、甜香具有影响, 本研究茶青所制红茶和绿茶中的相对含量分别为 24.43%、30.56%, 咖啡因具有强烈苦味, 对茶叶的苦涩香气具有影响<sup>[6,10]</sup>, 相对含量分别为 7.89%和 23.89%。

红茶中挥发性有机物主要为酯类、烯炔类和含氮化合物, 其他物质含量均相对较低。酯类中的代表物质有对苯二甲酸二辛酯、阿尔法三萜烯甲酸酯、水杨酸甲酯等, 烯炔类中代表物质有 D-柠檬烯、(Z,Z)- $\alpha$ -法呢烯等, 含氮化合物中代表物质有油酸酰胺、咖啡因等。其中  $\beta$ -紫罗兰酮具有紫罗兰花香气味, 由茶叶中类胡萝卜素在红茶制造或发酵过程中形成, 延长其发酵时间可能会提高  $\beta$ -紫罗兰酮的含量, 因此可通过调节发酵时间来控制其含量; 水杨酸甲酯具有冬青油香、薄荷香气味, 在萎凋阶段其含量减少, 摇青时会大量增加;  $\alpha$ -水芹烯(柑橘香)、D-柠檬烯(柠檬香)以及(Z,Z)- $\alpha$ -法呢烯(花香)具有强烈的花果香, 咖啡因等具有苦香味<sup>[10,30]</sup>。这些物质共同构成了红茶的嫩香、甜香和花香等独特的高香特征。

绿茶中挥发性有机物主要为烯炔类和含氮化合物, 其他有机物含量均相对较低。烯炔类主要代表物质为 D-

柠檬烯、新植二烯等, 含氮化合物中代表物质为咖啡因、二甲胺等。其中, D-柠檬烯具有强烈的花果香, 另外, 醇类物质所带有的清香, 5-甲基-2-己酮等酮类物质所提供的花果陈香, 异丁酸叶醇酯、癸酸乙酯等酯类物质所具有的花果香, 咖啡因等化合物所赋予的苦杏仁香<sup>[14]</sup>, 这些物质一起构成了绿茶嫩香、清香等独特的高长香气。

表 1 不同种类茶的主要挥发性组分及相对含量  
Table 1 Main volatile components of different types of tea

序号	化合物	相对含量/%	
		红茶	绿茶
醇类			
1	1-(4-甲基苯基)-1-乙醇	-	0.50
2	2-(4-甲基环己-2,4-烯-1-基)丙-2-醇	0.22	-
3	4-甲基-1-己醇	0.41	-
4	13-14-11-丁炔-1-醇	1.92	-
5	1,1'-双环戊基-2,2'-二醇	-	1.70
6	3,7-二甲基-辛烯-2-醇	1.51	-
酮类			
7	顺式,反式-2,3-二甲基环丁酮	0.37	-
8	4-乙酰基-2,3,4,5,5-五甲基-环戊-2-烯酮	0.26	-
9	$\beta$ -紫罗兰酮	1.68	-
10	4-甲基-2-丙基-1,6-二氢嘧啶-6-酮	-	0.59
11	5-甲基-2-己酮	-	0.69
12	6-甲基-2-三甲甲酮	1.32	-
13	1-(3-环己烯-1-基)-2,2-二甲基-1-丙酮	-	1.12
酯类			
14	异丁酸叶醇酯	0.26	0.56
15	水杨酸甲酯	1.51	-
16	阿尔法三萜烯甲酸酯	1.75	-
17	亚硫酸,环己基甲基异丁酯	-	0.27
18	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯	0.54	-
19	烯丙基丙酯	0.33	-
20	丙酸四氢糠醇酯	-	0.16
21	异丁酸香茅酯	-	0.86
22	棕榈酸甲酯	1.93	-
23	癸酸乙酯	-	0.56
24	2-乙基丁酸环己基甲酯	0.11	-
25	己二酸二辛酯	1.15	1.02
26	对苯二甲酸二辛酯	4.11	-
27	亚硫酸-2-乙基己基十七烷基酯	1.36	-
烯炔类			
28	D-柠檬烯	24.43	30.56
29	$\alpha$ -水芹烯	0.34	-
30	2,6-二甲基-1,5-庚二烯	-	0.18

表 1(续)

序号	化合物	相对含量/%	
		红茶	绿茶
31	3-甲基-6-丙烷-2-亚烷基环己烯	-	0.28
32	(Z,Z)- $\alpha$ -法呢烯	1.23	-
33	(3Z,6E)-3,7,11-三甲基十二烷基-1,3,6,10-四烯	0.83	0.62
34	顺-衣兰油-3,5-二烯	-	2.91
35	顺-衣兰油-4,5-二烯	0.43	-
36	4,4-二甲基-1-戊烯	-	0.47
37	新植二烯	-	2.53
	烷烃类		
38	茶螺烷	0.88	-
39	3-乙酰基降金刚烷	-	1.06
40	1-碘壬烷	0.28	-
41	3,3,4-三甲基癸烷	0.19	-
42	2,2,3,4-四甲基戊烷	0.64	-
43	2,6,6-三甲基辛烷	-	1.39
44	2-(2,2-二甲基环丙基)-1,1-二甲基环丙烷	-	0.52
45	7-环己基-7-氮杂双[4.1.0]庚烷	0.52	-
46	环丁基环丁烷	-	0.34
47	(1,2-二甲基丁基)-环己烷	0.69	-
48	3,3-二甲基己烷	0.36	0.33
	酸类		
49	2-甲基癸酸	-	0.68
50	十三烷酸	-	2.61
51	正十六烷酸	2.63	-
52	2-乙基庚酸	0.37	-
	含氮类		
53	3-环丙基-1,2-二甲基-二氮丙啶	-	2.70
54	氨基甲酸铵盐	0.16	-
55	二甲胺	-	8.49
56	普罗林坦	0.27	-
57	4H-1,2,4-噻唑-3,4-二胺	0.10	-
58	5-氨基四氮唑	0.67	0.40
59	丁二酰亚胺	0.05	-
60	咖啡因	7.89	23.89
61	油酸酰胺	24.27	-
	其他		
62	4-异丙基甲苯	0.54	0.59
63	2-(1-甲基环戊氧基)-四氢吡喃	0.20	-
64	$\alpha$ -甲基- $\delta$ -氧代-2-苯基-1,3-二氧戊环-2-庚腈	-	0.22
65	7-十四炔	0.73	-
66	2-乙酰咪喃	0.30	-

注: -表示未检出。

## 2.2.2 不同茶中各类挥发性组分分析

通过对两种不同种类茶叶中的挥发性组分分析, 得出了挥发性组分分类图, 如图 2 所示, 可直观地看出, 同一种原料茶加工成不同的茶, 各挥发性物质种类和数量均不同。与绿茶相比, 红茶整体的组分数量从 31 种增加到了 43 种, 其中醇类、酮类、酯类、烷烃类、含氮化合物和其他物质组分均比绿茶多, 而烯炔类物质组分比绿茶少, 酸类物质组分则相同。

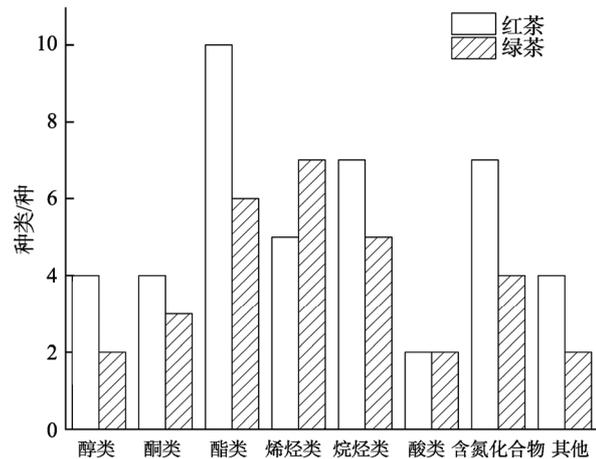


图 2 不同茶中挥发性组分分类图

Fig.2 Classification of volatile components in different teas

通过对两种不同种类茶叶中的挥发性组分分析, 得出了两类茶挥发性组分含量变化如图 3, 可直观地看出, 同一种原料茶加工成不同的茶, 其挥发性物质各组分的相对含量均不同。与绿茶相比, 红茶的醇类、酮类、酯类和其他类物质的相对含量均更高, 烯炔、烷烃、酸类和含氮化合物的相对含量则相对较低。

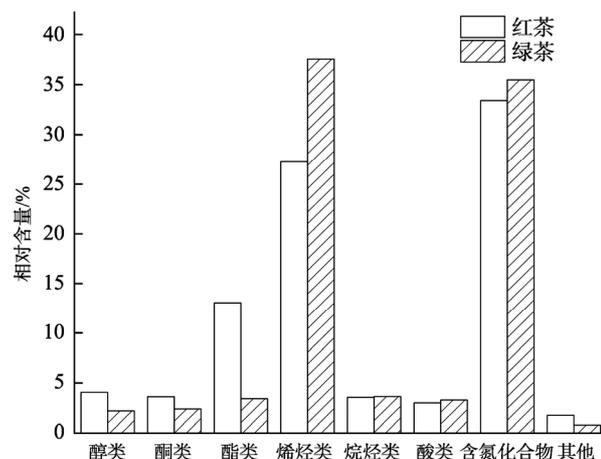


图 3 不同茶中挥发性组分相对含量

Fig.3 Relative content of volatile components in different teas

综上,对于物质种类而言,两种茶中酯类、烯烃类、烷烃类及含氮类物质组分数量较多且差异较大;对于相对含量而言,两种茶中酯类、烯烃类、含氮类物质的相对含量较高且差异较大。由此可以推测酯类、烯烃类及含氮化合物从组分数量及相对含量变化上分析很大可能是造成两类茶所特有香气的主要来源<sup>[31-32]</sup>。

### 3 结论和讨论

楮叶种是黄山地区独特茶树品种,浮梁楮叶种和祁门楮叶种均来自黄山,通常被加工成红茶,如祁门红茶,很少被用来加工成绿茶。各类茶多以春茶为原料<sup>[1]</sup>,而关于夏秋茶的研究较少,因此将浮梁楮叶种夏茶茶青分别制成绿茶和红茶,比较不同的加工工艺条件下,茶叶的品质化学成分变化、非挥发性物质和挥发性物质的组成,探讨茶叶该原料的适制性具有重要意义。

茶叶的滋味主要由茶多酚、氨基酸、糖类、咖啡碱、果胶等物质的含量和比例所决定,其中以茶多酚、氨基酸和咖啡碱对茶叶品质影响最大<sup>[24-25]</sup>。滋味成分研究结果表明,楮叶种夏茶茶青制得的红茶的色泽乌润主要得益于多酚转化的茶红素(thearubin, TR)和茶黄素(theaflavin, TF),测得红茶具有较好的 TR/TF 值(10.25),但本研究所制红茶中的多酚含量高于祁门、功夫红茶<sup>[1,30]</sup>,茶色素含量则相对偏低,可能是由于发酵时间不足或发酵温度较低等导致多酚氧化较少<sup>[30]</sup>。红茶中茶多糖含量达到 6.14%,可使茶汤回味隽永<sup>[28]</sup>。楮叶种夏茶茶青制得的绿茶的色泽绿润、味鲜醇是由其高含量的叶绿素和茶多酚、较低的酚氨比(3.79)共同决定的<sup>[30]</sup>。香气成分研究结果表明,红茶中的具有紫罗兰花香味的 $\beta$ -紫罗兰酮、冬青油香、薄荷香气味水杨酸甲酯、花果香气味的 *D*-柠檬烯和(*Z,Z*)- $\alpha$ -法呢烯等物质相对含量较高,赋予了红茶独特的高香<sup>[10]</sup>;绿茶中具有柠檬香气的 *D*-柠檬烯、清香气味的顺-衣兰油-3,5-二烯和苦香味的咖啡因等物质含量较高,使得绿茶香气高长<sup>[14,33]</sup>;然而仅通过含量的高低而没有阈值无法准确说明各物质对茶叶香气的贡献程度,今后的研究可以从阈值入手进行探讨,得出更加准确的结果。

综上所述,浮梁产楮叶种夏茶茶青经历不同的加工过程,鲜叶中物质发生不同的变化。从茶味和茶香来看,浮梁楮叶种夏茶茶青适制性好,制成的红茶、绿茶均有较好的风味。浮梁茶中“楮叶种”种植规模很大,本研究为其夏秋茶原料的利用提供了理论支持。

### 参考文献

- [1] 李荣林, 艾仄宜, 穆兵, 等. 楮叶种制成的不同茶类品质特性和抗氧化功能[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(21): 7806-7815.
- [2] 蒋同. 浮梁茶的当代复兴[J]. 食品界, 2020, (5): 68-71.
- [3] FLAIG M, QI S, WEI G, *et al.* Characterization of the key odorants in a high-grade Chinese green tea beverage (*Camellia sinensis*; Jingshan cha) by means of the sensomics approach and elucidation of odorant changes in tea leaves caused by the tea manufacturing process [J]. *J Agric Food Chem*, 2020, 68(18): 5168-5179.
- [4] 辛董董, 李东霄, 张浩. 不同茶类制茶过程中的化学变化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(2): 216-224.
- [5] WANG H, HUA J, YU Q, *et al.* Widely targeted metabolomic analysis reveals dynamic changes in non-volatile and volatile metabolites during green tea processing [J]. *Food Chem*, 2021, 363: 130131.
- [6] 周天山, 米晓玲, 王衍成, 等. 不同加工工艺对‘陕茶 1 号’绿茶品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(3): 148-154.
- [7] LIU P, ZHENG P, GONG Z, *et al.* Comparing characteristic aroma components of bead-shaped green teas from different regions using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry combined with chemometrics [J]. *Eur Food Res Technol*, 2020, 246(9): 1703-1714.
- [8] 黄怀生, 银霞, 赵熙, 等. 花香型工夫红茶加工研究[J]. 茶叶通讯, 2015, 42(3): 21-24.
- [9] HOU ZW, WANG YJ, XU SS, *et al.* Effects of dynamic and static withering technology on volatile and nonvolatile components of Keemun black tea using GC-MS and HPLC combined with chemometrics [J]. *LWT*, 2020, 130: 109547.
- [10] 石渝凤, 邸太妹, 杨绍兰, 等. 花香型红茶加工过程中香气成分变化分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 167-175.
- [11] 田金全, 侯树银, 尹妍, 等. 条红茶制茯砖茶加工工艺[J]. 中国茶叶, 2019, 41(3): 43-45.
- [12] GUO X, HO CT, SCHWAB W, *et al.* Effect of the roasting degree on flavor quality of large-leaf yellow tea [J]. *Food Chem*, 2021, 347: 129016.
- [13] 李俊, 蔡滔, 兰鉴, 等. 贵州绿茶挥发性风味成分特征分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(17): 68-75.
- [14] 李文金, 杨普香, 江新风, 等. 江西不同区域绿茶香气组分分析[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2016, (1): 1-5.
- [15] LI J, CAI T, LAN J, *et al.* Analysis of characteristics of volatile flavor components of Guizhou green tea [J]. *Chin J Exp For*, 2017, 23(17): 68-75.
- [16] LI WJ, YANG PX, JIANG XF, *et al.* Analysis of aroma components of green tea in different regions of Jiangxi [J]. *Newslett Sericul Tea*, 2016, (1): 68-71.

- 1-5.
- [15] 何华锋, 朱宏凯, 董春旺, 等. 黑茶香气化学研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, 35(2): 121-129.  
HE HF, ZHU HK, DONG CW, *et al.* Research progress on aroma chemistry of dark tea [J]. *Tea Sci*, 2015, 35(2): 121-129.
- [16] 刘晓慧, 张丽霞, 王日为, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法分析黄茶香气成分[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 239-243.  
LIU XH, ZHANG LX, WANG RW, *et al.* Analysis of volatile components of yellow tea by HS-SPME/GC-MS [J]. *Food Sci*, 2010, 31(16): 239-243.
- [17] YANG Z, BALDERMANN S, WATANABE N. Recent studies of the volatile compounds in tea [J]. *Food Res Int*, 2013, 53(2): 585-599.
- [18] 邓静, 王远兴, 毛雪金, 等. 固相微萃取(SPME)在茶叶香气分析中的应用[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 346-349.  
DENG J, WANG YX, MAO XJ, *et al.* Research progress in solid phase microextraction (SPME) in tea aroma analysis [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(2): 346-349, 353.
- [19] IRANMANESH M, EZZATPANAH H, AKBARI-ADERGANI B, *et al.* SPME/GC-MS characterization of volatile compounds of Iranian traditional dried Kashk [J]. *Int J Food Prop*, 2018, 21(1): 1067-1079.
- [20] 钟秋生, 朱荫, 林郑和, 等. 全二维气相色谱-飞行时间质谱鉴定春闰乌龙茶香气成分[J]. 茶叶学报, 2020, 61(2): 45-65.  
ZHONG QS, ZHU Y, LIN ZH, *et al.* Aromatics in Chungui oolong tea analyzed by comprehensive 2D gas chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry [J]. *Acta Tea Sin*, 2020, 61(2): 45-65.
- [21] QI D, MIAO A, CAO J, *et al.* Study on the effects of rapid aging technology on the aroma quality of white tea using GC-MS combined with chemometrics: In comparison with natural aged and fresh white tea [J]. *Food Chem*, 2018, 265: 189-199.
- [22] FACUNDO HVDV, GARRUTI DDS, DIAS CTDS, *et al.* Influence of different banana cultivars on volatile compounds during ripening in cold storage [J]. *Food Res Int*, 2012, 49(2): 626-633.
- [23] 张曦, 罗宏泉, 张敏, 等. PY-GC-MS 法分析 6 种茶叶挥发性成分的研究[J]. 食品科技, 2020, 45(12): 286-290.  
ZHANG X, LUO HQ, ZHANG M, *et al.* Study on volatile components in six kinds of tea by PY-GC-MS [J]. *Food Sci Technol*, 2020, 45(12): 286-290.
- [24] 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): 90-95.  
FU J. The effects of different plucking seasons of fresh tea leaves on congou black tea quality [J]. *Food Sci Technol*, 2017, 42(11): 90-95.
- [25] 李艳, 何春雷, 孟雪莉, 等. 干热后处理改善夏季成品绿茶风味品质研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 189-195.  
LI Y, HE CL, MENG XL, *et al.* Study on quality improving in flavor of finished summer green tea by dry-heat post-treatment [J]. *Food Mach*, 2016, 32(12): 189-195.
- [26] 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, 11(22): 69-73.  
FU BQ, XIE MY, NIE SP, *et al.* Determination of polysaccharide content in tea [J]. *Food Sci*, 2001, 11(22): 69-73.
- [27] 许伟, 彭影琦, 张拓, 等. 绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 36-41.  
XU W, PENG YQ, ZHANG T, *et al.* Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality [J]. *Food Sci*, 2019, 40(11): 36-41.
- [28] 刘盼盼, 邓余良, 尹军峰, 等. 绿茶滋味量化及其与化学组分的相关性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 173-181.  
LIU PP, DENG YL, YIN JF, *et al.* Study on the quantification of the taste of green tea and its correlation with chemical components [J]. *Chin Food Sin*, 2014, 14(12): 173-181.
- [29] 张梁, 陈琪, 宛晓春, 等. 中国茶叶生物化学研究 40 年[J]. 中国茶叶, 2019, 41(9): 1-10.  
ZHANG L, CHEN Q, WAN XC, *et al.* 40 years of research on tea biochemistry in China [J]. *China Tea*, 2019, 41(9): 1-10.
- [30] 刘盼盼, 郑鹏程, 龚自明, 等. 工夫红茶品质分析与综合评价[J]. 食品科学, 2021, 42(12): 195-205.  
LIU PP, ZHENG PC, GONG ZM, *et al.* Quality analysis and comprehensive evaluation of Chinese Congou black tea [J]. *Food Sci*, 2021, 42(12): 195-205.
- [31] 李俊杰, 徐元昊, 陈梦娟, 等. 手筑茯砖茶加工过程中挥发性组分变化分析[J]. 食品科学, 2020, 41(24): 144-154.  
LI JJ, XU YH, CHEN MJ, *et al.* Analysis of changes in volatile components during processing of handmade Fuzhuan tea [J]. *Food Sci*, 2020, 41(24): 144-154.
- [32] 王华杰, 滑金杰, 余勤艳, 等. 基于 IRAE-HS-SPME/GC-MS 分析杀青方式对绿茶栗香形成的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(14): 209-217.  
WANG HJ, HUA JJ, YU QY, *et al.* Effects of fixation methods on the formation of the chestnut-like aroma of green tea analyzed by infrared-assisted extraction coupled to headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2021, 42(14): 209-217.
- [33] 徐春晖, 王远兴. 基于 GC-MS 结合化学计量学方法鉴别 3 种江西名茶[J]. 食品科学, 2020, 41(20): 141-150.  
XU CH, WANG YX. Discrimination of three famous teas in Jiangxi using gas chromatography-mass spectrometry combined with chemometrics [J]. *Food Sci*, 2020, 41(20): 141-150.

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

## 作者简介



徐骥远, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶风味。

E-mail: 245290998@qq.com



吴志华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: wuzhuhua@ncu.edu.cn