

不同工艺古丈毛尖红茶与绿茶的香气成分分析

郭洪伟¹, 田云刚¹, 王建霞¹, 刘一涵¹, 邓 静¹, 瞿继团², 魏 华^{1,3*}

(1. 吉首大学生物资源与环境科学学院, 吉首 416000; 2. 古丈青竹山茶业有限公司, 吉首 416000;
3. 湖南省土家医药研究中心, 吉首 416000)

摘 要: **目的** 比较分析古丈毛尖不同工艺红茶与绿茶的香气成分。**方法** 采用减压蒸馏萃取法(vacuum distillation extraction, VDE)提取 5 种不同制作工艺的古丈毛尖红茶与绿茶中香气成分, 用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC/MS)定性, 面积归一法定量。**结果** 茶样中共检测出香气成分 90 种, 其中共有成分 8 种。红茶香气主要成分(含量占比超过 3%)包括香叶醇、苯乙醇、苯甲醇、呋喃氧化芳樟醇、苯乙醛。红茶 1 及红茶 2 以呋喃氧化芳樟醇、苯乙醇、香叶醇为主(含量占比超过 10%); 红茶 3 以苯乙醇、苯甲醇、香叶醇为主; 红茶 4 以苯乙醇、香叶醇为主; 红茶 5 以呋喃氧化芳樟醇、苯乙醇、苯甲醇、香叶醇为主。绿茶香气主要成分(含量占比超过 3%)包括二甘醇二丙酸酯、苯甲醇、3, 4, 4-三甲基-3-戊醇、3-(1, 3-二甲基丁氧基)-2-丁醇、2-叔丁基-4-甲基-5-氧代-[1, 3]二氧戊环-4-甲酸、香叶醇。**结论** 古丈毛尖在香气成分上, 红茶主要以醇类和醛类为主, 绿茶以醇类和酯类为主, 在制茶工艺上, 日光萎凋 1~2 h, 室内萎凋至含水量 60%左右的制茶工艺较优。

关键词: 古丈毛尖; 红茶; 绿茶; 香气组分; 气相色谱-质谱法

Analysis of aroma components of Guzhang Maojian black tea and green tea by different technologies

GUO Hong-Wei¹, TIAN Yun-Gang¹, WANG Jian-Xia¹, LIU Yi-Han¹, DENG Jing¹,
QU Ji-Tuan², WEI Hua^{1,3*}

(1. College of Biology and Environmental Science, Jishou University, Jishou 416000, China; 2. Guzhangqing Zhushan Tea Industry Co., Ltd, Jishou 416000, China; 3. Tujia Medicine Research Center in Hunan, Jishou 416000, China)

ABSTRACT: Objective To compare and analyze aroma components of black tea and green tea produced by different techniques of Guzhang Maojian. **Methods** The aroma components of Guzhang Maojian black tea and green tea from 5 different manufacturing processes were extracted by vacuum distillation extraction (VDE). The aroma components were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) and quantified by area normalization. **Results** Totally 90 aroma components were detected in tea samples, including 8 common components. The aroma components of black tea (more than 3%) mainly included geraniol, phenylethanol, benzyl

基金项目: 湘西自治州科技创新计划项目重点研发计划、湖南省土家医药研究中心开放项目(20172001)、国家自然科学基金青年科学基金项目(81403088); 吉首大学校级自然科学类科研项目(Jdx17024)

Fund: Supported by the Key Research and Development Plan of Science and Technology Innovation Project of Xiangxi Autonomous Prefecture, the Hunan Tujia Medicine Research Center Open Project (20172001), the National Natural Science Foundation of China (81403088), and the Jishou University School-level Natural Science Research Project (Jdx17024).

***通讯作者:** 魏华, 副教授, 主要研究方向为民族药活性成分及开发利用研究。E-mail: weihua20@126.com

***Corresponding author:** WEI Hua, Associate Professor, College of Biology and Environmental Science, Jishou University, No. 120, Renmin South Road, Xiangxi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Hunan416000, China. E-mail: weihua20@126.com

alcohol, trans-Linalool oxide (furanoid) and benzene acetaldehyde. Black tea 1 and black tea 2 mainly included trans-Linalool oxide (furanoid), phenylethanol and geraniol (over 10%), black tea 3 mainly included phenylethanol, benzyl alcohol and geraniol, black tea 4 mainly included phenylethanol and geraniol, black tea 5 mainly included trans-Linalool oxide (furanoid), phenylethanol, benzyl alcohol and geraniol. The aroma components of green tea (more than 3%) mainly included diethylene glycol dipropionate, benzyl alcohol, 3, 4, 4-trimethyl-3-pentanol, 3-(1, 3-dimethyl butoxy)-2-butanol, 2-t-butyl-4-methyl-5-oxo-[1, 3]dioxolane-4-carb- oxylic acid, geraniol.

Conclusion Guzhang Maojian black tea's aroma composition is mainly composed of alcohols and aldehydes, while green tea was mainly composed of alcohols and esters. The tea making process is superior when tea is withered by sun about 1-2 h, and is withered in room to a moisture content of about 60%.

KEY WORDS: Guzhang Maojian; black tea; green tea; aroma components; gas chromatography-mass spectrometry

1 引言

茶是世界三大无酒精饮料之一,因其独特的口味以及人们越来越重视的保健功能,使其在当今农贸中占有重要地位^[1]。古丈毛尖茶产区位于湘西自治州中部的古丈县,自然条件优越,阳光充足,雨量充沛,冬无严寒,夏少酷暑,位于世界公认的“绿茶金三角”区域,绿茶品质优异^[2]。

茶叶挥发性香气成分种类和含量是衡量茶叶品质优劣的重要指标,被誉为“茶之神”、“茶叶品质的命根子”^[3]。据报道,茶鲜叶中约有 90 种香气物质,干茶约有 700 多种香气成分,干茶中增加的香气物质主要在加工过程中形成^[4,5]。张见明^[6]等探究不同工艺对黄观音夏暑红茶生化成分变化及品质的影响,其中以萎凋中引入摇青工艺加工出来的茶样具有优质的红茶品质特征。乔小燕^[7]等研究萎凋方式和碰青工艺对红茶香气形成的影响,发现,抽湿萎凋和碰青工艺会增强香气的丰富度和持久性。师大亮^[8]等采取 6 种不同日光进行萎凋处理,结果表明,日光萎凋 20~21 h 时红茶品质较优。但目前关于古丈毛尖茶不同加工工

艺香气成分的相关研究相对较少。古丈毛尖茶为武陵山区重要的经济作物,具有紧直多毫、色泽翠绿、嫩香高悦、滋味醇爽回甘、耐冲泡等特点,为探明不同加工工艺古丈毛尖红茶工艺的区别和古丈毛尖绿茶之间香气成分的差异,本研究采用减压蒸馏萃取法(vacuum distillation extraction, VDE)对古丈毛尖不同加工工艺生产的红茶和绿茶香气成分进行提取并采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC/MS)对其香气成分进行分析,旨在为古丈毛尖为原料的红茶加工工艺的改进和品质的提升提供参考以及对古丈毛尖红绿茶香气成分差异提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

古丈毛尖红茶与绿茶由古丈青竹山茶业有限公司提供,为不同加工工艺的古丈毛尖茶,具体的加工过程如表 1。

重蒸乙醚(分析纯,国药集团公司);无水硫酸钠(分析纯,天津科密欧公司);纯净水(华润怡宝饮料有限公司)。

表 1 红茶样品制作工艺参数
Table 1 Black tea sample production process parameters

编号	萎凋	揉捻	发酵	干燥
红茶 1	室内萎凋, 10 h 至鲜叶含水率达 60%左右	40 型揉捻机进揉捻, 以轻压揉捻(60 h)成条率 90%	发酵机温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h	初烘 120 °C, 时间 30 min, 足干 90 °C, 时间 90 min
红茶 2	室内萎凋, 10 h 至鲜叶含水率达 60%左右	40 型揉捻机进揉捻, 以轻压揉捻(60 h)成条率 90%	发酵机温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h	初烘 120 °C, 时间 30 min, 足干 90 °C, 时间 90 min, 提香 100 °C, 1 h
红茶 3	日光萎凋 1~2 h, 室内萎凋至含水量 60%左右	40 型揉捻机进揉捻, 以轻压揉捻(60 h)成条率 90%	发酵机温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h	初烘 120 °C, 时间 30 min, 足干 90 °C, 时间 90 min
红茶 4	日光下晾晒至含水量 60%左右	40 型揉捻机进揉捻, 以轻压揉捻(60 h)成条率 90%	发酵机温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h	初烘 120 °C, 时间 30 min, 足干 90 °C, 时间 90 min
红茶 5	日光萎凋 1~2 h, 室内萎凋至含水量 60%左右	40 型揉捻机进揉捻, 以轻压揉捻(60 h)成条率 90%	发酵机温度 30 °C, 相对湿度 95%, 发酵时长 4 h	初烘 120 °C, 时间 30 min, 足干 90 °C, 时间 90 min, 提香 100 °C, 1 h

2.2 仪器与设备

GCMS-QP2010 气相色谱仪(日本岛津公司); LE204E 型万分之一分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司); WJX-800A 型多功能粉碎机(上海缘沃工贸公司); R-210 型旋转蒸发器(瑞士 BUCHI 公司); SHZ-D (111)型循环水式多用真空泵(陕西禾普生物公司); SH-Rtx-5MS 气相色谱柱(日本岛津公司)。

2.3 方法

2.3.1 感官评审方法

参照 GB/T 23776-2018《茶叶感官评审方法》^[9] 中方法进行密码评审, 用评语、评分(百分制)方式评定品质。总评分=外形评分*25%+香气评分*25%+滋味评分*30%+汤色评分*10%+叶底评分*10%。

2.3.2 提取方法

根据李永菊^[10]的报道, 采用减压蒸馏萃取法(vacuum distillation extraction, VDE)提取茶样中的香气成分, 能够较好的反映茶叶的香气特征。准确称取磨碎红绿茶样品 50 g, 茶样放于 2000 mL 圆底烧瓶中, 加入蒸馏水 900 mL, 将烧瓶与 Buchi 公司的旋转蒸发器连接, 冷阱温度设置为 -10 °C, 水浴锅温度设置为 50 °C, 使茶样与水在真空条件下保持微沸, 减压蒸馏 40 min, 收集冷凝液, 用重蒸乙醚萃取 2 次, 每次 50 mL, 合并萃取乙醚, 加适量无水硫酸钠去除水分, 浓缩至 1~2 mL, 低温保存在色谱玻璃瓶供色谱分析检测。

2.3.3 GC-MS 分析条件

色谱条件: SH-Rtx-5MS 气相色谱柱(30.0 mm×0.25 mm,

0.25 μm), 载气为高纯氦气(纯度>99.99%), 线速度 36.3 cm/s, 吹扫流量 3.0 mL/min, 载气流量 1.0 mL/min, 不分流进样, 进样量 1.0 μL, 进样口温度 200 °C, 柱温 50 °C, 接口温度 200 °C, 程序升温为: 初始温度为 50 °C, 以 3 °C/min 的速率升温至 160 °C, 保持 5 min, 最后以 12 °C/min 的速率升温至 250 °C。

质谱条件: 离子源为 EI 源, 采集模式为全扫描, 溶剂延迟时间 3 min, 电子能量为 70 eV, 质量扫描范围为 m/z 50~550 amu, MS 离子源温度为 230 °C, 阈值为 1000。

3 结果与分析

3.1 感官评审结果

5 种工艺茶样的感官品质评审结果见表 2。在外形, 滋味, 汤色, 叶底上, 红茶 3 的工艺领先其他工艺, 说明在日光下萎凋一段时间有利于古丈毛尖品质的提升。红茶 4 所得总评分最低, 说明在日光下晾晒进行萎凋, 会使茶的品质有所降低, 这可能与日光照射时间过长所致。红茶 2 的香气得分略高于红茶 1, 红茶 5 的香气得分略高于红茶 4, 这与其工艺进行提香有关, 但是结果差异不大。

3.2 不同加工工艺红茶与绿茶香气成分总离子流图

采用 VDE 法对古丈毛尖香气成分进行提取, 进行 GC-MS 分析, 本研究中茶样香气成分的 GC-MS 总离子流图(total ion chromatography, TIC 图)如图 1 所示。从图 1 可以初步看出, 茶样香气成分的 GC-MS 总离子流图存在较大的差异, 说明茶样的香气成分, 在其主要化学成分种类和组成比例等方面可能存在较大的差异。

表 2 感官评审结果
Table 2 Sensory review results

茶样	外形(25%)		香气(25%)		滋味(30%)		汤色(10%)		叶底(10%)		总分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
红茶 1	条索紧结匀整 色泽乌黑油润	87	鲜嫩甜香	87	鲜醇甜	89	橙黄较明亮	88	红, 较软亮	89	87.9
红茶 2	条索紧结匀整 色泽乌较润	86	鲜嫩甜香浓郁	88	鲜醇甜	89	橙黄较明亮	88	红亮柔嫩	89	87.9
红茶 3	条索紧结完整 色泽乌稍褐	91	甜香纯正	90	醇厚甘爽	92	橙黄明亮	91	红, 较软亮	91	91.05
红茶 4	条索紧结匀整 色泽乌黑	87	鲜甜尚显	84	醇和	86	橙黄略暗	85	较红亮	87	85.75
红茶 5	条索紧结完整 色泽乌稍褐	90	甜香纯正浓郁	91	醇厚甘爽	92	橙黄明亮	91	红亮柔嫩	91	91.05

3.3 茶样香气成分组成结果

通过岛津 GC-MS 分析, 从茶样中共鉴定出 8 类 90 种挥发性香气组分(表 3 和表 4), 其中醇类 26 种、酯类 15 种、醛类 7 种、酮类 7 种、烃类 14 种、酚类 1 种、酸类 5 种、其他类 15 种(表 5)。5 种不同工艺红茶和绿茶香气物质种类的相对含量及平均相对含量见表 2, 从挥发性香气物质的平均含量来看, 以醇类最高(76.45%), 其次是酯类

(6.27%)、醛类(4.90%)、酸类(3.22%)、其他类(2.57%)、烃类(1.03%)、酮类(0.92%), 含量最低的为酚类物质(0.11%)。由此可知, 醇类物质种类和平均相对含量均为最高; 烃类种类较多, 含量不高; 酯类、酸类和醛类较高, 种类也较多; 其他类香气物质种类和含量均较低。由此可以初步判断, 醇类、酯类、酸类、醛类对古丈毛尖挥发性香气物质贡献较大。

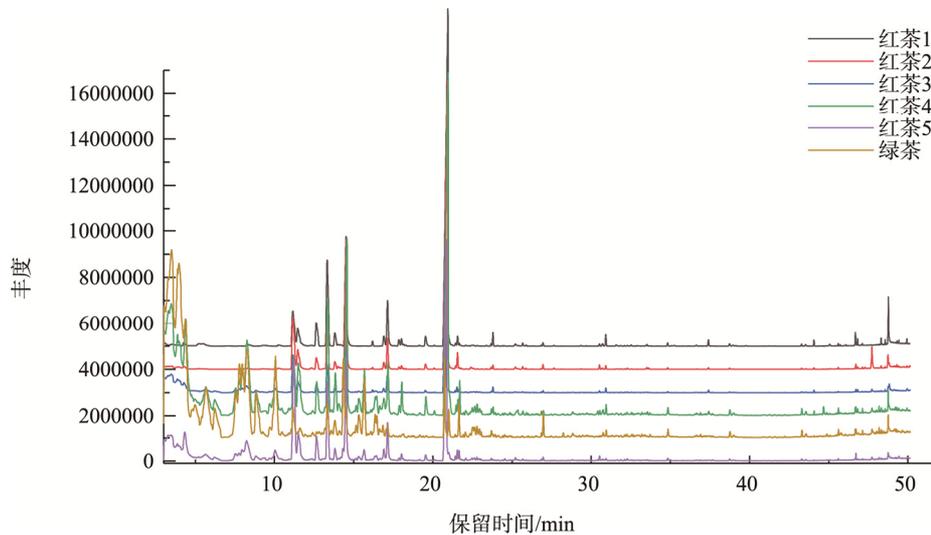


图 1 茶样总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram of tea samples

表 3 不同工艺红茶绿茶香气组分及相对含量

Table 3 Aroma components and relative contents of black tea and green tea with different technologies

序号	香气组分名称	保留时间 /min	保留 指数	红茶 1/%	红茶 2/%	红茶 3/%	红茶 4/%	红茶 5/%	绿茶/%
1	3-甲氧基-戊烷	3.02	629	-	-	-	-	-	0.52
2	乙缩醛	3.02	705	-	-	4.15	-	-	-
3	2-(1-甲基乙基)-1, 3-二氧戊环	3.25	773	-	-	-	-	-	0.67
4	2, 3, 4-三甲基-3-戊醇	8.47	824	-	-	-	-	-	4.48
5	3, 5-二甲基-3-己醇	9.87	844	-	-	-	-	-	0.49
6	2-氯-4-甲基-3-戊醇	10.03	857	-	-	-	-	-	2.53
7	二甘醇二丙酸酯	10.47	875	-	-	0.76	4.64	1.63	18.4
8	2, 2-二甲基-1-戊醇	11.05	896	-	-	4.75	-	-	-
9	2, 4-二甲基-2, 3-戊二醇	11.15	907	0.19	0.19	-	-	-	-
10	2, 4, 5-三甲基-1, 3-二氧戊环	11.46	908	-	-	5.39	-	-	-
11	3-甲基-3-庚醇	11.6	908	-	-	-	-	0.07	-
12	2-甲氧基甲基-2, 4, 5-三甲基-1, 3-二氧戊环	12.41	934	-	-	-	-	-	1.54
13	2-丁基-1, 3-二氧戊环	12.63	937	-	-	-	0.72	0.3	1.82
14	2, 4-二甲基-3-庚醇	12.66	950	-	-	0.38	-	0.62	1.44
15	2-异丙氧基-4-醇	13.18	965	-	-	0.6	1.12	0.1	3.79
16	二仲丁基乙醛	13.33	975	-	-	-	0.26	-	-
17	苯乙酮	13.81	1029	-	-	-	-	-	0.42

续表 3

序号	香气组分名称	保留时间 /min	保留 指数	红茶 1/%	红茶 2/%	红茶 3/%	红茶 4/%	红茶 5/%	绿茶/%
18	2, 6-二甲基-环己醇	13.81	1030	-	-	-	-	0.18	-
19	苯甲醇	14.06	1036	5.52	5.52	12.36	4.98	18.42	4.82
20	3-(1, 3-二甲基丁氧基)-2-丁醇	14.1	1061	-	-	0.64	2.59	1.07	9.99
21	3-(1-乙氧基)-2-甲基-丁醛	14.17	1064	-	-	-	-	0.77	-
22	2, 4-二甲基戊烷-3-基碳酸乙酯	14.31	1066	-	-	-	0.21	-	0.92
23	脱氢芳樟醇	14.52	1072	-	-	-	0.64	-	-
24	苯乙醛	14.97	1081	2.25	2.25	3.6	5.72	5.5	0.56
25	芳樟醇	15.13	1082	1.35	1.35	0.91	2.8	1.42	-
26	2-(1-乙氧基)-丙酸乙酯	15.15	1107	-	-	-	-	-	0.78
27	2, 2, 6-三甲基-6-乙烯基四氢-2H-咪喃-3-醇	15.66	1109	4.24	4.24	2.94	2.94	4.02	1.29
28	2, 3, 6-三甲基-癸烷	15.67	1121	-	-	-	-	0.06	-
29	苯乙醇	16.34	1136	12.36	12.36	12.3	12.28	13.09	3.33
30	α -松油醇	16.35	1143	0.47	0.47	0.22	0.37	0.19	-
31	2-叔丁基-5-甲基[1, 3]二氧戊环-4-酮	16.43	1150	-	-	-	-	1.41	-
32	5-乙烯基四氢- α , α , 5-三甲基-顺式-2-咪喃甲醇	16.63	1164	3.06	3.06	-	-	-	-
33	咪喃氧化芳樟醇	16.84	1164	10.26	10.26	7.54	8.46	10.59	0.49
34	3-甲基戊烷-3-基碳酸丙酯	17.11	1174	-	-	0.21	-	-	0.52
35	柠檬醛	17.85	1174	0.12	0.12	0.18	0.29	0.29	-
36	吡啶	18.01	1174	-	-	-	-	-	1.34
37	a 甲基-a-[4-甲基-3-戊烯]环氧乙烷	18.16	1182	-	-	-	-	2.56	-
38	4, 7-二甲基-十一烷	19.54	1185	-	-	-	-	0.12	-
39	2, 4-二甲基-十一烷	20.75	1185	-	-	-	-	-	0.22
40	2, 7-二甲基-2, 7-辛二醇	21	1199	0.14	0.14	-	-	-	-
41	四氢-6-丙基-吡喃-2-酮	21.01	1205	-	-	-	-	0.2	-
42	十二烷	21.4	1212	-	-	-	0.18	-	-
43	橙花醇	21.52	1228	0.93	0.93	0.75	1.02	0.57	-
44	香叶醇	21.64	1228	50.37	50.37	33.37	35.52	30.5	7.37
45	3-(1-乙氧基)-2-甲基丁酸乙酯	21.65	1241	-	-	-	1.32	-	3.17
46	α -亚乙基-苯乙醛	21.66	1265	0.54	0.54	0.69	0.59	0.71	-
47	2, 4, 6-三(1-甲基乙基)-1, 3, 5-三恶烷	21.67	1274	-	-	-	-	0.44	-
48	水杨酸甲酯	21.69	1281	0.43	0.43	0.45	1.33	0.61	-
49	4, 6-二甲基-十二烷	22.08	1285	0.11	0.11	-	-	-	-
50	十三烷	22.47	1306	0.14	0.14	-	-	-	0.43
51	茉莉酮	22.5	1338	0.18	0.18	0.24	0.15	0.23	1.87
52	3-(1-乙氧基)-2-甲基丁烷-1, 4-二醇	23.7	1361	-	-	0.5	-	-	-
53	2-氧戊二酸	23.7	1367	--	-	-	-	0.14	-

续表 3

序号	香气组分名称	保留时间 /min	保留 指数	红茶 1/%	红茶 2/%	红茶 3/%	红茶 4/%	红茶 5/%	绿茶/%
54	2, 6, 10-三甲基-十二烷	24.53	1384	0.09	0.09	-	-	-	-
55	4-[(四氢-2H-吡喃-2-基)氧基]-1-丁醇	25.21	1386	-	-	-	-	-	2.79
56	4-四氢吡喃-2-氧基-1-丁醇	25.67	1386	-	-	-	1.18	-	-
57	3-(1-乙氧基)-3, 7-二甲基-1, 6-辛二烯	26.84	1391	-	-	-	0.09	-	-
58	十四烷	26.85	1408	0.11	0.11	-	0.1	-	0.31
59	5, 6, 7, 7a-四氢-4, 4, 7a-三甲基-苯并呋喃酮	26.95	1426	-	-	-	-	0.08	-
60	β -紫罗兰酮	28.84	1457	-	-	-	0.13	-	-
61	5-甲基-2-苯基-2-己烯醛	30.4	1499	0.15	0.15	-	-	-	-
62	十五烷	30.51	1510	0.08	0.08	-	-	-	0.51
63	2-叔丁基-4-甲基-5-氧代-[1, 3]二氧戊环-4-甲酸	30.54	1580	-	-	-	3.05	-	8.22
64	十六烷	30.7	1603	0.06	0.04	-	0.2	0.14	0.41
65	3, 4, 4-三甲基-3-(3-氧代-1-烯基)-双环庚烷-2-酮	30.94	1624	0.11	0.11	0.2	-	-	-
66	2-异丙基-5-甲基苯基(2Z)-2-甲基-2-烯醇	32.27	1705	0.04	-	-	-	-	-
67	十七烷	34.83	1714	0.05	-	-	0.18	-	0.43
68	2, 6, 10, 14-四甲基-十六烷	38.75	1753	-	--	-	-	-	0.26
69	6-乙基辛-3-基异丁基酯草酸	43.29	1754	-	-	-	-	-	0.57
70	咖啡因	43.52	1795	-	-	-	0.23	-	-
71	十八烷	43.55	1805	-	-	-	0.17	-	0.38
72	3, 7, 11-三甲基-2, 6, 10-三酸	44.67	1824	-	-	-	-	0.14	-
73	1-十六醇	45.61	1854	0.02	0.02	-	-	-	-
74	棕榈酰氯	45.72	1924	0.02	0.02	-	-	-	-
75	十四甲基十五酸甲酯	46.08	1968	0.02	0.02	-	-	-	-
76	棕榈酸	46.67	1968	0.52	0.52	-	-	-	0.23
77	邻苯二甲酸二丁酯	46.71	2037	--	-	0.15	-	0.29	-
78	1, 2-苯二甲酸正辛酯	46.71	2037	-	-	-	0.24	-	-
79	二十一烷	46.71	2109	0.11	-	-	-	0.09	0.23
80	三氯乙酸十四酯	47.72	2166	-	-	-	-	-	0.24
81	亚油酸	48.19	2183	1.94	1.94	0.33	0.46	0.29	0.87
82	十四酰胺	48.3	2241	-	-	-	-	0.03	-
83	1, 3, 12-壬癸三烯-5, 14-二醇	48.3	2241	-	-	-	-	0.06	-
84	11, 14-二十碳二烯酸甲酯	48.62	2292	0.16	0.16	-	-	-	-
85	1, 2-苯二甲酸丁基环己基酯	48.74	2299	-	-	-	-	-	0.33
86	花生酸甲酯	48.94	2375	0.02	0.02	-	-	-	-
87	乙酸二十烷基酯	49.21	2375	0.08	0.08	-	-	-	-
88	甲基四环素	49.42	2702	-	-	0.06	0.08	0.04	-
89	2, 2'-亚甲基双[6-(1, 1-二甲基乙基)-4-甲基]-苯酚	49.42	2788	0.18	-	-	0.11	0.08	0.27
90	庚酸	49.86	3071	-	-	0.12	-	-	-
	合计			96.42	96.02	93.79	94.35	97.05	89.25

注:“-”表示未检出。

表 4 样品各挥发性香气种类的相对含量
Table 4 Relative contents of volatile aroma species in samples

香气成分	红茶 1	红茶 2	红茶 3	红茶 4	红茶 5	绿茶	平均值/%
	相对含量/%	相对含量/%	相对含量/%	相对含量/%	相对含量/%	相对含量/%	
醇类	88.95	88.91	77.26	73.9	80.9	42.81	76.45
酯类	0.71	0.71	1.5	7.74	2.53	24.36	6.27
醛类	3.06	3.06	8.62	6.86	7.27	0.56	4.90
酮类	0.29	0.29	0.44	0.28	1.91	2.29	0.918
烃类	0.75	0.57	0	0.83	0.85	3.18	1.03
酚类	0.18	0	0	0.11	0.08	0.27	0.1
酸类	2.46	2.46	0.45	3.51	0.57	9.89	3.22
其他	0.02	0.02	5.45	1.12	2.93	5.89	2.57
合计	96.42	96.02	93.79	94.35	97.05	89.25	

表 5 茶样各挥发性香气种类差异
Table 5 Differences of aroma components from tea samples

样品	醇类	酯类	醛类	酮类	烃类	酚类	酸类	其他类
红茶 1	13	5	4	2	8	1	2	1
红茶 2	12	5	4	2	6	0	2	1
红茶 3	13	4	4	2	0	0	2	2
红茶 4	12	5	4	2	5	1	3	4
红茶 5	14	3	4	4	5	1	3	4
绿茶	12	7	1	2	9	1	4	5
总样品	26	15	7	7	14	1	5	15

3.4 不同工艺红茶香气成分分析

由于采用相同原料加工而成, 五种不同工艺制成的古丈毛尖红茶在某些成分组成有相似之处, 其中共有的成分有 14 种, 分别是香叶醇、苯乙醇、苯甲醇、呋喃氧化芳樟醇、苯乙醛、2, 2, 6-三甲基-6-乙炔基四氢-2H-呋喃-3-醇、芳樟醇、橙花醇、茉莉酮、 α -松油醇、柠檬醛等。一款茶独特的香味可能由一种或几种香气成分起主导作用, 其余香气物质以不同比例参与茶香, 起协调作用^[11]。样品中香叶醇、苯乙醇、苯甲醇、呋喃氧化芳樟醇和苯乙醛的平均相对含量很高, 是古丈毛尖红茶香气最主要的成分, 其中 2, 2, 6-三甲基-6-乙炔基四氢-2H-呋喃-3-醇在五种工艺红茶中都能检测得到, 但其香气特点还未能阐明; 香叶醇具有典型的玫瑰香、蔷薇香气^[12]; 苯乙醇具有柔和玫瑰香^[13]; 苯甲醇具有清香和甜香^[14]; 呋喃氧化芳樟醇具有强烈的木香、花香香气^[15]; 苯乙醛具有花香和果香气^[16], 这些香味组成了古丈毛尖红茶基础香味。而不同的加工工艺, 形成了同种香气组分含量的差异, 如苯甲醇(5.52%、5.52%、12.36%、4.98%、18.42%)、苯乙醛(2.25%、2.25%、3.6%、

5.72%、5.5%)、香叶醇(50.37%、50.37%、33.37%、35.52%、30.5%)等。

红茶 1 样品中共检测出香气成分 36 种, 香气总量为 96.42%, 与其他四种工艺的茶相比, 特有香气成分 1 种, 为 2-异丙基-5-甲基苯基-2-甲基-2-烯醇, 由表 4 与表 5 可知, 红茶 1 的组成特点是: 以醇类和醛类含量较高, 酸类次之, 其他类最少。其香气特点为: 浓郁的香叶醇带有的玫瑰香、蔷薇香气, α -松油醇的丁香花香、铃兰花香^[17]。红茶 2 样品中共检测出香气成分 32 种, 香气总量为 96.02%, 其香气物质组成和含量与红茶 1 相差无异。红茶 3 样品中共检测出香气成分 27 种, 香气总量为 93.79%, 与其他 4 种工艺的茶相比, 特有香气成分含量前 3 的组分有 2, 4, 5-三甲基-1, 3-二氧戊环(5.39%)、2, 2-二甲基-1-戊醇(4.75%)、乙缩醛(4.15%), 由表 4 与表 5 可知, 红茶 3 的组成特点是: 以醇类、醛类与其他类含量较高, 酯类次之, 酚类最少。香气特点为: 具有乙缩醛的清新果香^[18]。红茶 4 样品中共检测出香气成分 35 种, 香气总量为 94.35%, 与其他 4 种工艺的

茶相比,特有香气成分含量前3的组分有2-叔丁基-4-甲基-5-氧代-[1,3]二氧戊环-4-甲酸(3.05%),3-(1-乙氧基)-2-甲基丁酸乙酯(1.32%)和4-四氢吡喃-2-氧基-1-丁醇(1.18%),由表4与表5可知,红茶4的组成特点是:以醇类、酯类与醛类含量较高,酸类次之,酚类最少。香气特点为:具有脱氢芳樟醇浓郁的花果香^[19], β -紫罗兰酮的花香兼木香并带有果香^[20],芳樟醇的木香、玫瑰及铃兰花香和果香香气^[21],苯乙醛的花香和果香气,橙花醇典雅的玫瑰香气^[22]。红茶5样品中共检测出香气成分38种,香气总量为97.05%,与其他4种工艺的茶相比,特有香气成分含量前3的组分有a-甲基-a-[4-甲基-3-戊烯]环氧乙烷(2.56%)、2-叔丁基-5-甲基[1,3]二氧戊环-4-酮(1.41%)、3-(1-乙氧基)-2-甲基-丁醛(0.77%),由表4与表5可知,红茶5的组成特点是:以醇类、酯类与醛类含量较高,酸类次之,酚类最少。香气特点为:浓郁的苯甲醇带有的清香和甜香,苯乙醇的柔和玫瑰香气,呋喃氧化芳樟醇的木香、花香香气,柠檬醛浓郁的柠檬香味^[23]。

与红茶1相比,红茶3的工艺能促进乙缩醛、苯甲醇等物质的形成,其中苯甲醇的含量显著提高,相对含量达12.36%,为红茶1的2.2倍,这可能与红茶3在日光下处理1~2 h抑制了芳香醇类配糖体水解,促进了苯甲醇的产生有关^[24]。红茶1的工艺促进了呋喃氧化芳樟醇、香叶醇等物质的产生,其中香叶醇相对含量为50.37%,是红茶5的1.65倍,这可能是在红茶1工艺的条件下,酶更倾向于使芳樟醇、橙花醇发生转变为香叶醇^[25]。红茶4中苯乙醛、芳樟醇等物质高于其他茶样,这可能是在日光作用下有利于萜烯苷类降解形成芳樟醇^[7]有关。红茶5中苯乙醇、柠檬醛等物质高于其他茶样,这可能是在此工艺下促进苯丙氨酸途径产生苯乙醇有关^[26]。

3.5 红茶与绿茶香气成分比较分析

在绿茶中,醇类含量最高,占总量的42.81%,其次是酯类(24.36%)、酸类(9.89%)、其他类(5.89%)、烃类(3.18%)、酮类(2.29%)、醛类(0.56%)、酚类(0.27%)。绿茶和红茶相比,醇类含量较低但种类数量却变化不大,酯类、酮类和酸类含量较高,酚类最低。绿茶香气相对含量较高的成分有二甘醇二丙酸酯,二甘醇二丙酸酯具有酯香味^[27],以及苯甲醇、2,3,4-三甲基-3-戊醇、3-(1,3-二甲基丁氧基)-2-丁醇、2-叔丁基-4-甲基-5-氧代-[1,3]二氧戊环-4-甲酸和香叶醇,古丈毛尖红茶与绿茶虽原料相同,但两种茶发酵方式不一,使得两种茶主要成分有较大区别。绿茶与红茶相比所特有的成分一共有17种,部分含有特殊香味,如苯乙酮具有强烈的山楂香味和甜香^[28];低浓度的吡嗪具有清香味^[29];部分物质在绿茶中含量较高,如茉莉酮、3,4,4-三甲基-3-戊醇、2-氯-4-甲基-3-戊醇、2,4-二甲基-3-庚醇、吡嗪、2-甲氧基甲基-2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊环等,这些香

气物质可能是与绿茶工艺中有关,使之在绿茶中含量较多。这些独有的挥发性香气物质对古丈毛尖绿茶特殊香型形成有重要作用。

在6个茶样中共检测到挥发性香气组分90种,而仅仅检测到8种共有的挥发性香气组分,包括苯甲醇、苯乙醛、呋喃氧化芳樟醇、苯乙醇、香叶醇、茉莉酮、亚油酸和2,2,6-三甲基-6-乙烷基四氢-2H-呋喃-3-醇,其他成分在各茶样中不同频次出现。同类香气物质在不同茶样中所占比例也有差异,从表5可知,苯甲醇、苯乙醛、呋喃氧化芳樟醇、苯乙醇和香叶醇这5种共有成分在红茶与绿茶中含量差异显著,如苯甲醇在绿茶中含量仅为4.82%,而在红茶中却高达18.42%;苯乙醛在绿茶中含量为0.56%,在红茶中含量最高为5.72%;呋喃氧化芳樟醇在绿茶中含量为0.49%。这些成分虽在红绿茶中都存在,但却含量差异显著,在红茶中的含量远远大于绿茶,这可能与红绿茶不同的制茶工艺有关,在红茶发酵过程中经过复杂的反应含量大量增加,使之在红绿茶中含量不同。

4 结论

本研究对不同工艺古丈毛尖红茶和绿茶进行香气成分分析,在香气成分上,红茶主要以醇类和醛类为主,绿茶以醇类和酯类为主,绿茶与红茶在香气成分种类组成上有较大区别。在制茶工艺上,红茶1与红茶2制茶工艺相差不大,红茶3与红茶1制茶工艺相差较大,红茶3与红茶5制茶工艺相差不大,红茶4制茶工艺与前两工艺相差之较明显。结合感官评审和香气成分分析,可得到红茶3工艺使古丈毛尖品质更佳。本研究结果有助于为古丈毛尖红茶加工工艺的改进和品质的提高提供一定的参考依据,可为更好地传承和发展传统古丈毛尖制作技艺以及古丈毛尖红绿茶香气成分差异提供一定的理论依据。

参考文献

- [1] 于孔燕,倪洪兴,封岩,等.从世界茶叶供需看中国茶业国际贸易[J].世界农业,2008(10):3-5.
Yu KY, Ni HX, Feng Y, et al. International trade of chinese tea industry from the perspective of world tea supply and demand [J]. World Agric, 2008, (10): 3-5.
- [2] 粟本文.古丈毛尖[M].长沙:中南大学出版社,2017.
Li BW. Guzhang Maojian [M]. Changsha: Central South University Press, 2017.
- [3] 谭月萍,黄建安,刘仲华,等.绿茶香气组成及其在加工中变化研究进展[J].茶叶通讯,2006,33(1):35-38.
Tan YP, Huan JA, Liu ZH, et al. Research progress on aroma composition of green tea and its change in processing [J]. Tea Comm, 2006, 33(1): 35-38.
- [4] Yamanishi T, Kosuge M, Tokitomo Y, et al. Flavor constituents of pouchong tea and a comparison of the aroma pattern with jasmine tea [J]. J

- Agric Chem Soc Japan, 1980, 44(9): 2139–2142.
- [5] 郭雯飞. 茶叶香气生成机理的研究[J]. 中国茶叶加工, 1996, (4): 34–37.
- Guo WF. Study on the formation mechanism of tea aroma [J]. Chin Tea Process, 1996, (4): 34–37.
- [6] 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, (11): 79–84.
- Zhang JM, Wang FQ, Huang YB, *et al.* Effects of different technology on the quality and biochemical components changing of summer black tea Huangguanyin [J]. Food Res Dev, 2015, (11): 79–84.
- [7] 乔小燕, 操君喜, 吴华玲, 等. 不同萎凋方式和碰青工艺对红茶挥发性成分的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(8): 195–200.
- Qiao XY, Cao JX, Wu HL, *et al.* Effects of different withering measures and peng-qing treatments on volatile flavor compounds of black tea [J]. J Trop Crops, 2017, 38(8): 195–200.
- [8] 师大亮, 余继忠, 郭敏明, 等. 不同程度日光萎凋下红茶的品质分析[J]. 杭州农业与科技, 2017, (2): 39–41.
- Shi DL, Yu XZ, Guo MM, *et al.* Quality analysis of black tea under different degrees of sunlight withering [J]. Agric and sci in Hangzhou, 2017, (2): 39–41.
- [9] GB/T 23776-2018 茶叶感官审评方法[S].
- GB/T 23776-2018 Sensory evaluation of tea leaves [S].
- [10] 李永菊. 茶叶香气的提取方法[J]. 茶叶科学技术, 2006, (4): 15–16.
- Li YJ. Extraction methods of tea aroma [J]. Tea Sci Technol, 2006, (4): 15–16.
- [11] 陈常颂, 张应根, 钟秋生, 等. 同时蒸馏萃取法分析 4 种台式乌龙茶香气成分[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(2): 165–171.
- Chen CS, Zhang YG, Zhong QS, *et al.* Analysis of aroma compounds on four Taiwan Oolong tea using simultaneous distillation extraction [J]. Food Ferment Ind, 2011, 37(2): 165–171.
- [12] 李扬. 碧螺春中香叶醇提取工艺的研究[J]. 食品工业, 2013, (4): 83–85.
- Li Y. Study on extraction technology of geraniol from Biluochun [J]. Food Ind, 2013, (4): 83–85.
- [13] 吴雷, 卢斌斌, 席辉, 等. 桂花浸膏香气成分的 GC-MS 分析[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(3): 78–85.
- Wu L, Lu BB, Xi H, *et al.* Analysis of aroma components in osmanthus fragrans extract by GC-MS [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2019, 40(3): 78–85.
- [14] 任洪涛, 周斌, 秦太峰, 等. 基于多元统计分析的云南红茶香气质量评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(12): 3006–3013, 3045.
- Ren HT, Zhou B, Qin TF, *et al.* Aroma quality evaluation of yunnan black tea based on multivariate statistical analysis [J]. Mod Food Sci Technol, 2013, 29(12): 3006–3013, 3045.
- [15] 谷运璠, 钱莉群, 李步详, 等. 芳樟醇氧化物的合成[J]. 香料香精化妆品, 2013, (s1): 28–31.
- Gu YC, Qian LQ, Li BX, *et al.* Synthesis of linalool oxides [J]. Flavour Fragr Cosmet, 2013, (s1): 28–31.
- [16] 王红玲. 祁门红茶特征香气成分研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2017.
- Wang HL. Study on characteristic aroma components of Qimen black tea [D]. Shanghai: Shanghai University of Applied Technology, 2017.
- [17] 王石, 谢建春, 靳林溪, 等. 从桉叶油副产品中间歇精馏纯化 α -松油醇[J]. 精细化工, 2012, 29(2): 35–39, 92.
- Wang S, Xie JC, Jin LX, *et al.* Purification of α -terpineol by batch distillation from by-products of eucalyptus oil [J]. Fine Chem Ind, 2012, 29(2): 35–39, 92.
- [18] 甄攀. 汾酒发酵过程之酒醅香味成分变化规律[J]. 酿酒, 2015, 42(6): 48–51.
- Zhen P. Changes of aroma components in fermented grains of Fen liquor [J]. Make Wine, 2015, 42(6): 48–51.
- [19] 陈贤明, 冯林, 罗赛, 等. HS-SPME-GC/MS 法分析焙火对铁观音品质及挥发性香气组分的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 53–58.
- Chen XM, Feng L, Luo S, *et al.* Analysis of the effect of calcination on the quality and volatile aroma components of Tieguanyin by HS-SPME-GC/MS [J]. Food Ind Sci Technol, 2015, 36(20): 53–58.
- [20] 麦秋君. 桂花净油化学成分分析[J]. 广东工业大学学报, 2000, 17(1): 73–75.
- Mai QJ. Analysis of chemical constituents of osmanthus fragrans pure oil [J]. J Guangdong Univ Technol, 2000, 17(1): 73–75.
- [21] 陈赶林, 郑凤锦, 董文斌, 等. 贺州市 8 种红茶香气成分分析[J]. 南方农业学报, 2018, 49(12): 190–196.
- Chen GL, Zheng FJ, Dong WB, *et al.* Analysis of aroma components of eight black teas in Hezhou city [J]. J Southern Agric, 2018, 49(12): 190–196.
- [22] 杨绍祥, 吕艳羽, 李丽慧, 等. 柠檬醛制备橙花醇与香叶醇的研究[J]. 化学试剂, 2014, 36(11): 971–973.
- Yang SX, Lv YY, Li LH, *et al.* Study on the preparation of orange blossom alcohol and geraniol from citral [J]. Chem Reagent, 2014, 36(11): 971–973.
- [23] 徐玉婷, 陈海光, 曾晓房, 等. 柠檬花综合利用现状[J]. 农产品加工, 2018, (14): 60–62.
- Xu YT, Chen HG, Zeng XF, *et al.* Current situation of comprehensive utilization of lemon flowers [J]. Process Agric Prod, 2018, (14): 60–62.
- [24] 夏涛, 童启庆. 红茶萎凋发酵中 β -葡萄糖苷酶的活性变化[J]. 茶叶科学, 1996, (1): 63–66.
- Xia T, Dong QQ. Studies on the change of β -Glucosidase activity during the withering and fermentation of black tea [J]. Tea sci, 1996, (1): 63–66.
- [25] 安徽农学院. 茶叶生物化学[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- Anhui Agricultural College. Tea biochemistry [M]. Beijing: Agricultural Publishing Press, 1990.
- [26] 杜闪, 王雪花, 杨政茂, 等. 生物转化合成 β -苯乙醇代谢途径及其调控的研究[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(1): 168–173.
- Du S, Wang XH, Yang ZM, *et al.* Study on metabolic pathways of β -phenyl ethanol bioconversion and regulation [J]. Food Ferment Ind, 2014, 40(1): 168–173.
- [27] 梁红玉, 李凤云, 丛玉凤, 等. 二甘醇二醋酸酯的合成[J]. 辽宁化工, 2002, 31(3): 93–96.

Liang HY, Li FY, Cong YF, *et al.* Synthesis of diethylene glycol diacetate [J]. Liaoning Chem Ind, 2002, 31(3): 93-96.

[28] 陈美伴, Rothenberg DO, 张凌云, 等. 粉红色和白色紫芽茶树花 SPME/GC-MS 香气成分分析[J]. 广东农业科学, 2018, 45(12): 94-100, 179.

Chen MB, Rothenberg DO, Zhang LY, *et al.* Analysis of aroma components of pink and white purple bud tea flowers by SPME/GC-MS [J]. Agric Sci Guangdong Prov, 2018, 45(12): 94-100, 179.

[29] 吴颖瑞, 龙启发, 蒋小华, 等. SPME-GC/MS 联用分析六堡茶茶花香气成分[J]. 广西植物, 2016, 36(11): 1389-1395.

Wu YR, Long QF, Jiang XH, *et al.* Analysis of aroma components in Liupao tea flower by SPME-GC/MS [J]. Guangxi Plants, 2016, 36(11): 1389-1395.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



郭洪伟, 硕士研究生, 主要研究方向为中药化学成分分离与分析。
E-mail: 1578940260@qq.com



魏 华, 博士, 副教授, 主要研究方向为民族药活性成分及开发利用研究。
E-mail: weihua20@126.com

食品微生物质量控制技术专题征稿函

病原微生物引起的食源性疾病已成为影响食品安全的头号问题, 是食品安全的重大隐患。如何有效控制微生物污染已成为把控行业健康发展的重要因素, 如何提高实验室检测能力, 并科学运用食品微生物控制技术减少食品在生产加工等过程中的微生物危害, 以先进的微生物检验控制技术预防微生物污染, 已成为政府监管部门及食品企业关注的焦点问题之一。

鉴于此, 本刊特别策划“食品微生物质量控制技术”专题。由福建农林大学方婷教授担任专题主编。专题将围绕食品全链条微生物污染、食品微生物快速检测、食品微生物高效控制、食品微生物标准法规、食品微生物耐药性等问题展开讨论, 计划在 2020 年 5 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 学报主编吴永宁研究员及专题主编方婷教授特别邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 **2020 年 2 月 20 日前**通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题)

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部