

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2019.06.004

## 重庆不同茶树品种加工工夫红茶香气成分分析<sup>①</sup>

杨娟, 李中林, 袁林颖, 钟应富,  
张莹, 罗红玉, 邬秀宏, 王杰

重庆市农业科学院 茶叶研究所/重庆市茶叶工程技术研究中心, 重庆 永川 402160

**摘要:** 探索重庆地区不同茶树品种所制工夫红茶香气的特异性, 为该地区红茶产业的发展提供理论支撑。采用顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用仪检测重庆地区主栽品种名山白毫、蜀永 1 号、巴渝特早、四川中小叶种、早白尖 5 号和蜀永 2 号所制工夫红茶香气成分, 并运用主成分(PCA)分析方法研究其特征性香气物质及香气品质特征。结果表明, 该 6 个品种工夫红茶共检测出香气成分 69 种, 其中名山白毫 38 种、蜀永 1 号 28 种、巴渝特早 43 种、四川中小叶种 42 种、早白尖 5 号 44 种、蜀永 2 号 36 种; 平均质量分数占比较高的主要香气物质种类有 5 种, 分别是醇类(28.42%~56.79%)、醛类(18.42%~39.58%)、酯类(16.82%~25.07%)、烯类(3.61%~10.62%)及酮类(2.67%~5.85%)。通过 PCA 分析, 提取出 4 个主成分及 11 个特征挥发性香气物质, 分别为橙花叔醇、罗勒烯、正辛醛、庚醛、正己醛、香叶基丙酮、 $\delta$ -杜松烯、反-2-丁酸己酯、反-2-己烯醛、苯甲醛、橙花醇。主成分综合得分从高到低排序为巴渝特早, 名山白毫, 早白尖 5 号, 四川中小叶种, 蜀永 1 号, 蜀永 2 号。重庆地区不同茶树品种加工的工夫红茶特征香气品质主要呈现为花香及甜香, 其中巴渝特早香气品质表现最佳。

**关键词:** 工夫红茶; 品种; 香气成分

**中图分类号:** TS272.5; S377

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2019)06-0021-07

随着红茶市场的扩大、人们生活水平的提高, 消费者对红茶产品香气品质越来越关注。因此, 分析研究工夫红茶的香气特征对其品质的提升具有重要意义。研究表明, 已鉴定分离的茶叶芳香物质约有 700 种, 鲜叶中含有的香气物质约 80 余种, 绿茶中约 200 余种, 而红茶则有 400 多种<sup>[1]</sup>。工夫红茶是中国传统名茶, 其香气品质大多呈现甜香、蜜香、橘糖香等香型, 不同地域、品种及加工工艺所制成的红茶香气品质往往差异较大<sup>[2]</sup>。如吕世懂等<sup>[3]</sup>研究得出紫娟红茶的香气成分主要为芳樟醇、芳樟醇氧化物、植醇、咖啡因、6, 10, 14-甲基-2-十五烷酮、十六烷酸、香叶醇等; 而滇红茶的香气成分主要为芳樟醇、十六烷酸、芳樟醇氧化物、植醇、香叶醇、咖啡因、水杨酸甲酯等。徐元骏等<sup>[4]</sup>研究得出, 花香型红茶香气中含有较多橙花叔醇、 $\alpha$ -法尼烯、吲哚等乌龙茶特征性香气物质, 高氨基酸红茶中含氮化合物如 2-乙酰吡咯、喹啉等质量分数较高。康受姪<sup>[5]</sup>研究得出, 同一批原料加工成不同茶类后, 各茶类特异性挥发性化合物差异明显。绿茶的特征性挥发性化合物为吲哚; 红茶为 2-己烯醛、1-己醇、香叶醇、苯乙醇和水杨酸甲酯; 乌龙茶为 1-辛烯-3-醇。王小云等<sup>[6]</sup>研究得出, 广西六垌野生工夫红茶具有玫瑰花香、甜花香、略带冬青香的品质特征, 而影响广西六垌野生工夫红茶香气的主要成分有香叶醇、水杨酸甲酯、 $\beta$ -芳樟醇、苯乙醛、2-乙酰基呋喃、苯乙醇、氧化芳樟醇 II 等。顶空固相微萃取和气相色谱质谱

① 收稿日期: 2018-08-14

基金项目: 重庆市科技计划项目(cstc2018jcsx-msybx2202); 重庆市科委科研院所绩效激励引导专项(cstc2017jxjl80007, NKY2017CA001); 重庆市永川区自然科学基金计划项目(Ycstc, 2017nc5017)。

作者简介: 杨娟(1986-), 女, 助理研究员, 主要从事茶叶加工与品质检验的研究。

通信作者: 袁林颖, 研究员。

联用(headspace-solid phase micro-extraction HS-SPME 和 gaschromatography mass spectrometry GC-MS)技术已广泛应用于各种茶叶样品挥发性成分的分析中<sup>[4, 7-9]</sup>, 方法简单、可靠、灵敏度高、重复性好, 且不需要有机溶剂, 缩短了复杂的样品前处理过程; 同时, 主成分(principal component analysis PCA)分析方法也常用于茶叶特征性香气物质及香气品质特征分析<sup>[10-12]</sup>, 是一种比较理想的茶叶特征性香气成分分析方法. 近年来, 重庆地区工夫红茶产品发展迅速, 但多以适制绿茶栽培品种为主, 且鲜有对当地品种所制红茶香气品质的研究和报道. 本试验采用重庆地区栽培的茶树品种加工工夫红茶, 并通过顶空固相微萃取-气相色谱质谱联用检测及分析其不同品种红茶香气成分, 探索该地区红茶香气的特异性, 以期为该地区红茶产业的发展提供理论支撑.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

于 2017 年 4 月下旬, 分别采摘名山白毫、蜀永 1 号、巴渝特早、四川中小叶种、早白尖 5 号和蜀永 2 号原料加工工夫红茶, 鲜叶原料来自重庆市农业科学院茶叶研究所科技示范茶园, 每个品种采摘原料约 30 kg, 采摘标准为 1 芽 2 叶初展.

氯化钠(NaCl, 分析纯), 成都市科龙化工试剂厂; 超纯水.

### 1.2 仪器与设备

QP2010 气相色谱-质谱联用仪, 日本岛津公司; 非结合型聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)萃取头, 57330-U 手动固相微萃取进样器, 美国 Supelco 公司; 电子分析天平, 沈阳龙腾电子称量仪器有限公司; 电热恒温鼓风干燥箱, 上海齐欣科学仪器有限公司; HH-2 数显恒温水浴锅, 常州滇华仪器有限公司; 20 mL 固相微萃取瓶, 天津奥特赛斯公司.

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 试验方法

各品种原料按工夫红茶改进工艺进行加工, 工艺流程: 鲜叶——萎凋(约 10 h)——揉捻(90 min)——发酵(3~4 h)——脱水——复揉(30 min)——做形——干燥. 取红茶成茶样 250 g 供试.

#### 1.3.2 测定方法

##### 1.3.2.1 香气组分的萃取

采用顶空固相微萃取法(HS-SPME)萃取香气组分. 准确称取 0.6 g 研磨茶样置于固相微萃取瓶中, 加入 10 mL 沸超纯水加盖密封, 平衡 5 min 后于 70 °C 恒温水浴锅中静置萃取 60 min. GC-MS 进样口(230 °C)解析 5 min 后进行香气组分分析.

##### 1.3.2.2 香气组分的解析

色谱柱: DB-5MS 弹性石英毛细管柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 红茶升温程序: 50 °C, 保持 2 min; 以 4 °C/min 升至 180 °C, 保持 2 min; 以 10 °C/min 升至 230 °C, 保持 2 min; 总程序时间为 43.50 min. 载气 He, 流速 1.0 mL/min; 进样方式: 不分流进样; 检测器: FID.

质谱条件: 离子源温度: 230 °C; 接口温度: 230 °C; EI 源; 电子能量: 70eV; m/z 35~400u.

##### 1.3.2.3 数据处理及质谱检索

定性分析: 各试样经气相色谱-质谱分析后, 所得各总离子色谱图(total ion chromatogram, TIC)经质谱库 NIST 08. LIB 和 NIST 08s. LIB 匹配并参考文献辅助定性(相似度 SI 为 85%以上)<sup>[13-14]</sup>, 鉴定挥发性香气组分, 采用峰面积归一法确定各香气组分的相对质量分数.

#### 1.3.3 感官审评方法

由 3 位高级评茶员按 GB/T 23776-2009《茶叶感官审评方法》进行密码审评.

## 2 结果与分析

### 2.1 重庆不同茶树品种工夫红茶香气成分分析

6 个不同茶树品种工夫红茶香气中共检测出 69 种挥发性香气成分, 其中名山白毫 38 种、蜀永 1 号

28种、巴渝特早43种、四川中小叶种42种、早白尖5号44种、蜀永2号36种。各香气成分中以醇类、醛类和酯类为主,其中醇类13种,醛类19种,酯类19种,酮类6种,碳氢化合物类9种,酸类及其他3种。6个品种红茶均含有的香气成分有14种,其中相对质量分数较高的香气成分有反-2-己烯醛、苯乙醛、 $\alpha$ -甲基- $\alpha$ -(4-甲基-3-戊烯基)环氧甲醇、壬醛、芳樟醇、水杨酸甲酯、香叶醛、己酸叶醇酯、罗汉柏烯、 $\beta$ -紫罗兰酮、橙花叔醇等。

## 2.2 重庆不同茶树品种工夫红茶香气成分种类及质量分数分析

重庆不同茶树品种工夫红茶香气成分种类及相对质量分数比较见图1。可以看出,各品种红茶中平均质量分数占比较高的主要香气物质种类有5种,分别是醇类(28.42%~56.79%)、醛类(18.42%~39.58%)、酯类(16.82%~25.07%)、烯类(3.61%~10.62%)及酮类(2.67%~5.85%)。其中在蜀永1号、巴渝特早、四川中小叶种、早白尖5号、蜀永2号所制红茶中检测出醇类香气物质相对质量分数最高,而名山白毫品种红茶中醛类相对质量分数最高(图1)。

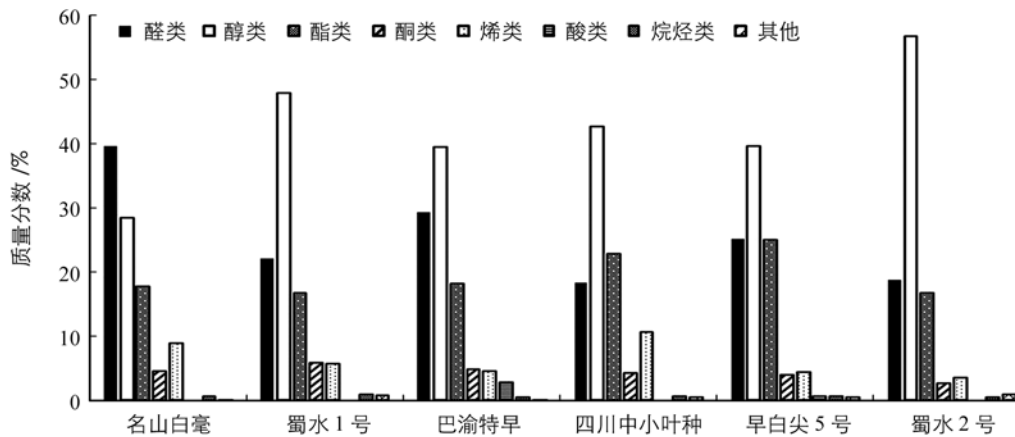


图1 重庆不同茶树品种工夫红茶香气物质种类及质量分数

### 2.2.1 醇类化合物

醇类化合物通常带有特殊的花香和果香,种类和相对质量分数在各品种红茶中均较高,对红茶香气的形成有着重要作用。共同含有的醇类化合物有 $\alpha$ -甲基- $\alpha$ -(4-甲基-3-戊烯基)环氧甲醇、芳樟醇、橙花叔醇。此外,环氧芳樟醇、橙花醇、香叶醇、松油醇等在部分品种中也较高。

芳樟醇<sup>[15-16]</sup>是红茶香气中一种重要的成分,有浓青带甜的木青气息,似玫瑰木香气,既有紫丁香、铃兰与玫瑰的花香,又有木香、果香气息,作为茶叶主要赋香成分在各品种中质量分数均较高,其中蜀永1号、蜀永2号相对质量分数分别达到了45.31%,39.87%;名山白毫、巴渝特早、四川中小叶种、早白尖5号中质量分数也分别达到13.01%,15.63%,13.97%,16.96%。 $\alpha$ -甲基- $\alpha$ -(4-甲基-3-戊烯基)环氧甲醇是芳樟醇氧化物,在巴渝特早、早白尖5号、名山白毫、四川中小叶品种中质量分数较高,分别达到了12.69%,11.84%,9.12%,7.7%。橙花叔醇呈玫瑰及苹果香气,在巴渝特早品种红茶中质量分数最高,达7.56%,四川中小叶种、早白尖5号、名山白毫、蜀永2号品种中质量分数适中,分别为3.59%,3.28%,3.14%,3.07%,蜀永1号红茶中最低,仅为1.66%。

### 2.2.2 醛类化合物

检测出的醛类化合物中,各品种共同含有的醛类香气组分有反-2-己烯醛、苯乙醛、壬醛、香叶醛。其中反-2-己烯醛呈浓郁新鲜水果、绿叶清香气,各品种质量分数在5.34%~9.61%,名山白毫品种中质量分数最高;苯乙醛呈风信子香气,各品种质量分数在1.66%~5.63%,蜀永2号品种中质量分数较高;壬醛具有油脂气味和甜橙气息,各品种质量分数在2.46%~5.18%,蜀永1号中质量分数最高;香叶醛呈现浓郁柠檬香,各品种质量分数在0.26%~3.8%,名山白毫中质量分数最高。醛类物质质量分数名山白毫中质量分数最高,达35.98%,其与癸醛、橙花醛、 $\beta$ -环高柠檬醛等质量分数较高有关;巴渝特早次之,为29.23%。此外,醛类香气成分中苯甲醛、反式-2-壬烯醛、十二醛等质量分数也较为丰富,除苯甲醛香气呈现苦杏仁味,基本上均呈现柠檬香、甜橙香型的果香与清香。

### 2.2.3 酯类化合物

酯类化合物在各品种中质量分数与种类均较丰富. 酯类香气成分可能是由茶叶中的醇类化合物与酸类酯化而成, 也可能是在热的作用下由茶叶中的羟基酸类脱水形成内酯<sup>[1]</sup>. 大部分酯类都具有水果香味. 各品种中共有的酯类香气化合物有水杨酸甲酯、丁酸-4-己烯酯、己酸叶醇酯、己酸反-2-己烯酯、邻苯二甲酸二异丁酯、棕榈酸甲酯等 6 种, 其中水杨酸甲酯是组成红茶香气的重要物质, 呈现出特有的冬青油香味, 其质量分数在各品种中达 7.48%~15.36%, 早白尖 5 号品种中质量分数最高, 四川中小叶种次之. 此外, 己酸叶醇酯各品种中质量分数也较高, 分别有 1.51%~5.94%, 呈现似梨味道的水果青香气.

### 2.2.4 酮类化合物

酮类香气化合物的形成可能是由于脂肪的热氧化降解和氨基酸的降解而形成的<sup>[11, 17]</sup>, 各品种中含有的酮类香气成分种类较少, 主要有顺茉莉酮、 $\alpha$ -紫罗兰酮、香叶基丙酮、法尼基丙酮、 $\beta$ -紫罗兰酮以及  $\beta$ -紫罗兰酮-5, 6-环氧物. 其中共有香气物质  $\beta$ -紫罗兰酮呈紫罗兰香, 且质量分数差异不大, 在 1.34%~1.71%之间. 此外, 除蜀永 2 号未检测出顺茉莉酮外, 其余品种均含有呈现优雅的茉莉花香和芹菜籽香气的顺茉莉酮, 蜀永 1 号质量分数为 3.03%, 四川中小叶种次之, 含有 2.25%, 巴渝特早、早白尖 5 号、名山白毫分别含有 2.17%, 1.45%, 1.09%.

### 2.2.5 碳氢化合物

碳氢化合物香气主要包括饱和烷烃及不饱和烯烃类香气成分, 主要含有 9 种, 其中共有的香气成分有 3 种, 分别是罗汉柏烯、 $\delta$ -杜松烯、植烷. 其中罗汉柏烯质量分数较丰富, 达 1.71%~4.26%, 名山白毫品种中质量分数最高, 四川中小叶种中质量分数最低.

### 2.2.6 酸类及其他

酸类香气中仅含有己酸和辛酸两种, 且仅在巴渝特及早白尖 5 号中有检出. 其他化合物 2, 5-二叔丁基-1, 4-苯醌在各品种中均有检出, 但质量分数较少, 仅含 0.27%~0.71%.

## 2.3 重庆不同茶树品种工夫红茶特征性香气成分分析

利用 SPSS 19.0 对 6 个品种工夫红茶香气成分进行主成分分析, 得到主成分特征值及其累计贡献率见表 1. 经主成分提取后, 第一主成分的初始特征值为 19.774, 方差贡献率为 28.657%; 第二主成分的特征值为 15.557, 方差贡献率为 22.546%; 前 4 个主成分解释的方差累计贡献率达到了 86.978%, 基本能够解释原有香气成分所包含的大部分信息.

表 1 主成分特征值及其累积变异百分比

成分	初始特征值	方差的贡献率/%	累积方差的贡献率/%
1	19.774	28.657	28.657
2	15.557	22.546	51.203
3	13.919	20.172	71.375
4	10.766	15.603	86.978

从主成分载荷矩阵数据可以得出, 第一主成分的主要贡献香气物质有橙花叔醇、罗勒烯、正辛醛、庚醛、正己醛、香叶基丙酮等, 其载荷依次为 0.945, 0.927, 0.881, 0.870, 0.869, 0.852, 反映了第一主成分具有玫瑰、果香等芳香气味; 第二主成分的主要贡献香气物质有  $\delta$ -杜松烯、反-2-丁酸己酯、反-2-己烯醛, 其载荷依次为 0.938, 0.929, 0.889, 反映了第二主成分具有木香、绿叶清香的芳香气味; 第三主成分的主要贡献香气物质有苯甲醛、反, 顺-2, 6-壬二烯醛, 其载荷为 0.839, 0.780, 反映了第三主成分具有苦杏仁味、似紫罗兰和黄瓜的青香气味; 第四主成分主要的贡献香气物质有橙花醇、 $\alpha$ -法呢烯, 其载荷依次为 0.883, 0.681, 反映了第四主成分具有玫瑰香甜气味.

根据主成分分析可初步得出重庆地区不同茶树品种所制工夫红茶的特征挥发性香气物质为橙花叔醇、罗勒烯、正辛醛、庚醛、正己醛、香叶基丙酮、 $\delta$ -杜松烯、反-2-丁酸己酯、反-2-己烯醛、苯甲醛、橙花醇.

将主成分载荷矩阵数据除以主成分相对应的特征值开平方根即得到各主成分中每个指标所对应的系

数<sup>[18-19]</sup>. 故可以得到4个主成分的表达式为

$$F_1 = 0.182ZX_1 - 0.134ZX_2 - 0.028ZX_3 + 0.032ZX_4 + 0.081ZX_5 + 0.028ZX_6 + 0.167ZX_7 + 0.032ZX_8 + \dots - 0.158ZX_{69}$$

$$F_2 = 0.048X_1 - 0.070ZX_2 - 0.077ZX_3 - 0.127ZX_4 + 0.010ZX_5 - 0.092ZX_6 - 0.119ZX_7 - 0.127ZX_8 + \dots - 0.123ZX_{69}$$

$$F_3 = 0.147ZX_1 - 0.158ZX_2 - 0.130ZX_3 + 0.209ZX_4 - 0.185ZX_5 - 0.027ZX_6 + 0.097ZX_7 + 0.209ZX_8 + \dots - 0.042ZX_{69}$$

$$F_4 = -0.024ZX_1 + 0.108ZX_2 - 0.189ZX_3 + 0.079ZX_4 - 0.015ZX_5 - 0.204ZX_6 - 0.020ZX_7 + 0.079ZX_8 + \dots + 0.147ZX_{69}$$

其次,4个主成分的方差贡献率分别为0.287,0.225,0.202,0.156,最终的综合得分函数为

$$F_{\text{综}} = 0.287F_1 + 0.225F_2 + 0.202F_3 + 0.156F_4$$

由 $F_1, F_2, F_3, F_4, F_{\text{综}}$ 的表达式可以计算出各品种红茶香气主成分得分及综合得分,并按综合得分排名,数据如表2.

表2 重庆不同品种工夫红茶香气主成分得分及排名

品种	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_{\text{综}}$	主成分综合得分排名	感官审评香气评分	香气评分排名	香气表现
名山白毫	-2.867	6.601	3.164	-1.559	1.078	2	91.33 ± 0.89	3	清甜香
蜀永1号	-5.403	-1.078	-2.631	4.213	-1.671	5	89.00 ± 0.67	5	木甜香
巴渝特早	7.483	2.617	-2.309	2.337	2.643	1	95.00 ± 0.00	1	花香浓郁
四川中小叶种	1.121	-2.913	-0.771	-4.484	-1.198	4	92.33 ± 0.44	2	甜香浓郁
早白尖5号	1.272	-4.036	5.937	1.741	0.915	3	89.33 ± 0.89	4	甜香
蜀永2号	-1.606	-1.191	-3.390	-2.249	-1.768	6	89.00 ± 0.67	5	木甜香

从表2可以看出,各主成分得分中,巴渝特早在第一主成分中得分最高,第二主成分中名山白毫得分最高,第三主成分中早白尖5号得分最高,第四主成分中蜀永1号得分最高.香气感官审评来看,香气得分最高的是巴渝特早,排名第二至第五(并列)分别是:四川中小叶种、名山白毫、早白尖5号、蜀永1号/蜀永2号.此外,比较主成分分析综合得分排名与感官审评中香气评分排名,除四川中小叶种有所差异外,所建立的评价模型与感官审评具有较好的一致性.说明通过主成分分析建立的评价指标基本可以预测重庆不同茶树品种所制工夫红茶香气品质等级.此外,四川中小叶群体种属有性系群体品种,一个品种内往往包含性状不一样的各个类型,同时,研究证明茶树种群内的变异高于种群间的变异<sup>[20]</sup>.因此,通过模型预测其香气品质与实际感官审评有所差异可能与其生长特性有关.

### 3 讨论

#### 3.1 重庆不同茶树品种所制工夫红茶香气成分分析

本试验结果中,名山白毫红茶醛类物质所占比例最高,其余5个品种香气物质所占比例最高的均为醇类.与山西贞等发现鲜叶富含醇类化合物,而红茶则富含醛类、酸类化合物的结果有所差异<sup>[1]</sup>.这可能是由试验的品种差异或红茶加工工艺变化引起的.

芳樟醇在各品种中质量分数均较高,其中蜀永1号、蜀永2号相对质量分数分别达到了45.31%,39.87%,这可能与两品种呈现出特别的木香有重要关系; $\alpha$ -甲基- $\alpha$ -(4-甲基-3-戊烯基)环氧甲醇是芳樟醇氧化物,也是丹桂和金桂挥发油的主要成分<sup>[21-22]</sup>,呈现花香的香气特征,是各品种红茶重要的香气贡献物;橙花叔醇呈玫瑰及苹果香气,在巴渝特早品种红茶中质量分数是其他品种的2~4倍,可能与巴渝特早红茶呈现的明显花香品质有重要关系.区别于其他品种,具有花香的香叶基丙酮以及具有青草气或苹果香的正己醛在巴渝特早、四川中小叶种所制红茶香气成分中检出,推测这两种物质可能与红茶花香品质有关.

然而,影响茶叶香气品质形成的因素很多,发酵是红茶品质形成的关键工序,发酵程度优劣直接影响

着香气形成,如反-2-己烯醛在发酵过程中生成显著而具有较高的质量分数,是因为其主要来自由被氧化的儿茶素类引起的氨基酸、胡萝卜素、亚麻酸等不饱和脂肪酸的氧化降解<sup>[1]</sup>。此外,香气化合物质量分数、种类组成、阈值及相互间的抑制或促进作用都会影响香气品质的形成<sup>[7]</sup>。因此,探索不同品种红茶间香气品质差异形成原因还需开展更深入的研究。

### 3.2 重庆不同茶树品种所制工夫红茶特征香气品质分析

通过香气检测及香气感官审评综合来看,重庆不同茶树品种所制工夫红茶的香气品质主要呈现为甜香及花香。其中巴渝特早是重庆选育的省级良种,在重庆、四川有大面积种植,加工工夫红茶花香浓郁,是适制重庆工夫红茶的特色品种。蜀永1号、蜀永2号是重庆市农科院茶研所以云南大叶茶为母本、四川中小叶种为父本杂交育种后所得,加工工夫红茶具有特别的木香味。此外,四川中小叶群体种加工的工夫红茶甜香浓郁,香气品质较优,应在发展无性系良种的同时适当保留,与罗学平等<sup>[23]</sup>有关研究的结果及观点一致。

## 4 结 论

重庆地区不同茶树品种加工而成的工夫红茶特征香气品质主要呈现为甜香及花香,其中巴渝特早品种所制红茶香气品质表现最佳。通过PCA分析,提取出了4个主成分及11个特征挥发性香气物质,分别为橙花叔醇、罗勒烯、正辛醛、庚醛、正己醛、香叶基丙酮、 $\delta$ -杜松烯、反-2-丁酸己酯、反-2-己烯醛、苯甲醛、橙花醇。

### 参考文献:

- [1] 宛晓春. 茶叶生物化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 方维亚, 陈 萍. 不同地区红茶特异性香气成分比较研究 [J]. 茶叶, 2014, 40(3): 138-145.
- [3] 吕世懂, 姜东华, 刘 川, 等. 特种“紫娟”红茶与滇红茶香气成分的比较 [J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(7): 734-742.
- [4] 徐元骏, 何 靓, 贾玲燕, 等. 不同地区及特殊品种红茶香气的差异性 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015, 41(3): 323-330.
- [5] 康受婷. 不同茶树品种、生产季节和加工方法对茶叶挥发性化合物的影响 [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [6] 王小云, 谭少波. 广西六洞野生工夫红茶加工过程中生化成分及香气成分变化趋势分析 [J]. 南方农业学报, 2017, 48(4): 710-715.
- [7] 王秋霜, 吴华玲, 陈 栋, 等. 广东英德红茶代表产品的香气成分鉴定研究 [J]. 茶叶科学, 2012, 32(5): 448-456.
- [8] 葛晓杰, 苏祝成, 狄德荣, 等. 基于顶空固相微萃取/气质联用的红茶特征香型呈香活性成分研究 [J]. 食品工业科技, 2016, 37(23): 304-310.
- [9] 刘 聪, 张文杰, 严 亮, 等. 顶空固相微萃取结合 GC/MS 分析玫瑰香型滇红茶香气成分 [J]. 食品科技, 2017, 42(8): 300-305.
- [10] 郭 丽, 蔡良媛, 林 智, 等. 基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建 [J]. 热带作物学报, 2010, 31(9): 1606-1610.
- [11] 田小军, 王 杰, 邓宇杰, 等. 不同贮藏时间普洱茶的特征性香气成分分析 [J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 194-202.
- [12] 曾 敏, 龚正礼. 基于主成分分析法构建云南古树普洱茶香气质量评价模型 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(15): 264-269, 279.
- [13] 潘 科, 冯 林, 陈 娟, 等. HS-SPME-GC-MS 联用法分析不同通氧发酵加工工艺红茶香气成分 [J]. 食品科学, 2015, 36(8): 181-186.
- [14] 王秋霜, 乔小燕, 操君喜, 等. 广东单丛茶树品种红茶香气成分的 GC-MS 分析 [J]. 食品科学, 2015, 36(4): 114-118.
- [15] 王华夫, 竹尾忠一, 伊奈和夫, 等. 祁门红茶的香气特征 [J]. 茶叶科学, 1993, 13(1): 61-68.
- [16] 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.
- [17] DU L P, LI J X, LI W, et al. Characterization of Volatile Compounds of Pu-erh Tea Using Solid-phase Microextraction and Simultaneous Distillation-extraction Coupled with Gas Chromatography-mass Spectrometry [J]. Food Research In-

ternational, 2014, 57(1): 61-70.

- [18] 林海明, 张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件——兼与刘玉玫、卢纹岱等同志商榷 [J]. 统计研究, 2005(3): 65-69.
- [19] 张文霖. 主成分分析在 SPSS 中的操作应用 [J]. 市场研究, 2005(12): 31-34.
- [20] 季鹏章, 张俊, 王平盛, 等. 云南古茶树(园)遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 茶叶科学, 2007, 27(4): 271-279.
- [21] 胡春弟, 梁逸曾, 李晓如, 等. 丹桂挥发油的气相色谱-质谱联用分析 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(7): 1582-1584.
- [22] 胡春弟, 梁逸曾, 曾茂茂, 等. 不同品种桂花挥发油成分的分析研究 [J]. 化学试剂, 2010, 32(3): 231-234.
- [23] 罗学平, 李丽霞, 马超龙, 等. 四川主栽茶树品种红茶香气成分的 SPME-GC-MS 分析 [J]. 食品科学, 2016, 37(16): 173-178.

## Analysis of Aroma Components of Congou Black Tea Made of Different Tea Varieties in Chongqing

YANG Juan, LI Zhong-lin, YUAN Lin-ying,  
ZHONG Ying-fu, ZHANG Ying, LUO Hong-yu,  
WU Xiu-hong, WANG Jie

*Tea Research Institute of Chongqing Academy of Agricultural Sciences/*

*Chongqing Engineering Research Center for Tea, Yongchuan, Chongqing 402160, China*

**Abstract:** In order to provide a theoretical support for the development of black tea industry in Chongqing, the aroma specificity of congou black tea made of different tea varieties in this area was explored. Head-space solid-phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to determine the aroma components of the black tea produced with different tea varieties in Chongqing region (Mingshan-baihao, Shuyong 1, Bayu-tezao, Sichuan Zhongxiaoyezhong, Zaobaijian 5 and Shuyong 2) and principal component analysis(PCA) was used to study the characteristic aroma compounds and aroma quality characteristics of the black tea. A total of 69 kinds of aroma components were detected from the 6 varieties of congou black tea, among which Mingshan-baihao had 38 kinds, Shuyong 1 had 28 kinds, Bayu-tezao had 43 kinds, Sichuan Zhongxiaoyezhong had 42 kinds, Zaobaijian 5 had 44 kinds, and Shuyong 2 had 36 kinds. Five kinds of aroma components had a high average content: alcohols (28.42%—56.79%), aldehydes (18.42%—39.58%), esters (16.82%—25.07%), alkenes (3.61%—10.62%) and ketones (2.67%—5.85%). Four principal components and 11 characteristic aroma compounds were extracted by PCA analysis, and they were nerolidol, ocimene, octanal, heptanal, hexanal, geranylacetone,  $\delta$ -cadinene, trans-2-hexenyl butyrate, trans-2-hexenal, benzaldehyde and nerol. The comprehensive scores of the principal components were in the order of Bayu-tezao, Mingshan-baihao, Zaobaijian 5, Sichuan Zhongxiaoyezhong, Shuyong 1, Shuyong 2. The characteristic aroma quality of congou black tea made of different tea varieties in Chongqing area was mainly presented as sweet and flowery, of which the congou black tea made of Bayu-tezao had the best aroma quality.

**Key words:** congou black tea; variety; aroma component

责任编辑 周仁惠