摇青、发酵工艺对汝城白毛茶加工夏季红茶品质的影响

缪有成¹, 谭吉慧¹, 刘伟¹, 周玲红^{1*}, 樊吉君¹, 刘跃荣^{1*}, 李志国²

(1. 郴州市农业科学研究所, 湖南 郴州 423000; 2. 郴州木草人茶业有限责任公司, 湖南 郴州 423000)

摘要: 以汝城白毛茶夏季鲜叶为原料, 以感官审评得分、内含物质含量、香气成分为指标, 探究摇青及发酵时间对其加工夏季红茶品质的影响。感官审评结果表明, 摇青茶样其汤色和叶底更红亮, 滋味更甘醇, 以摇青处理、发酵 5.5 h 的汝城白毛茶夏季红茶品质更优。内含物质分析表明, 摇青工艺能降低茶样中的茶多酚及儿茶素组分含量, 发酵时间与茶样内的儿茶素组分含量成反比。香气成分分析表明, 不同处理茶样中花香型香气组分芳樟醇、香叶醇和反式-橙花叔醇的相对含量占比更为突出, 因此认为这 3 种香气化合物是汝城白毛茶红茶特征香气的关键组成成分。 β -环柠檬醛(果香)为摇青处理茶样独有的香气化合物, 随着发酵时间的延长其相对含量在成品茶中呈上升趋势, 初步判定此香气化合物是摇青作用的结果。

关键词: 摇青; 发酵; 汝城白毛茶; 夏季红茶; 感官审评; 生化成分

Effects of Shaking and Fermentation on the Quality of Summer Black Tea of Rucheng Baimaocha

MIAO You-cheng¹, TAN Ji-hui¹, LIU Wei¹, ZHOU Ling-hong^{1*},
FAN Ji-jun¹, LIU Yue-rong^{1*}, LI Zhi-guo²

(1. Chenzhou Institute of Agricultural Sciences, Chenzhou 423000, Hunan, China; 2. Chenzhou Mucaoren Tea Industry Co., Ltd., Chenzhou 423000, Hunan, China)

Abstract: The fresh summer leaves of Rucheng Baimaocha were used as raw materials, and the sensory evaluation score, content of contained substances, and aroma components were used as indicators to explore the effects of shaking and fermentation time on the quality of processed summer black tea. The sensory evaluation showed that the infusion color and brewed leaves of the shaken tea samples were redder and brighter, and the taste was mellower; the quality of the summer black tea of Rucheng Baimaocha was better after the treatment of shaking and fermentation for 5.5 h. The analysis of the contents revealed that shaking could reduce the content of tea polyphenols and catechin in the tea samples, and fermentation time was inversely proportional to the content of catechin components. The analysis of aroma components indicated that the relative contents of floral aroma components linalool, geraniol and trans-nerolidol in the tea samples with different treatments were more prominent. Therefore, the three aroma compounds were considered to be the key components of the characteristic aroma of Rucheng Baimaocha black tea. β -cyclocitral (fruity aroma) was a unique aroma compound of shaken tea samples, and its relative content in the finished tea increased with the increase of fermentation time, which preliminarily determined that this aroma compound was the result of shaking.

Key words: shaking; fermentation; Rucheng Baimaocha; summer black tea; sensory evaluation; biochemical components

基金项目: 郴州市科技发展计划项目(ZDYF2020002); 湖南省现代农业产业技术体系(湘财预[2022]222号)

作者简介: 缪有成(1996—), 男(汉), 实习研究员, 硕士, 研究方向: 茶叶初加工及功能成分研究。

* 通信作者: 周玲红(1982—), 女(汉), 副研究员, 硕士, 研究方向: 茶树品种选育及茶园绿色防控; 刘跃荣(1963—), 男(汉), 高级农艺师, 本科, 研究方向: 茶树种质资源挖掘与利用。

引文格式:

缪有成,谭吉慧,刘伟,等.摇青、发酵工艺对汝城白毛茶加工夏季红茶品质的影响[J].食品研究与开发,2022,43(21):31-39.

MIAO Youcheng, TAN Jihui, LIU Wei, et al. Effects of Shaking and Fermentation on the Quality of Summer Black Tea of Rucheng Baimaocha[J]. Food Research and Development, 2022, 43(21): 31-39.

汝城白毛茶主产于郴州市汝城县,是湖南四大优质特色地方茶树种质资源之一,当前已被湖南省审定为省级有性良种^[1-2]。研究发现,汝城白毛茶具有叶大芽壮、芽叶茸毛多、高茶多酚、高水浸出物等特点^[1,3-5],是适制红茶的优异品种,其春季鲜叶加工的红茶萎凋程度偏重,制得的红茶具有干茶金毫满披、花蜜香浓郁、汤色红浓明亮的特点^[5]。

夏季茶鲜叶因多酚类物质含量较高,而氨基酸、芳香类物质等含量相对较低,导致加工而成的茶叶滋味苦涩、香气淡薄^[6-9]。有研究表明,摇青和发酵工艺对改善茶汤滋味及香气有潜在作用。摇青工艺可造成鲜叶脱水和机械损伤,从而促进茶鲜叶代谢物的增加,并显著降低儿茶素含量^[10],进而改善茶汤苦涩味。同时,摇青工艺可增加挥发性化合物浓度^[11],进而丰富成品茶香气^[12],是形成茶叶花香^[13]和果香的重要工艺^[14];发酵是决定红茶香气特征的重要工序^[15],通过发酵,茶叶的香气逐渐从强烈的青草气味转变为甜香、花香或果香^[16],多酚类物质在多酚氧化酶、过氧化物酶等酶的作用下发生酶促氧化、聚合及缩合反应,形成茶黄素、茶红素等系列高聚物^[17-18],而发酵时间直接影响儿茶素的氧化聚合过程^[19],因此发酵时间的把控对红茶品质的形成尤为重要。

为挖掘郴州地方特色茶树资源的潜能和充分利用夏秋茶鲜叶资源,针对汝城白毛茶的品种特性,本试验以汝城白毛茶夏季鲜叶为原料,以摇青工艺及发酵时间为影响因子,结合感官审评分析、生化成分分析、挥发性成分分析,对工艺进行综合评价,探究适合汝城白毛茶的夏季红茶加工工艺参数,以期对汝城白毛茶的夏季红茶加工工艺提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

鲜叶原料:鲜叶于2021年8月采自郴州市汝城县某茶叶基地的汝城白毛茶群体种,嫩度以一芽一、二叶为主。

碳酸钠、氯化亚锡、2%茛三酮、70%甲醇、福林酚、

磷酸氢二钠、磷酸二氢钾(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

萎凋槽(LCWD-5)、茶叶综合做青机(90B型)、发酵机(JY-6CFJ-7B)、茶叶烘干机(五斗烘干机):福建佳友茶叶机械智能科技股份有限公司;茶叶揉捻机(6CR-45型)、茶叶烘焙提香机(6CHT-9型):南宁市创宇茶叶机械有限公司;电子天平(AUY220)、恒温水浴锅(HH-8型):上海力辰邦西仪器科技有限公司;离心机(湘立TG16-HS):湖南湘立科学仪器有限公司;电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9240A):上海齐欣科学仪器有限公司;紫外分光光度计(GENESYS 10S UV-VI):美国赛默飞世尔科技公司。

1.3 试验方法

1.3.1 茶样制作

加工工序:鲜叶采摘→萎凋槽萎凋→摇青→再萎凋→揉捻→发酵→干燥。

鲜叶采摘:试验茶叶为汝城白毛茶夏季鲜叶,共计30 kg,嫩度以一芽一、二叶为主。

萎凋槽萎凋:鲜叶均匀摊在萎凋槽中,厚度约3 cm~5 cm,鼓风1.5 h,静置5 h,随后鼓风1 h,静置1 h,再鼓风1 h,静置1 h,以上鼓风温度均为26℃。最后1次鼓风后,鲜叶含水量约为64%,水分散失11%。

摇青:此处设置两个水平,分别为摇青和不摇青。摇青处理鲜叶在静置1 h后开始摇青,摇青投叶量为12.5 kg,摇青工艺设置的参数为先以摇青滚筒6 r/min的速度摇青20 min,再以摇青滚筒8 r/min的速度摇青10 min。不摇青的处理继续在萎凋槽中萎凋。

再萎凋:摇青结束后,将鲜叶摊放在竹盘上,厚度约2 cm~4 cm,直至萎凋叶含水量降至58%~62%,进行下一步试验。

揉捻:萎凋适度后,将鲜叶投放至揉捻机内,先空揉(即压盖刚进入揉筒)20 min,然后轻压揉(即压盖正好接触茶叶)10 min,再中压揉(即压盖接触茶叶后再向下约3 cm)10 min,重压揉(即压盖接触茶叶后再向下约6 cm)5 min,空揉5 min,下揉捻机,进行下一步试验。

发酵:此处设置4个水平,分别为发酵3.5、4.5、5.5、6.5 h,用发酵机进行发酵,发酵机参数设置为温度28 ℃,湿度95%。

干燥:分为初烘、复烘、提香3个步骤,初烘和复烘均在五斗烘干机上进行,提香在提香机上进行。初烘温度设置为115 ℃,烘至5成干,手握稍有刺手感为适度,下烘干机后摊放2 h;复烘温度设置为95 ℃,烘至九成干;茶叶静置约9 h,上提香机提香,设置提香机温度为80 ℃,时间为40 min。

茶样制作:以摇青(R因子)和发酵(F因子)为变量设计试验,其中摇青设置R₁、R₀两个因子,分别代表摇青和未摇青,发酵设置F₁、F₂、F₃、F₄4个因子,分别代表发酵3.5、4.5、5.5、6.5 h,共计8个处理组合。具体试验因素及组合见表1。

表1 试验因素及组合

Table 1 Experimental factors and combinations

因素组合	摇青	发酵
1	R ₀	F ₁
2	R ₀	F ₂
3	R ₀	F ₃
4	R ₀	F ₄
5	R ₁	F ₁
6	R ₁	F ₂
7	R ₁	F ₃
8	R ₁	F ₄

1.3.2 内含物成分检测

游离氨基酸参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》测定;茶多酚参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》测定;水浸出物参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》测定;咖啡碱及儿茶素组分参照郭颖等^[20]的高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定;

香气组分检测方法如下。

预处理条件:采用顶空固相微萃取法(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)法测定,将6.0 g茶样置于100 mL样品瓶中,加入50 mL 100 ℃蒸馏水,在80 ℃水浴中恒温5 min,插入经老化的SPME萃取头顶空吸附50 min,将SPME直接插入气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)仪进样口中240 ℃解析5 min,启动 Thermo-DSQ 收集数据。

色谱条件:气相色谱柱为DB-WAX毛细管柱,载气为高纯氦气(纯度99.999%),柱流量1.5 mL/min,进样方式为手动无分流进样。程序升温:初始温度50 ℃保持5 min,以3 ℃/min上升至170 ℃,再以5 ℃/min上升至220 ℃。

质谱条件:进样口240 ℃,离子源230 ℃。电子轰击源(electron impact ion source, EI),电子能量70 eV,扫描质量范围为50 amu~650 amu。

1.3.3 感官审评

茶样感官审评参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》中的红茶感官审评方法。

1.4 数据处理

对获得的GC-MS图谱通过计算机检索与NIST质谱库提供的标准质谱图进行对照,根据相对保留指数,取相似指数大于80为有效数据^[21],并参照已发表的质谱图鉴定芳香物质、剔除干扰因素,有效香气物质的相对百分含量按峰面积归一化法计算。数据采用Excel 2016进行处理,采用IBM SPSS Statistics 25.0软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理红茶感官审评结果分析

不同处理红茶感官审评得分结果见表2。

表2 不同处理红茶感官审评内质得分结果

Table 2 Sensory evaluation score of black tea with different treatments

茶样	外形		汤色		香气		滋味		叶底		总分
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	
R ₁ F ₁	紧结褐黑金毫满披	93.00	红、明亮	93.00	带花香	93.50	醇厚	93.00	红褐嫩软匀整	92.00	93.03
R ₁ F ₂	紧结褐黑金毫满披	93.00	红艳明亮	94.00	有花香持久	94.00	醇厚回甘	94.00	红褐嫩软匀整	92.00	93.55
R ₁ F ₃	紧结褐黑金毫满披	93.00	红艳明亮	94.00	花香浓郁高长	95.00	醇厚回甘	94.00	褐红嫩软匀整	93.00	93.90
R ₁ F ₄	紧结褐黑金毫满披	93.00	红、明亮	93.00	花香浓郁较持久	94.50	醇厚	93.00	褐红嫩软匀整	93.00	93.38
R ₀ F ₁	褐黑较紧结金毫满披	92.00	橙红、亮	91.00	有花香较持久	93.50	醇厚稍涩	92.00	红褐嫩软匀整	91.00	92.18

续表2 不同处理红茶感官审评内质得分结果

Continue table 2 Sensory evaluation score of black tea with different treatments

茶样	外形		汤色		香气		滋味		叶底		总分
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	
R ₀ F ₂	褐黑较紧结 金毫满披	92.00	橙红明亮	92.00	花香 较持久	94.00	醇厚 稍涩	92.00	红褐嫩软 匀整	91.00	92.40
R ₀ F ₃	褐黑较紧结 金毫满披	92.00	橙红、亮	91.00	花香	93.00	醇厚	92.50	红褐嫩软 匀整	92.00	92.30
R ₀ F ₄	褐黑较紧结 金毫满披	92.00	橙红明亮	92.00	淡花香	92.00	醇厚	92.50	红褐嫩软 匀整	92.00	92.15

儿茶素组分是茶多酚的主要组成成分^[22],也是影响茶汤苦味和涩味的重要物质^[23],研究表明,在摇青过程中,由于茶叶内酶活性增强,儿茶素组分含量急剧下降^[24],儿茶素在酶促反应下分解生成茶黄素、茶红素,从而提升汤色亮度色泽^[25]以及滋味强度^[26]。由表2可知,R₁系列茶样的总分较R₀系列茶样的得分高,其中,R₁F₃茶样的审评总分最高,为93.90,R₀F₄的审评总分最低,为92.15。R₁系列茶样在F₁~F₃阶段,感官审评总分呈上升趋势,在F₃~F₄阶段呈下降趋势,R₀系列茶样在F₁~F₂阶段呈上升趋势,而从F₂~F₄阶段,其感官总分呈下降趋势。整体而言,R₁系列茶样汤色、叶底更红,R₁系列茶样与R₀系列茶样均呈花香,滋味得分以R₁系列茶样更为甘醇。

2.2 不同处理红茶品质成分差异分析

不同处理红茶主要品质成分含量见表3。

表3 不同处理红茶主要品质成分含量

Table 3 Contents of main quality components in black tea with different treatments

茶样	水浸出物	茶多酚	氨基酸	咖啡碱
R ₁ F ₁	42.39±0.04 ^b	20.95±0.12 ^c	5.41±0.14 ^{cd}	3.55±0.02 ^{bc}
R ₁ F ₂	38.71±0.12 ^c	18.18±0.18 ^e	7.09±0.27 ^a	3.57±0.01 ^{bc}
R ₁ F ₃	41.32±0.02 ^c	18.99±0.02 ^{bc}	6.17±0.07 ^b	3.54±0.02 ^c
R ₁ F ₄	40.73±0.31 ^d	18.46±0.37 ^{bc}	5.36±0.29 ^d	3.58±0.00 ^{bc}
R ₀ F ₁	44.81±0.24 ^a	23.45±0.28 ^a	5.27±0.07 ^d	3.73±0.01 ^a
R ₀ F ₂	44.85±0.22 ^a	22.08±0.16 ^b	5.30±0.21 ^d	3.59±0.01 ^b
R ₀ F ₃	44.50±0.06 ^a	20.95±0.03 ^c	5.55±0.10 ^{cd}	3.56±0.01 ^{bc}
R ₀ F ₄	42.79±0.12 ^b	20.32±0.37 ^d	5.94±0.10 ^{bc}	3.56±0.02 ^{bc}

注:同列不同小写字母表示具有显著性差异($p<0.05$)。

由表3可知,在摇青条件下,随着发酵时间的延长,水浸出物含量呈波动变化,并具有显著性差异($p<0.05$);茶多酚含量呈波动变化,在F₁~F₂阶段具有显著性差异($p<0.05$),在发酵时间F₂~F₄阶段,茶多酚含量随着发酵时间的延长差异不显著($p>0.05$);氨基酸含量呈先上升后下降的趋势,在发酵F₁~F₂阶段,氨基酸

含量显著增加($p<0.05$),在发酵时间F₂~F₄阶段,氨基酸含量显著下降($p<0.05$);咖啡碱含量变化较平稳,总体变化无显著性差异($p>0.05$)。

在未摇青条件下,随着发酵时间的延长,水浸出物含量略有波动,在发酵F₃~F₄阶段水浸出物含量和茶多酚含量均显著降低($p<0.05$);氨基酸含量呈上升趋势;咖啡碱含量差异不大,但总体呈下降趋势。

综上,在相同发酵时间下,R₁系列茶样水浸出物、茶多酚和咖啡碱的含量较R₀系列茶样低,但氨基酸含量较R₀系列茶样高。水浸出物含量最高的为R₀F₂茶样(44.85%),最低的为R₁F₂茶样(38.71%);茶多酚含量最高的为R₀F₁茶样(23.45%),最低的为R₁F₂茶样(18.18%);咖啡碱含量最高的为R₀F₁茶样(3.73%),最低的为R₁F₃茶样(3.54%);氨基酸含量最高的为R₁F₂茶样(7.09%),最低的为R₀F₁茶样(5.27%)。

摇青过程中,鲜叶细胞在摇青机械力的作用下发生碰撞,激发了相关酶活性,一方面促进多酚类物质的氧化分解,使茶多酚含量下降,另一方面促进可溶性蛋白的降解,使游离氨基酸含量增加^[27],此外,在摇青作用下,鲜叶呼吸作用增强,消耗的营养物质增加,同时,多酚类物质及其氧化产物与蛋白质结合形成不溶于水的化合物,使水浸出物含量下降^[5]。发酵过程中,随着发酵时间延长,茶多酚的主要组成物质儿茶素被氧化形成有色氧化物,茶多酚含量逐渐降低^[28]。

2.3 不同处理红茶儿茶素组分差异分析

儿茶素组分主要由表没食子儿茶素(epigallocatechin,EGC)、儿茶素(catechin,DL-C)、表儿茶素(epicatechin,EC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin-3-gallate,EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallic acid catechin gallate,GCG)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate,ECG)组成,不同处理红茶儿茶素组分含量见表4。

由表4可知,从工艺来看,在相同发酵时间条件下,除R₁F₂、R₁F₃、R₁F₄摇青茶样EGC含量高于未摇青

表4 不同处理红茶儿茶素组分含量

Table 4 Contents of catechin components in black tea with different treatments

茶样	EGC	DL-C	EC	EGCG	GCG	ECG	%
R ₁ F ₁	0.04±0.00 ^e	0.22±0.01 ^e	0.78±0.01 ^{de}	0.42±0.01 ^e	0.19±0.01 ^e	0.56±0.02 ^e	
R ₁ F ₂	0.07±0.00 ^b	0.21±0.01 ^e	0.74±0.01 ^{ef}	0.36±0.01 ^f	0.16±0.00 ^f	0.46±0.01 ^f	
R ₁ F ₃	0.04±0.00 ^{bc}	0.17±0.01 ^f	0.70±0.02 ^{fg}	0.32±0.01 ^g	0.12±0.01 ^g	0.39±0.00 ^g	
R ₁ F ₄	0.04±0.00 ^d	0.17±0.01 ^f	0.68±0.02 ^g	0.32±0.01 ^g	0.13±0.01 ^g	0.36±0.01 ^g	
R ₀ F ₁	0.08±0.00 ^a	0.53±0.02 ^a	0.86±0.00 ^{ab}	1.18±0.03 ^a	0.65±0.00 ^a	1.37±0.01 ^a	
R ₀ F ₂	0.06±0.00 ^c	0.45±0.01 ^b	0.81±0.02 ^{cd}	0.85±0.02 ^b	0.51±0.00 ^b	1.12±0.01 ^b	
R ₀ F ₃	0.00±0.00 ^f	0.34±0.01 ^c	0.89±0.01 ^a	0.68±0.01 ^c	0.33±0.01 ^c	0.99±0.01 ^c	
R ₀ F ₄	0.00±0.00 ^f	0.28±0.01 ^d	0.83±0.02 ^{bc}	0.51±0.01 ^d	0.22±0.00 ^d	0.79±0.01 ^d	

注:同列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

茶样外,儿茶素其它组分含量及总量低于未摇青处理的含量,发酵时间对摇青茶样和未摇青茶样儿茶素各组分含量存在显著影响($p < 0.05$),随着发酵时间的延长,总体含量呈下降趋势,但摇青茶样在 F₃~F₄ 时段不存在显著性差异($p > 0.05$)。摇青工艺可提高多酚氧化酶和过氧化物酶等酶活性,促进儿茶素的降解和茶黄素的生成^[29]。儿茶素的氧化是发酵期间的关键反应^[30],发酵过程中儿茶素转化为茶黄素、茶红素^[31],随着发酵

时间的延长,儿茶素的持续降解,因此,发酵时间较长的红茶样其茶多酚含量及儿茶素组分含量更低。

2.4 不同处理红茶香气组分差异分析

2.4.1 不同处理红茶香气成分组成

从8个红茶样中通过GC-MS技术分离鉴定出8类香气化合物,分别为醇类、酯类、醛类、酮类、酚类、酸类、碳氢类化合物、杂氧化合物。不同处理红茶香气成分组成及其相对含量见表5。

表5 不同处理红茶香气成分组成及其相对含量

Table 5 Composition and relative contents of aroma substances in black tea with different treatments

茶样	醇类	醛类	酮类	酚类	酸类	酯类	碳氢类化合物	杂氧类化合物	%
R ₁ F ₁	51.48	2.31	2.78	0.44	5.33	28.55	6.81	2.30	
R ₁ F ₂	50.60	6.43	2.67	0.34	2.93	26.96	5.01	5.06	
R ₁ F ₃	49.56	3.38	3.01	0.19	2.30	27.44	6.87	7.25	
R ₁ F ₄	51.42	6.23	3.38	0.42	1.36	23.92	8.27	5.00	
R ₀ F ₁	54.64	2.21	1.94	0.00	3.10	25.50	9.55	3.06	
R ₀ F ₂	53.70	2.07	2.10	0.43	4.78	27.32	7.50	2.10	
R ₀ F ₃	50.75	4.88	2.45	0.47	5.20	26.88	5.43	3.94	
R ₀ F ₄	52.94	2.51	2.37	0.00	1.38	27.10	10.55	3.15	

由表5可知,所有茶样各香气化合物种类含量间存在明显差异。其中,各处理下的醇类化合物含量占比均高于其它化合物,除R₁F₃茶样(49.56%)外,其它各处理下的醇类化合物含量占比均在50%以上。此外,各处理下的酯类化合物含量占比均高于20%,在各类化合物含量占比中仅次于醇类,醇类和酯类化合物在各茶样中占比之和达75.34%~81.02%,由此可初步推断,汝城白毛茶红茶香气组分主要由醇类和酯类化合物构成。其中,R₁系列茶样醇类化合物相对含量均低于相同发酵时间R₀系列茶样,R₁系列茶样酮类化合物相对含量均高于相同发酵时间R₀系列茶样,其它种类化合物相对含量呈不规则变化。

2.4.2 不同处理红茶香气成分

从8个红茶样中通过GC-MS技术分离鉴定出香气化合物91种,其中醇类16种、酯类24种、碳氢类33种、醛类7种、酮类2种、酚类1种、酸类2种、杂氧类6种,其中主要的香气成分有46种。不同处理红茶香气成分及其相对含量见表6。

红茶经过摇青工艺后,对主要挥发性组分影响不大,但可引起挥发性成分相对含量的变化,从而改变茶叶香型,其花香型香气组分较未摇青茶叶相对含量高^[32]。发酵过程中大量香气物质的形成主要通过糖苷类物质的水解和多酚的偶联氧化作用,随着发酵时间的延长,具有浓烈花香和果香的香气物质含量明显增

表6 不同处理红茶香气成分及其相对含量

Table 6 Aroma components and relative contents of black tea with different treatments

化合物	R ₁ F ₁	R ₁ F ₂	R ₁ F ₃	R ₁ F ₄	R ₀ F ₁	R ₀ F ₂	R ₀ F ₃	R ₀ F ₄	%
顺- α , α -5-三甲基-5-乙炔基四氢吡喃-2-甲醇	1.39	0.91	0.85	0.92	1.22	1.21	0.84	1.42	
芳樟醇	17.19	17.40	17.86	16.81	20.76	20.52	16.74	21.19	
α -松油醇	1.01	2.31	0.93	1.08	2.19	0.81	0.66	0.87	
橙花醇	1.12	1.38	1.42	1.41	1.01	1.23	1.22	1.33	
香叶醇	10.69	12.63	13.16	13.42	12.73	13.59	13.16	14.08	
反式-橙花叔醇	11.43	11.43	10.82	12.52	11.46	11.04	11.08	9.89	
柏木脑	-	0.31	0.36	0.23	0.24	0.36	0.38	-	
萜澄茄醇	1.09	1.14	0.97	1.29	1.17	1.19	1.00	1.12	
α -萜澄茄醇	0.56	0.53	0.64	0.91	0.91	0.55	0.30	0.59	
植物醇	3.24	2.39	2.56	2.83	2.96	3.20	4.34	2.22	
水杨酸甲酯	4.06	5.11	4.46	4.74	5.58	4.98	4.74	4.89	
顺式-3-己烯醇 2-甲基丁酸酯	1.18	1.31	1.23	1.19	-	0.23	0.78	0.80	
香叶酸甲酯	5.37	5.43	6.02	6.39	5.87	8.01	7.86	8.90	
己酸叶醇酯	6.33	5.41	5.33	3.75	2.83	2.93	2.55	2.18	
己酸己酯	1.86	1.37	1.52	1.07	0.80	0.67	0.53	0.51	
N-己酸(反-2-己烯基)酯	2.80	2.37	2.51	1.89	0.67	0.57	0.50	0.39	
棕榈酸甲酯	0.36	0.25	0.28	0.35	-	0.22	0.18	-	
棕榈酸乙酯	3.12	1.83	2.39	-	2.62	2.70	2.85	2.21	
9,12-十八碳二烯酸甲酯	0.27	0.24	-	0.23	-	-	0.29	-	
亚油酸乙酯	1.10	0.85	1.06	1.09	0.95	1.12	1.61	0.98	
亚麻酸乙酯	1.76	1.29	1.48	1.57	1.94	2.07	2.92	1.81	
硬脂酸乙酯	0.32	-	0.18	-	0.28	0.28	0.22	0.23	
水芹烯	0.23	0.30	0.18	-	0.25	0.24	0.17	0.25	
4(5)-萜烯	0.82	0.42	0.38	0.59	-	0.51	0.60	-	
P-伞花烃	-	0.61	0.65	0.68	0.55	0.61	0.43	0.59	
γ -松油烯	0.91	0.85	0.95	0.93	1.24	1.15	1.28	1.08	
1,7,7-三甲双环[2.2.1]庚-2-烯	0.47	0.58	0.54	0.68	0.50	0.57	0.42	0.75	
4,6-二甲基十二烷	0.31	0.33	0.63	0.56	0.46	0.76	0.50	1.06	
Δ -杜松烯	0.61	0.59	0.65	0.81	0.72	0.60	0.72	0.79	
正十六烷	0.44	-	0.20	-	1.16	-	-	1.27	
2,6,11,15-四甲基十六烷	0.50	0.39	0.80	0.53	0.83	0.67	0.57	0.92	
十八烷	0.35	-	-	-	0.28	0.27	0.24	0.26	
新植二烯	-	-	-	0.21	0.29	0.28	-	0.34	
正己醛	0.26	0.77	0.27	0.35	0.22	0.29	0.18	0.22	
苯乙醛	1.13	1.77	1.76	1.95	1.57	1.31	1.40	1.70	
癸醛	0.74	0.76	0.81	0.53	0.42	0.47	0.67	0.59	
β -环柠檬醛	0.17	0.22	0.28	0.29	-	-	-	-	
6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	1.20	0.69	1.02	0.90	0.88	0.90	0.83	0.98	
β -紫罗兰酮	1.58	1.98	1.98	2.48	1.06	1.20	1.62	1.39	
2,4-二叔丁基苯酚	0.44	0.34	0.19	0.42	-	0.43	0.47	-	
香叶酸	3.10	2.27	0.97	0.18	0.32	3.22	2.20	0.84	
棕榈酸	2.23	0.66	1.34	1.18	2.78	1.56	3.00	0.55	
2-戊基吡喃	0.79	0.74	0.80	0.80	0.60	0.70	0.72	0.84	
甲氧基-苯基-脲	-	3.55	5.96	2.54	1.68	-	1.12	-	
(E)-吡喃型芳樟醇氧化物	1.23	-	-	0.54	-	1.40	1.11	1.49	
法呢烯环氧化物	-	0.77	0.50	0.94	0.77	-	1.00	0.82	

注:-表示未检测出该物质。

加^[33]。由表6可知,R₁系列茶样与R₀系列茶样随着发酵时间的延长,其化合物相对含量变化不同。随着发酵时间的延长,橙花醇、香叶醇、香叶酸甲酯、1,7,7-三甲雙環[2.2.1]庚-2-烯、β-紫罗兰酮的相对含量在成品茶中整体呈上升趋势,己酸叶醇酯、己酸己酯、N-己酸(反-2-己烯基)酯的相对含量在成品茶中整体呈下

降趋势,其余化合物均呈不规则变化。其中,β-环柠檬醛(果香^[34])是R₁系列茶样独有的香气化合物,随发酵时长的延长其相对含量在成品茶中呈上升趋势。

2.4.3 共有香气组分分析

在8个红茶样中检测出共有香气化合物29种。其基本统计参数及香气类型见表7。

表7 共有香气化合物基本统计参数及香型

Table 7 Basic statistical parameters and odor type of common aroma compounds

化合物	平均值/%	最大值/%	最小值/%	标准差	相对标准偏差	香气类型
顺-α,α-5-三甲基-5-乙炔基四氢吡喃-2-甲醇	1.10	1.42	0.84	0.23	20.71	花香、芳香
芳樟醇	18.56	21.19	16.74	1.79	9.66	花香
α-松油醇	1.23	2.31	0.66	0.60	48.68	柠檬香
橙花醇	1.27	1.42	1.01	0.14	10.89	果香
香叶醇	12.93	14.08	10.69	0.95	7.36	花香
反式-橙花叔醇	11.21	12.52	9.89	0.69	6.16	花香
葑澄茄醇	1.12	1.29	0.97	0.10	8.61	泥土
α-葑澄茄醇	0.62	0.91	0.30	0.19	30.44	木香
植物醇	2.97	4.34	2.22	0.62	20.94	花香
水杨酸甲酯	4.82	5.58	4.06	0.42	8.72	冬香、甜香
香叶酸甲酯	6.73	8.90	5.37	1.25	18.59	果香
己酸叶醇酯	3.91	6.33	2.18	1.46	37.38	果香
己酸己酯	1.04	1.86	0.51	0.47	44.89	甜香、果香
N-己酸(反-2-己烯基)酯	1.46	2.80	0.39	0.96	65.73	果香
亚油酸乙酯	1.10	1.61	0.85	0.21	19.41	脂香
亚麻酸乙酯	1.86	2.92	1.29	0.47	25.14	
γ-松油烯	1.05	1.28	0.85	0.15	14.46	果香
1,7,7-三甲雙環[2.2.1]庚-2-烯	0.56	0.75	0.42	0.10	18.02	
4,6-二甲基十二烷	0.58	1.06	0.31	0.23	39.85	
Δ-杜松烯	0.69	0.81	0.59	0.08	11.77	木香
2,6,11,15-四甲基十六烷	0.65	0.92	0.39	0.17	26.55	
正己醛	0.32	0.77	0.18	0.18	55.24	青草气
苯乙醛	1.57	1.95	1.13	0.26	16.31	清香
癸醛	0.62	0.81	0.42	0.13	21.51	脂香
6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮	0.93	1.20	0.69	0.14	15.06	花香、果香
β-紫罗兰酮	1.66	2.48	1.06	0.44	26.32	花香、果香
香叶酸	1.64	3.22	0.18	1.13	69.30	青草气
棕榈酸	1.66	3.00	0.55	0.86	51.87	脂香
2-戊基呋喃	0.75	0.84	0.60	0.07	9.52	焦糖香

由表7可知,顺-α,α-5-三甲基-5-乙炔基四氢吡喃-2-甲醇、α-松油醇、橙花醇、α-葑澄茄醇、植物醇、香叶酸甲酯、己酸叶醇酯、己酸己酯、N-己酸(反-2-己烯基)酯、亚油酸乙酯、亚麻酸乙酯、γ-松油烯、1,7,7-三甲雙環[2.2.1]庚-2-烯、4,6-二甲基十二烷、Δ-杜松烯、2,6,11,15-四甲基十六烷、正己醛、苯乙醛、癸醛、6,10-二甲基-5,9-十一双烯-2-酮、β-紫罗兰酮、香叶酸、棕榈酸的相对含量在8个茶样中波动较

大,其原因可能是摇青和发酵时间延长,导致其含量有较大波动。共有香气所占组分(相较于91种香气组分而言)在R₁F₁茶样中占比84.83%,R₁F₂茶样中占比84.33%,R₁F₃茶样中占比84.11%,R₁F₄茶样中占比83.57%,R₀F₁茶样中占比84.65%,R₀F₂茶样中占比87.09%,R₀F₃茶样中占比84.16%,R₀F₄茶样中占比84.08%,其中尤以花香型香气组分芳樟醇、香叶醇和反式-橙花叔醇的平均相对含量占比较为突出,均在

10%以上。

3 结论

本研究对不同摇青和发酵时间处理的汝城白毛茶茶样进行内含生化成分、香气组分测定,并进行感官审评。感官审评结果表明,较未摇青处理茶样相比,摇青处理茶样的汤色、叶底更红,滋味更甘醇,香气也更浓郁。在所有处理中,以进行摇青处理、发酵 5.5 h 的茶样感官审评总分最高。从内含物成分来看,摇青处理降低了茶样中的水浸出物、茶多酚、咖啡碱以及儿茶素组分含量,提高了茶样中氨基酸含量。儿茶素组分的转化程度受发酵时间影响,延长发酵时间有助于降低茶样内的儿茶素组分。从香气成分来看,醇类化合物和酯类化合物在各茶样香气化合物中占比之和达 75.34%~81.02%,初步推断汝城白毛茶夏季红茶香气组分主要由醇类和酯类化合物构成。不同处理茶样中花香型香气组分芳樟醇、香叶醇和反式-橙花叔醇的平均相对含量占比均在 10%以上,因此认为这 3 种香气化合物是汝城白毛茶夏季红茶特征香气的关键组成成分。 β -环柠檬醛(果香)是摇青处理茶样独有的香气化合物,随发酵时间的延长其相对含量在成品茶中呈上升趋势,初步判定其是摇青作用的结果。

参考文献:

- [1] 刘振,成杨,赵洋,等.基于代谢组学的湖南典型地方茶树种质资源代谢物差异研究[J].核农学报,2022,36(1):83-93.
LIU Zhen, CHENG Yang, ZHAO Yang, et al. Metabonomics analysis of metabolic difference of Hunan tea [*Camellia sinensis* (L.) O. kuntze] germplasm resources[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2022, 36(1): 83-93.
- [2] 钟兴刚,黄怀生,黎娜,等.不同萎凋和发酵处理对“汝城白毛茶”加工红茶品质的影响[J].食品与发酵工业,2022,48(4):137-144.
ZHONG Xinggang, HUANG Huaisheng, LI Na, et al. Effect of withering and fermentation technology on the quality of ‘Rucheng Baimaocha’ processed black tea[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(4): 137-144.
- [3] 孟洋,陈莉,卢红梅,等.贵州湄潭夏秋茶茶醋氨基酸组分及挥发性成分分析[J].中国调味品,2020,45(5):176-181.
MENG Yang, CHEN Li, LU Hongmei, et al. Analysis of amino acid components and volatile components of tea vinegar made from Meitan summer and autumn tea in Guizhou Province[J]. China Condiment, 2020, 45(5): 176-181.
- [4] 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 Lanlan, ZHANG Pengcheng, XIAO Wenjun, 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.
- [5] 张娅楠.黄金茶1号夏秋红茶加工技术及香味品质形成机理研究[D].长沙:湖南农业大学,2019.
ZHANG Yanan. Study on the processing technology and forming mechanism of aroma and taste quality of black tea of hunanjin 1 tea mading in summer and autumn[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2019.
- [6] 欧伊伶.楮叶齐夏秋乌龙茶加工工艺及香味品质形成机理研究[D].长沙:湖南农业大学,2019.
OU Yiling. Study on the processing technology and quality formation mechanism of zhuyeqi summer oolong tea[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2019.
- [7] 陈涛林,王汉超,罗军武,等.汝城白毛茶种质资源遗传多样性和亲缘关系的ISSR分析[J].分子植物育种,2017,15(9):3780-3787.
CHEN Taolin, WANG Hanchao, LUO Junwu, et al. Genetic diversity and relationship of tea germplasm resources *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Rucheng revealed by ISSR markers[J]. Molecular Plant Breeding, 2017, 15(9): 3780-3787.
- [8] 王汉超.汝城白毛茶种质资源的评价[D].长沙:湖南农业大学,2015.
WANG Hanchao. Evaluate of tea germplasm resources of *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Rucheng[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015.
- [9] 林睦芳.汝城白毛茶生育特性初探[J].茶叶通讯,1986,13(1):28-30.
LIN Mufang. Preliminary Study on growth characteristics of *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Rucheng[J]. Tea Communication, 1986, 13(1): 28-30.
- [10] XUE J J, LIU P P, GUO G Y, et al. Profiling of dynamic changes in non-volatile metabolites of Shaken black tea during the manufacturing process using targeted and non-targeted metabolomics analysis[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 156: 113010.
- [11] HU C J, DA LI, MA Y X, et al. Formation mechanism of the oolong tea characteristic aroma during bruising and withering treatment[J]. Food Chemistry, 2018, 269: 202-211.
- [12] 李慧,聂枫宁,熊丙全,等.摇青工艺对“崇庆枇杷茶”加工红茶的香气品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(2):188-195.
LI Hui, NIE Congning, XIONG Bingquan, et al. The study of shaking green technology on the aroma quality of ‘Chongqing Pipa tea’ processed black tea[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(2): 188-195.
- [13] 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 Lin, LI Zongqiong, ZHANG Tuo, et al. Study on the processing of flower-scented green tea with fresh tea leaves in summer[J]. Food & Machinery, 2019, 35(6): 195-200.
- [14] QI D D, MIAO A Q, CHEN W, et al. Characterization of the volatile compounds profile of the innovative broken oolong-black tea in comparison with broken oolong and broken black tea[J]. Food Control, 2021, 129: 108197.

- [15] 宫连瑾, 薄佳慧, 张天天, 等. 黄金茶红茶加工过程中香气成分及其相关酶活性的动态变化[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(6): 204-209.
GONG Lianjin, BO Jiahui, ZHANG Tiantian, et al. Dynamic changes of aroma components and related enzyme activities during Huangjincha black tea processing[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(6): 204-209.
- [16] CHEN Q C, ZHU Y, LIU Y F, et al. Black tea aroma formation during the fermentation period[J]. Food Chemistry, 2022, 374: 131640.
- [17] MUTHUMANI T, KUMAR R S S. Influence of fermentation time on the development of compounds responsible for quality in black tea[J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 98-102.
- [18] XU X, YAN M, ZHU Y. Influence of fungal fermentation on the development of volatile compounds in the Puer tea manufacturing process[J]. Engineering in Life Sciences, 2005, 5(4): 382-386.
- [19] WANG H J, SHEN S, WANG J J, et al. Novel insight into the effect of fermentation time on quality of Yunnan Congou black tea[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 155: 112939.
- [20] 郭颖, 黄峻榕, 陈琦, 等. 茶叶中儿茶素类测定方法的优化[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 137-141.
GUO Ying, HUANG Junrong, CHEN Qi, et al. Optimization of sample preparation and HPLC chromatographic conditions for the determination of catechins in tea[J]. Food Science, 2016, 37(6): 137-141.
- [21] 苏丹, 黄刚骅, 李亚莉, 等. 紫娟(熟茶)人工发酵过程中挥发性香气组分特征分析[J]. 食品科学, 2021, 42(12): 166-172.
SU Dan, HUANG Ganghua, LI Yali, et al. Characteristic aroma components in ripe zijuan tea during artificial fermentation[J]. Food Science, 2021, 42(12): 166-172.
- [22] 刘忠英, 杨婷, 戴宇樵, 等. 基于分子感官科学的茶叶滋味研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(4): 337-343, 355.
LIU Zhongying, YANG Ting, DAI Yuqiao, et al. Research progress of tea taste based on molecular sensory science[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(4): 337-343, 355.
- [23] 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 Wei, PENG Yingqi, ZHANG Tuo, et al. Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality[J]. Food Science, 2019, 40(11): 36-41.
- [24] WU H L, HUANG W J, CHEN Z J, et al. GC-MS-based metabolomic study reveals dynamic changes of chemical compositions during black tea processing[J]. Food Research International, 2019, 120: 330-338.
- [25] 余鹏辉, 陈盼, 黄浩, 等. 保靖黄金茶1号工夫红茶加工工序对主要滋味物质形成的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(10): 185-191.
YU Penghui, CHEN Pan, HUANG Hao, et al. Influence of processing steps on the formation of main taste compounds in congou black tea made from the cultivar Baojing Huangjincha 1[J]. Food Science, 2020, 41(10): 185-191.
- [26] 薄佳慧, 宫连瑾, 叶兴妹, 等. 金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化[J]. 现代食品科技, 2022, 38(1): 306-314, 20.
BO Jiahui, GONG Lianjin, YE Xingmei, et al. Dynamic changes of main quality components in Jinhua white tea processing[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(1): 306-314, 20.
- [27] 黄福平, 梁月荣, 陈荣冰, 等. 做青强度对做青叶蛋白质组成、多酚氧化酶和酯酶同工酶谱的影响[J]. 茶叶科学, 2004, 24(1): 70-74.
HUANG Fuping, LIANG Yuerong, CHEN Rongbing, et al. Effects of zuoqing intensity on the protein composition, polyphenol oxidase and esterase isozymogram of the fresh leaves during oolong tea manufacture[J]. Journal of Tea Science, 2004, 24(1): 70-74.
- [28] 刘亚芹, 王辉, 杨霁虹, 等. 基于滋味成分变化的祁门红茶发酵程度差异研究[J]. 茶叶通讯, 2022, 49(2): 193-201.
LIU Yaqin, WANG Hui, YANG Jihong, et al. Research on the difference of the fermentation degree of keemun black tea based on the changes of taste components[J]. Journal of Tea Communication, 2022, 49(2): 193-201.
- [29] HOU Z W, WANG Y J, XU S S, 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-Food Science and Technology, 2020, 130: 109547.
- [30] CHEN L, LIU F, YANG Y F, et al. Oxygen-enriched fermentation improves the taste of black tea by reducing the bitter and astringent metabolites[J]. Food Research International, 2021, 148: 110613.
- [31] KIM Y, GOODNER K L, PARK J D, et al. Changes in antioxidant phytochemicals and volatile composition of *Camellia sinensis* by oxidation during tea fermentation[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4): 1331-1342.
- [32] 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): 1572-1577.
QIAO Xiaoyan, CAO Junxi, WU Hualing, et al. Effects of different withering measures and Peng-qing treatments on volatile flavor compounds of black tea[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(8): 1572-1577.
- [33] 李琛, 岳翠男, 杨普香, 等. 工夫红茶特征香气研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(22): 8834-8842.
LI Chen, YUE Cuinan, YANG Puxiang, et al. Research progress on characteristic aroma of Congou black tea[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(22): 8834-8842.
- [34] 蒋容港, 黄燕, 金友兰, 等. 不同原料等级黄茶特征香气成分分析[J]. 食品科学, 2021, 42(16): 89-98.
JIANG Ronggang, HUANG Yan, JIN Youlan, et al. Analysis of characteristic aroma components of different grades of yellow tea[J]. Food Science, 2021, 42(16): 89-98.