

罗金龙, 陈盛相, 沈强, 等. ‘巴山早’紫色芽叶红茶加工工艺研究及品质评价 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 185–195. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080045

LUO Jinlong, CHEN Shengxiang, SHEN Qiang, et al. Processing Technology and Quality Evaluation of 'Bashanzao' Purple Bud Leaf Black Tea[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 185–195. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080045

· 工艺技术 ·

‘巴山早’紫色芽叶红茶加工工艺研究及品质评价

罗金龙¹, 陈盛相², 沈强¹, 杨肖委¹, 刘晓霞¹, 郑文佳^{1,*}

(1. 贵州省茶叶研究所, 贵州贵阳 550006;

2. 四川农业大学园艺学院, 四川成都 611130)

摘要: 为了探究‘巴山早’紫色芽叶的红茶加工工艺及其制茶品质特点。本研究选用‘巴山早’紫色芽叶为原料, 在万源红茶加工工艺基础上进行工艺优化, 对红茶关键加工技术(萎凋、发酵和干燥)进行单因素实验和正交试验, 以感官评分、茶黄素和茶红素之和与茶褐素的比值 TFRB 为评价指标, 确定紫色芽叶红茶的最优工艺参数, 探究关键加工技术不同参数对红茶品质的影响; 以‘福鼎大白’绿色芽叶为对照, 采一芽一叶新梢, 按照优化后的加工工艺加工成红茶, 所制茶样与‘巴山早’紫色芽叶红茶通过感官审评、内含品质成分测定分析和香气组分检测分析。结果表明, ‘巴山早’紫色芽叶红茶的最优加工工艺为萎凋时间 21 h, 发酵时间 4.5 h, 干燥温度 90±2 ℃, 此时感官评分最高为 92.83±0.19, ‘巴山早’紫色芽叶红茶的感官品质优于对照, 其茶多酚、氨基酸、可溶性糖、水浸出物、咖啡碱、茶黄素和茶红素含量分别为 12.58%、3.62%、2.89%、37.89%、4.61%、0.38% 和 3.57%, 均高于对照, TFRB 为 1.07 是其滋味鲜醇, 汤色红亮的物质基础; 氨基酸组分总量、呈鲜爽味氨基酸组分和呈甜味氨基酸组分含量分别为 32.35、22.68 和 3.45 mg/g, 分别比对照高 10.03%、7.28% 和 26.84%; 检测出香气成分 43 种, 总量为 57.72 μg/g, 比对照高 11.67%。本研究确定的‘巴山早’紫色芽叶红茶加工工艺制茶品质优异。

关键词: ‘巴山早’, 紫色芽叶, 红茶, 加工, 品质

中图分类号: S571.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2023)02-0185-11

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021080045



本文网刊:

Processing Technology and Quality Evaluation of 'Bashanzao' Purple Bud Leaf Black Tea

LUO Jinlong¹, CHEN Shengxiang², SHEN Qiang¹, YANG Xiaowei¹, LIU Xiaoxia¹, ZHENG Wenjia^{1,*}

(1. Gui Zhou Tea Research Institute, Guiyang 550006, China;

2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: In order to explore the processing process of black tea and its preparation of tea from 'Bashanzao' purple bud leaves. In this study, the purple bud leaves of 'Bashanzao' were selected as raw materials, and the process optimization was carried out based on the processing technology of Wanyuan black tea. The key processing technologies of black tea (withering, fermentation and drying) were carried out by single factor experiment and orthogonal experiment. The optimal process parameters of purple bud leaf black tea were determined by sensory score and ratio of the sum of theaflavins and thearubigins to theafuscin TFRB, to explore the effects of different parameters of key processing technology on the quality of black tea. Taking the green buds and leaves of 'Fuding Dabai' as the control, the new shoots of one bud and one leaf were collected and processed into black tea according to the optimized processing technology. The prepared tea sample and

收稿日期: 2021-08-05

基金项目: 贵州省科技支撑计划(黔科合支撑(2020)1Y004号); 贵州省科学技术基金(黔科合基础-ZK(2021)一般154); 贵阳市科技计划(筑科合同(2021)3-20号)。

作者简介: 罗金龙(1995-), 男, 硕士研究生, 研究实习员, 研究方向: 茶叶加工与机械研究, E-mail: 898275646@qq.com。

* 通信作者: 郑文佳(1969-), 男, 本科, 研究员, 研究方向: 茶叶加工, E-mail: wenjia_zheng@126.com。

'Bashanzao' purple bud and leaf black tea passed sensory evaluation, determination and analysis of internal quality components and aroma components. The results showed that the optimal processing technology of 'Bashanzao' purple bud leaf black tea was withering time 21 h, fermentation time 4.5 h, drying temperature 90 ± 2 °C, and the highest sensory score was 92.83 ± 0.19 . The sensory quality of 'Bashanzao' purple bud leaf black tea was better than the control. The contents of tea polyphenols, amino acids, soluble sugar, water extract, caffeine, theaflavin and thearubin were 12.58%, 3.62%, 2.89%, 37.89%, 4.61%, 0.38% and 3.57% respectively, which were higher than the control. TFRB was 1.07, which was its fresh taste, the material basis of red and bright soup. The contents of total amino acid components, fresh amino acid components and sweet amino acid components were 32.35, 22.68 and 3.45 mg/g respectively, which were 10.03%, 7.28% and 26.84% higher than the control respectively. 43 aroma components were detected, and the total amount was $57.72\text{ }\mu\text{g/g}$, 11.67% higher than the control group. The processing technology of 'Bashanzao' purple bud leaf black tea determined in this study has excellent tea quality.

Key words: 'Bashanzao'; purple bud and leaf; black tea; machining; quality

‘巴山早’又名‘广山茶’,属小乔木、中叶类、特早生新品种,是四川省重点产茶县万源市本地选育的品种^[1],其特点明显,叶片较大较厚,色泽深绿,夏秋芽叶紫化明显^[2]。现有研究显示:紫色芽叶具有较好的红茶适制性,且紫色芽叶所制红茶在香气和滋味方面优于绿色芽叶红茶^[3-4],这表明紫色芽叶具有一定的开发潜力。而当地企业对紫色芽叶制茶品质存在错误认识,认为紫色芽叶制茶品质欠佳。这导致茶叶企业和茶农放弃了紫色芽叶原料采制,造成了大量的茶叶资源浪费。万源的红茶产量占本地区茶叶总产量的比重,远低于全国约 12% 的平均水平,生产规模可适度扩大^[5]。

目前有关茶树紫色芽叶红茶加工工艺及其品质研究的文献较少,多数文献主要探讨的是茶树紫色芽叶的红茶适制性。萧力争等^[3]和郑杰等^[4]均以绿色芽叶为对照,对比研究紫色芽叶的红茶适制性,结果一致认为紫色芽叶加工的红茶其感官品质略优于用绿色芽叶(对照)加工而成的红茶,其滋味、香气明显优于对照,紫色芽叶表现出较好的红茶适制性。纪荣全^[6]的研究也表明紫芽红茶汤色红亮,滋味甜柔醇和,紫色芽叶具有较好的红茶适制性。且 Kilel 等^[7]的研究表明紫色芽叶红茶品质可通过工艺优化进行提高,这为本文的研究提供了一定思路。综上所述,紫色芽叶红茶品质上具备其特点和优势,所以紫色芽叶有开发红茶相关产品的潜质。

本文以‘巴山早’紫色芽叶为原料,在传统红茶加工工艺基础上,优化研究‘巴山早’紫色芽叶红茶加工工艺,对‘巴山早’紫色芽叶红茶和‘福鼎大白’绿色芽叶红茶(对照)的感官品质、主要生化成分、儿茶素组分、氨基酸组分和香气组分进行比较分析,旨在了解‘巴山早’紫色芽叶红茶品质,充分发掘和利用‘巴山早’紫色芽叶的优良特性及生产性能,为解决紫色芽叶资源浪费、‘巴山早’茶树品种推广和开发优异特色茶叶新产品提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试红茶 种植于万源市蜀韵生态农业开发有

限公司茶园基地(N31°82', E108°15')的夏季(7 月)‘巴山早’紫色芽叶、‘福鼎大白’绿色芽叶(对照),均来自同一茶园,树龄 8 年生,采摘标准一芽一叶所制;没食子酸酯(gallate, GA)、儿茶素(catechin, C)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)、没食子儿茶素(gallocatechin, GC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)、表儿茶素(epicatechin, EC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechin gallate, GCG)、咖啡碱(caffeine, CAF)、乙醇、乙酸均为色谱纯,成都市科隆化学有限公司;福林酚、磷酸二氢钾、盐酸、浓硫酸、水合茚三酮、蒽酮、乙醇等 分析纯,西陇科学股份有限公司。

UV2300II 双光束紫外可见分光光度计 上海屹谱; DHG-9245A 型鼓风式电热恒温干燥箱 上海齐欣; TASI-8601 红外测温仪、SFH4-FYTH-1 温湿度计 宁波得力; HH-6 型电热数显恒温水浴锅 常州澳华; Dionex UltiMate® 3000 高压高效液相色谱仪 美国戴安; BSM-120.4 电子天平 常州衡正; 6890-5973 气相色谱质谱联用仪(GC-MS)、7900 电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS) 美国 Agilent; Milli-Q Integral 纯水机 东莞思柏; 6CR-25 揉捻机、6CFJ-6 红茶发酵机 浙江珠峰; DL-6CHZ-9B 型茶叶烘培机 泉州得力。

1.2 实验方法

1.2.1 红茶基础加工工艺流程 鲜叶→萎凋(时间 17 h)→揉捻(时间 60 min)→发酵(温度 28 ± 2 °C, 湿度 95% 以上, 时间 4 h)→毛火(烘箱 120 ± 2 °C 左右, 含水率降至 20%~25% 左右)→足火(80 ± 2 °C 烘至足干)(来自于预试验)。该工艺流程及参数是在万源当地红茶生产工艺基础上进行预实验而得,在此工艺基础上进行工艺优化和研究,在关键工序萎凋、发酵和干燥工序设置不同的处理,制备红茶样。

1.2.2 红茶关键工序单因素实验

1.2.2.1 鲜叶萎凋程度对红茶品质的影响 用空调控制室内温度在 20~25 °C, 湿度: 65%~75%, 对鲜叶分别采取 14、17、20 和 23 h 共 4 个萎凋处理, 厚度

8~10 cm, 分别取萎凋叶进行红茶制样, 所制红茶样分别用 WD1、WD2、WD3 和 WD4 表示。每个处理使用鲜叶 5 kg, 重复 3 次。除萎凋处理外, 其余工序按照红茶基础加工工艺流程及参数操作。

1.2.2.2 不同发酵程度对红茶品质的影响 采用 6CFJ-6 红茶发酵机, 控制相同的发酵环境(温度 28 ℃, 湿度 90% 以上, 摊放厚度 8~12 cm), 对揉捻叶进行 2、3、4、5、6 和 7 h 共 6 个发酵处理, 所制红茶样分别用 FJ1、FJ2、FJ3、FJ4、FJ5 和 FJ6 表示。使用鲜叶 20 kg, 重复 3 次。除发酵处理外, 其余工序按照红茶基础加工工艺流程及参数操作。

1.2.2.3 不同干燥方式对红茶品质的影响 对发酵叶进行不同的干燥方式处理, 具体参数设置如表 1 所示, 所制红茶样分别用 HG1、HG2、HG3、HG4、HG5 和 HG6 表示。使用鲜叶 20 kg, 重复 3 次。除干燥处理外, 其余工序按照红茶基础加工工艺流程及参数操作。

表 1 红茶干燥处理参数设置
Table 1 Drying parameters setting of black tea

处理	干燥方式	毛火	足火
HG1	全烘	100±2 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干
HG2	全烘	110±2 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干
HG3	全烘	120±2 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干
HG4	先炒后烘	200±5 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干
HG5	先炒后烘	220±5 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干
HG6	先炒后烘	240±5 ℃至含水量20%~25%	80±2 ℃烘至足干

1.2.3 红茶关键工序正交试验 如表 2 所示, 单因素实验的基础上选出最优处理, 适度调整, 选取萎凋时间(A), 发酵时间(B), 干燥温度(C)设计三因素三水平正交试验, 对整个工艺中的关键工序进行正交试验优化, 以感官审评评分为指标, 确定最优的工艺参数。其它加工工艺参数固定, 保证试验环境和设备等要求一致。每个处理使用鲜叶 5 kg。

表 2 红茶正交试验因素水平表
Table 2 Orthogonal test treatment of black tea

水平	因素		
	A(萎凋时间, h)	B(发酵时间, h)	C(干燥温度, ℃)
1	19	4.5	70±2
2	20	5.0	80±2
3	21	5.5	90±2

1.2.4 ‘巴山早’紫色芽叶红茶制茶品质评价 使用优化后的红茶加工工艺制成‘巴山早’紫色芽叶红茶和‘福鼎大白’绿色芽叶红茶(对照)。每个处理使用鲜叶 5 kg, 重复 3 次。‘巴山早’紫色芽叶红茶用紫色芽叶红茶表示, ‘福鼎大白’绿色芽叶红茶用绿色芽叶红茶表示, 每个处理使用鲜叶 5 kg, 重复 3 次。

茶叶感官审评及理化检测方法: 根据茶叶感官审评标准 GB/T 23776-2018^[8] 对所取茶样进行感官审评。感官审评小组由 5 名高级评茶员组成, 评茶

小组对样品进行密码审评, 审评结果由分数和评语共同构成。感官审评总分计算方式如下:

审评总分=外形×25%+汤色×10%+香气×25%+滋味×30%+叶底×10%; 水浸出物总量采用全量法测定^[9]; 茶多酚及儿茶素组分参照 GB/T 8313《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》^[10] 测定; 游离氨基酸总量采用茚三酮比色法测定^[11]; 咖啡碱含量采用紫外分光光度法测定^[12]; 可溶性糖总量采用蒽酮比色法测定^[13]; 氨基酸组分按 GB/T 30987《植物中游离氨基酸的测定》测定^[14]; 茶色素采用系统分析法测定^[15], 滑金杰等^[16] 和刘盼盼等^[17] 的研究表明, 茶黄素和茶红素之和与茶褐素的比值 TFRB(茶黄素 TFs 和茶红素 TR 之和与茶褐素 TB 的比值)可有效代表茶黄素和茶红素在茶叶内的贡献表征, 国内主产区工夫红茶 TFRB 为 1.05~1.12, 是其滋味鲜醇, 汤色红亮的物质基础, 在各处理内含成分比较中, 将以 TFRB 为评价指标。

1.2.5 香气组分检测方法 香气组分检测方法参照 Nie 等^[18] 的检测方法, 用 HS-SPME 法富集并提取茶叶中的香气组分。取茶叶样品 1.000 g 置于 15 mL 提取瓶中, 以 10 μg 癸酸乙酯(10 mg/kg 茶叶)为内标物。样品在 80 ℃ 恒温水浴中平衡 30 min, 然后插入 SPME 纤维(深度 2 cm)富集 30 min, 取出纤维后立即通过 GC-MS 进样口导入并进行下一步, 重复 3 次。

GC-MS 检测条件: 手动进样, 不分流; 恒温进样, 进样口温度 250 ℃, GC-MS 接口温度 280 ℃; 升温程序: 柱温 40~240 ℃, 起始柱温 40 ℃, 保持 2 min, 然后以 5 ℃/min 升至 180 ℃, 保持 2 min, 再以 10 ℃/min 升至 240 ℃, 保持 5 min; 每次进样量 1 mL; 载气氮气, 柱流量 1.0 mL/min。EI 正离子源, 电离能 69.9 eV; 质谱接口温度 250 ℃, 离子源温度 230 ℃, 四级杆温度 150 ℃; 扫描质量范围 20~550 amu。

定性分析: NIST 标准光谱库 (<https://www.nist.gov/>) 对香气成分进行定性。

定量分析: 采用内标法定量茶叶中的挥发性化合物香气^[19]。选用癸酸乙酯为内标定量计算香气成分含量(10 mg/kg 茶叶样品)。计算公式如下:

$$Di = \frac{Si}{SA} \times CA$$

式中: Di 表示待测香气物质含量, mg/kg; CA 表示标样含量, mg/kg; Si 表示待测香气物质峰面积; SA 表示标样峰面积。

1.3 数据处理

实验均重复 3 次。采用 Excel 2010 对试验数据进行统计和计算, 对试验所得到的主要品质成分和感官审评的结果用 SPSS 进行差异显著性分析, 利用单因素多重比较邓肯法($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同萎凋程度对红茶品质的影响

2.1.1 不同萎凋程度红茶感官审评结果 不同萎凋

程度处理所制‘巴山早’紫色芽叶红茶感官审评结果如表3所示,茶样WD3(萎凋20 h)的感官审评得分最高为92.6±0.82,其外形细紧卷曲、黑褐较润显金毫,汤色红明亮,甜香高长,滋味甜醇鲜爽,叶底红亮,综合感官品质最优。各萎凋处理所制的红茶茶样感官审评总分差异显著($P<0.05$),高低顺序为:WD3>WD2>WD4>WD1。外形因子中,随着萎凋时间的增加,成茶色泽逐渐从“棕褐”向“黑褐”转变,光泽润度增加;汤色因子中,随着萎凋时间的增加,汤色颜色逐渐从“橙红”转变为红,而明亮度降低;香气因子中,随萎凋时间的增加,萎凋不足导致的“生青气”消失,甜香逐渐显露。综上,萎凋20 h的‘巴山早’紫色芽叶鲜叶所制红茶的感官品质最佳。

萎凋20 h的紫色芽叶鲜叶所制红茶WD3的感官评分在各处理中最高,综合感官品质最优。因此,在正交试验中选择萎凋20 h为最佳参数。设置A为萎凋时间,对最佳处理左右调整,三个水平处理为A₁(19 h)、A₂(20 h)、A₃(21 h)。

2.1.2 不同萎凋程度红茶内含成分分析 不同萎凋程度‘巴山早’紫色芽叶鲜叶所制红茶内含成分测定结果如表4所示,4个萎凋处理所制红茶的主要内含成分含量差异显著($P<0.05$)。茶多酚含量在14.89%~12.6%之间,随着萎凋时间的延长,茶多酚含量呈下降趋势,这是因为延长萎凋时间,萎凋叶含水量逐渐降低,细胞膜透性的增加,茶多酚与多酚氧化酶接触发生氧化反应,导致茶多酚含量下降^[20]。氨基酸含量在3.28%~3.68%之间,各处理间差异显著,并随着萎凋时间的延长呈先增后降的趋势,这是因为在萎凋的过程中,蛋白质和多肽类在蛋白酶的作用下水解成游离氨基酸,所以萎凋初期氨基酸含量上升,但可水解的蛋白质及多肽类数量有限,且游离氨基酸由于参与

其他物质的合成而减少,长时间的萎凋导致了游离氨基酸总量的下降^[21];可溶性糖含量在2.88%~3.17%之间,可溶性糖含量随着萎凋时间的延长含量逐渐增加,这与淀粉酶、果胶酶等作用下多糖类物质水解有关^[22];水浸出物含量在37.62%~38.55%之间,其含量随萎凋时间的增加而逐渐增高,这是由于鲜叶萎凋过程中细胞逐步失水细胞壁透性增加细胞内各种酶的代谢方向强烈地趋向于水解大部分水解酶活性都有所增强,以水解作用为主体的生化变化使可溶性物质含量增加^[23-25];咖啡碱含量在4.28%~4.35%之间,咖啡碱含量的增加与氨基酸代谢有关,氨基酸有可能作为前体物质参与咖啡碱的合成^[26]。随着萎凋时间的延长,茶色素含量发生规律性变化,茶黄素含量逐渐降低,茶红素含量先增后降,茶褐素含量逐渐下降,WD3的TFRB值为1.09,说明WD3内含成分组成协调合理,内含品质成分最优。

2.2 不同发酵程度对红茶品质的影响

2.2.1 不同发酵程度红茶感官审评结果 不同发酵程度处理所制‘巴山早’紫色芽叶红茶感官审评结果如表5所示,各发酵处理所制的红茶茶样感官审评总分差异显著($P<0.05$),高低顺序为:FJ4>FJ3>FJ5>FJ2>FJ6>FJ1,茶样FJ4(发酵5 h)的感官审评得分最高为92.5±0.32,其外形细紧卷曲、黑褐较润显金毫,汤色红明亮,香气嫩甜香高长,滋味甜醇爽口,叶底红亮,综合感官品质最优。不同发酵程度处理对‘巴山早’紫色芽叶红茶感官审评各因子有明显的影响,汤色因子中,随着发酵时间的延长,汤色颜色逐渐从“橙黄”转变为红,而明亮度呈下降趋势;香气因子中,随发酵时间的延长,“生青气”逐渐消失,“甜香”逐渐显露,在发酵5 h时香气达到最佳,随后逐渐变得淡薄;滋味因子上,随着发酵时间的延长,“青涩

表3 不同萎凋程度紫色芽叶红茶感官审评结果

Table 3 Sensory evaluation results of purple bud black tea with different withering degree

茶样	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
WD1	细紧卷曲、棕褐尚润显金毫 22.5±0.25 ^a	橙红明亮 9.0±0.10 ^b	甜香略有生青气 21.3±0.25 ^c	醇正 26.1±0.30 ^c	红较亮 8.7±0.10 ^c	87.6±0.36 ^c
WD2	细紧卷曲、黑褐较润显金毫 22.8±0.25 ^a	红明亮 9.2±0.06 ^a	甜香 22.9±0.14 ^b	甜醇较爽 27.6±0.30 ^b	红亮 9.0±0.10 ^a	91.5±0.64 ^{ab}
WD3	细紧卷曲、黑褐较润显金毫 22.8±0.25 ^a	红明亮 9.2±0.06 ^a	甜香高长 23.4±0.38 ^a	甜醇鲜爽 28.1±0.35 ^a	红亮 9.1±0.10 ^a	92.6±0.82 ^a
WD4	细紧卷曲、黑褐较润显金毫 22.8±0.43 ^a	红较亮 8.9±0.12 ^b	甜香 22.8±0.14 ^b	甜醇尚爽 27.5±0.17 ^b	红亮 9.0±0.06 ^a	90.9±0.64 ^b

注:不同小写字母表示同列数据差异显著, $P<0.05$;表4~表8同。

表4 不同萎凋程度紫色芽叶红茶主要内含成分含量比较

Table 4 Content comparison of main components in purple bud leaf black tea with different withering degree

茶样	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	水浸出物(%)	咖啡碱(%)	茶黄素(%)	茶红素(%)	茶褐素(%)	TFRB
WD1	14.89±0.17 ^a	3.28±0.03 ^d	2.88±0.11 ^c	37.62±0.26 ^b	4.28±0.01 ^c	0.28±0.002 ^a	2.90±0.02 ^c	3.47±0.01 ^a	0.92
WD2	13.05±0.32 ^b	3.43±0.02 ^c	3.02±0.05 ^b	37.74±0.19 ^b	4.30±0.03 ^{bc}	0.27±0.002 ^b	3.09±0.01 ^b	3.41±0.04 ^b	0.99
WD3	12.77±0.11 ^{bc}	3.68±0.02 ^a	3.15±0.03 ^a	38.51±0.16 ^a	4.33±0.01 ^{ab}	0.26±0.002 ^c	3.36±0.02 ^a	3.32±0.01 ^c	1.09
WD4	12.60±0.18 ^c	3.51±0.02 ^b	3.17±0.03 ^a	38.55±0.03 ^a	4.35±0.02 ^a	0.24±0.002 ^d	2.87±0.05 ^c	3.31±0.02 ^c	0.94

表 5 不同发酵程度紫色芽叶红茶感官审评结果

Table 5 Sensory evaluation results of purple bud black tea with different fermentation degree

茶样	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
FJ1	细紧卷曲、棕褐尚润显金毫	橙黄明亮	生青气明显	青涩味	黄红泛青	82.4±0.93 ^d
	22.5±0.25 ^a	8.1±0.15 ^d	22.2±0.38 ^d	23.9±0.35 ^d	7.7±0.06 ^c	
FJ2	细紧卷曲、黑褐较润显金毫	橙红明亮	甜香略有青气	醇和	橙红亮	88.1±0.88 ^c
	22.8±0.43 ^a	8.5±0.15 ^c	21.8±0.25 ^c	26.3±0.46 ^c	8.8±0.06 ^b	
FJ3	细紧卷曲、黑褐较润显金毫	橙红明亮	嫩甜香	甜醇较爽	红亮	91.4±0.43 ^b
	22.8±0.14 ^a	9.1±0.15 ^a	22.9±0.14 ^{ab}	27.4±0.17 ^b	9.1±0.10 ^a	
FJ4	细紧卷曲、黑褐较润显金毫	红明亮	嫩甜香高长	甜醇爽口	红亮	92.5±0.32 ^a
	22.8±0.38 ^a	9.2±0.06 ^a	23.3±0.14 ^a	28±0.17 ^a	9.1±0.12 ^a	
FJ5	细紧卷曲、黑褐较润显金毫	红明亮	甜香	甜醇较爽	红较亮	90.9±0.18 ^b
	22.8±0.43 ^a	9.2±0.10 ^a	22.7±0.29 ^b	27.4±0.46 ^b	8.9±0.10 ^b	
FJ6	细紧卷曲、黑褐较润显金毫	红较亮	甜香淡	甜醇微酸	红尚亮	88.0±0.18 ^c
	22.8±0.25 ^a	8.8±0.10 ^b	21.6±0.38 ^c	26.2±0.3 ^c	8.7±0.06 ^b	

味”逐渐消失,向“甜醇爽口”转变,但随发酵时间的继续延长滋味的鲜爽程度降低,发酵过度后滋味“发酸”。综上发现,不同的发酵程度对红茶品质影响较大,适度发酵有利于红茶品质。从感官审评结果中可以看出,发酵 5 h 的‘巴山早’紫色芽叶红茶的感官品质最佳。

发酵 5 h 所制紫色芽叶绿茶 FJ4 的感官审评得分在各发酵处理中最高,综合感官品质最优。因此,在正交试验中选择发酵 5 h 为最佳参数。设置 B 为发酵时间,对最佳处理左右调整,其三个水平处理为 B₁(4.5 h)、B₂(5 h)、B₃(5.5 h)。

2.2.2 不同发酵程度红茶内含成分分析 不同发酵程度处理所制‘巴山早’紫色芽叶红茶内含成分测定结果如表 6 所示,6 个发酵处理所制红茶的主要内含成分含量差异显著($P<0.05$)。茶多酚含量随发酵时间的延长呈下降趋势,这是因为发酵过程中在多酚氧化酶的作用下,多酚类物质向茶色素类转化,导致茶多酚含量减少^[27];氨基酸含量随发酵时间的延长呈下降趋势,在发酵过程中游离氨基酸在脱氨和脱羧作用下形成相应的醇、醛、酸等芳香物质,也会与邻醌或其它物质结合形成一些色素和芳香物质,从而导致氨基酸含量减少^[28];可溶性糖含量随着发酵时间的延长呈先增后减的趋势,这是由于发酵前期双糖和多糖水解成单糖的量超过单糖氧化转化的消耗量,发酵后期单糖氧化转化的消耗量大于双糖和多糖水解成单糖的量,从而表现为先增后减的趋势;随着发酵时间的延长,水浸出物含量呈下降趋势,这与王秋霜等^[29]的

研究结果一致;咖啡碱含量随着发酵时间的延长呈先升后降的趋势,这和 Muthumani 等^[30]的研究结果一致;随发酵时间的延长,茶黄素的含量呈递减趋势,茶红素的含量表现为先增后减的趋势,茶褐素含量则表现为持续升高的趋势,这与罗小梅等^[31]的研究结果一致。FJ4 的 TFRB 值为 1.07,说明 FJ4 内含成分组成协调合理,内含品质成分最优。

2.3 不同干燥方式对红茶品质的影响

2.3.1 不同干燥方式红茶感官审评结果分析 不同干燥方式处理所制‘巴山早’紫色芽叶红茶感官审评结果如表 7 所示,各干燥处理红茶样感官审评总分差异显著($P<0.05$),高低顺序为:HG3>HG2>HG5>HG6>HG4>HG1。综合对比两种干燥方式对红茶感官品质的影响,全烘干燥方式在外形因子中的“细紧”程度上不如先炒后烘方式,但在“锋毫完整”程度上要优于先炒后烘方式,这是因为在毛火炒制过程中,茶叶与锅接触、摩擦,更易成形,条索更紧细,但物理接触同样会影响锋毫的完整性;综合品质方面,感官评分排名前二的均为全烘干燥方式 HG2、HG3,所以全烘干燥方式更利于紫色芽叶红茶的品质。综合所述,茶样 HG3 的感官审评得分最高,综合感官品质最优,在生产中应该选择全烘干燥方式并合理控制干燥温度。

干燥处理烘毛火 120±2 ℃,足火 80±2 ℃烘至足干所制‘巴山早’紫色芽叶红茶 HG3 的感官审评得分在各干燥处理中最高,综合感官品质最优。该处理方式在保持茶叶香气,提高茶叶汤色上都有较大优

表 6 不同发酵程度紫色芽叶红茶主要内含成分含量比较

Table 6 Comparison of the main components in purple bud black tea with different fermentation degrees

茶样	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	水浸出物(%)	咖啡碱(%)	茶黄素(%)	茶红素(%)	茶褐素(%)	TFRB
FJ1	15.29±0.15 ^a	3.53±0.02 ^a	2.81±0.04 ^c	40.05±0.64 ^a	4.12±0.01 ^d	0.39±0.01 ^a	2.77±0.01 ^c	2.77±0.04 ^f	1.14
FJ2	13.41±0.13 ^b	3.44±0.01 ^b	3.39±0.04 ^d	39.03±0.2 ^b	4.36±0.01 ^a	0.38±0.01 ^a	2.91±0.06 ^d	3.3±0.03 ^c	1.00
FJ3	12.86±0.10 ^c	3.41±0.03 ^{bc}	3.49±0.06 ^c	38.49±0.21 ^c	4.38±0.02 ^a	0.36±0.01 ^{ab}	3.55±0.02 ^b	3.47±0.01 ^d	1.13
FJ4	12.69±0.17 ^c	3.39±0.02 ^c	3.72±0.07 ^a	38.14±0.11 ^c	4.39±0.02 ^a	0.35±0.01 ^{ab}	3.63±0.02 ^a	3.73±0.005 ^c	1.07
FJ5	12.17±0.07 ^d	3.38±0.01 ^c	3.60±0.01 ^b	37.49±0.17 ^d	4.29±0.04 ^b	0.32±0.06 ^b	3.45±0.01 ^c	3.78±0.01 ^b	1.00
FJ6	11.97±0.07 ^d	3.19±0.03 ^d	3.43±0.03 ^{cd}	37.15±0.14 ^d	4.23±0.02 ^c	0.24±0.01 ^c	2.88±0.02 ^d	3.89±0.02 ^a	0.80

表 7 不同干燥方式紫色芽叶红茶感官审评结果

Table 7 Sensory evaluation results of purple bud black tea with different drying methods

茶样	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
HG1	较细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫完整 22.8±0.25 ^a	红较亮 9.0±0.15 ^{bc}	甜香带青气 21.3±0.25 ^c	醇和 26.2±0.46 ^c	红尚亮 8.6±0.10 ^c	87.8±0.67 ^e
HG2	较细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫完整 22.8±0.43 ^a	橙红明亮 9.1±0.10 ^{ab}	甜香 22.8±0.14 ^{ab}	甜醇较爽 27.5±0.17 ^{ab}	橙红亮 9.1±0.10 ^{ab}	91.4±0.44 ^b
HG3	较细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫完整 22.8±0.38 ^a	红明亮 9.3±0.10 ^a	嫩甜香高长 23.3±0.14 ^a	甜醇爽口 28±0.17 ^a	红亮 9.2±0.10 ^a	92.7±0.49 ^a
HG4	细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫尚完整 22.5±0.25 ^a	红较亮 8.9±0.10 ^c	甜香 22.8±0.38 ^{ab}	醇和 26.2±0.17 ^c	红尚亮 8.8±0.12 ^c	89.2±0.57 ^d
HG5	细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫尚完整 22.5±0.50 ^a	红较亮 9.0±0.15 ^{bc}	甜香 22.8±0.29 ^{ab}	甜醇较爽 27.5±0.35 ^{ab}	红较亮 9.0±0.15 ^b	90.8±0.93 ^{bc}
HG6	细紧卷曲、黑褐较润显金毫、锋毫尚完整 22.5±0.43 ^a	红明亮 9.2±0.06 ^a	甜香带高火香 22.1±0.38 ^b	甜醇尚爽 26.9±0.62 ^b	红亮 9.2±0.06 ^a	90.0±0.17 ^{cd}

势,同时 120 ℃ 毛火也有利于清除发酵叶的青草气,因此对于毛火温度固定在 120 ℃,对于足火温度进行左右调整。设置 C 为足火温度,其三个水平处理为 C₁(70±2 ℃)、C₂(80±2 ℃)、C₃(90±2 ℃)。

2.3.2 不同干燥方式红茶内含成分分析 不同干燥方式处理所制‘巴山早’紫色芽叶红茶内含成分测定结果如表 8 所示,6 个干燥处理所制红茶的主要内含成分含量差异显著($P<0.05$)。对比两种干燥方式对红茶主要内含成分含量的影响,先炒后烘方式的咖啡碱含量均低于全烘干燥方式,这是因为先炒后烘方式中的炒制温度较全烘干燥方式的高,从而导致咖啡碱的升华量增大;其次两种干燥方式对茶色素含量的影响也较明显,特别是茶红素和茶褐素含量,全烘干燥方式处理的茶红素含量显著高于先炒后烘干燥方式,而先炒后烘干燥方式的茶褐素含量均高于全烘干燥方式,由此可以看出先炒后烘干燥方式容易导致茶褐素的积累,不利于红茶品质,采用全烘干燥方式更利于红茶品质。HG3 的氨基酸、可溶性糖、水浸出物、茶黄素和茶红素含量均显著($P<0.05$)高于其他处理,且 HG3 的 TFRB 值为 1.1,说明 HG3 内含成分组成协调合理,内含品质成分最优。

2.4 红茶关键工序正交试验结果

根据上述的单因素实验,设计出 L₉(3⁴)正交试验,其它加工工艺固定,保证试验环境和试验设备等要求保持一致。本试验以感官审评评分为评判指标,筛选分析最优‘巴山早’紫色芽叶红茶参数组合。

‘巴山早’紫色芽叶红茶关键加工技术正交试验

感官审评结果如表 9 所示。由表 9 可知,正交试验各处理中,A₃B₁C₃ 的感官评分最高为 92.83±0.19,其外形细紧卷曲、黑褐油润显金毫,汤色红明亮,香气嫩甜香高长有花香,滋味甜醇鲜爽,叶底红明亮。

‘巴山早’紫色芽叶绿茶正交试验结果如表 10 和表 11 所示,在‘巴山早’紫色芽叶红茶加工过程中,就萎凋、发酵、干燥三种工艺在试验中所设定的三个水平而言,对成茶品质影响主次作用为 B(发酵时间)>C(干燥温度)>A(萎凋时间),三个因素中最优水平分别为 A₃(萎凋 21 h)、B₁(发酵 4.5 h)、C₁(干燥方式:毛火 120 ℃,足火 70 ℃烘至足干)。

综上所述,‘巴山早’紫色芽叶红茶最佳工艺为:鲜叶→萎凋(萎凋时间 21 h)→揉捻(揉捻时间 60 min)→发酵(发酵温度 28 ℃,湿度 95% 以上,时间 4.5 h)→毛火(烘箱 120℃ 左右,含水率降至 20%~25% 左右)→足火(70 ℃ 至足干)。

2.5 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶品质对比评价

2.5.1 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶感官审评结果比较分析及正交试验验证 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶(对照)感官审评结果如表 12 所示,紫色芽叶红茶(A₃B₁C₁)的感官审评评分为 92.92±0.26,高于 A₃B₁C₃ 的 92.83±0.19,这验证了正交试验的结果。紫色芽叶红茶高于绿色芽叶红茶的 90.52±0.59,外形因子上紫色芽叶红茶的光泽油润度要优于对照;汤色因子中紫色芽叶红茶在透明度上要优于对照;紫色芽叶红茶在香气因子中表现为“嫩甜香高长带花香”,

表 8 不同干燥方式紫色芽叶红茶主要内含成分含量比较

Table 8 Comparison of main components in purple bud leaf black tea with different drying methods

茶样	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	水浸出物(%)	咖啡碱(%)	茶黄素(%)	茶红素(%)	茶褐素(%)	TFRB
HG1	11.76±0.09 ^d	3.12±0.01 ^d	2.84±0.02 ^c	39.92±0.23 ^c	4.17±0.02 ^a	0.25±0.002 ^c	3.46±0.002 ^b	3.63±0.02 ^c	1.02
HG2	12.21±0.04 ^c	3.27±0.05 ^{bc}	3.02±0.09 ^c	38.29±0.22 ^d	3.98±0.01 ^b	0.28±0.002 ^d	3.44±0.02 ^b	3.57±0.01 ^d	1.04
HG3	12.66±0.08 ^b	3.45±0.03 ^a	3.34±0.05 ^a	42.26±0.21 ^a	3.84±0.01 ^c	0.32±0.002 ^a	3.57±0.01 ^a	3.55±0.01 ^d	1.10
HG4	12.25±0.09 ^c	3.22±0.05 ^c	2.95±0.08 ^{cd}	40.43±0.46 ^{bc}	3.83±0.01 ^{cd}	0.29±0.001 ^c	3.13±0.03 ^d	3.77±0.03 ^b	0.91
HG5	12.56±0.08 ^b	3.30±0.02 ^b	3.21±0.02 ^b	38.68±0.02 ^d	3.82±0.01 ^d	0.30±0.003 ^b	3.30±0.04 ^c	3.81±0.02 ^a	0.94
HG6	13.07±0.10 ^a	3.26±0.03 ^{bc}	2.91±0.03 ^{de}	40.94±0.53 ^b	3.71±0.004 ^c	0.31±0.002 ^b	3.29±0.03 ^c	3.64±0.02 ^c	0.99

表 9 正交试验紫色芽叶红茶感官审评结果

Table 9 Sensory evaluation results of purple bud black tea by orthogonal test

茶样	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
A ₁ B ₁ C ₁	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红明亮	嫩甜香高长带花香	甜醇爽口	橙红明亮	92.82±0.40 ^a
	22.8±0.25 ^a	9.4±0.06 ^a	23.5±0.25 ^a	27.9±0.52 ^{ab}	9.2±0.15 ^a	
A ₁ B ₂ C ₂	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红明亮	嫩甜香高长	甜醇较爽	红明亮	91.58±0.40 ^{bc}
	22.8±0.43 ^a	9.3±0.12 ^{ab}	23.5±0.25 ^{abc}	27.3±0.30 ^{bc}	9.2±0.10 ^a	
A ₁ B ₃ C ₃	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红亮	嫩甜香	醇和	红亮	89.83±0.40 ^e
	22.8±0.50 ^a	9.1±0.15 ^c	22.5±0.29 ^{bc}	26.4±0.00 ^c	9.0±0.06 ^b	
A ₂ B ₁ C ₂	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红明亮	嫩甜香高长有花香	甜醇爽口	红明亮	92.74±0.10 ^{ab}
	22.8±0.25 ^a	9.3±0.06 ^{ab}	23.5±0.25 ^{ab}	27.9±0.30 ^{ab}	9.2±0.06 ^a	
A ₂ B ₂ C ₃	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红亮	嫩甜香	甜醇较爽	红亮	90.42±0.10 ^{de}
	22.8±0.43 ^a	9.1±0.10 ^c	22.5±0.43 ^c	27±0.30 ^c	9.1±0.06 ^{ab}	
A ₂ B ₃ C ₁	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红亮	嫩甜香	甜醇较爽	红亮	91.03±0.13 ^{cd}
	22.8±0.50 ^a	9.1±0.17 ^c	22.75±0.25 ^{bc}	27.3±0.30 ^{ab}	9.1±0.06 ^a	
A ₃ B ₁ C ₃	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红明亮	嫩甜香高长有花香	甜醇鲜爽	红明亮	92.83±0.19 ^a
	22.8±0.43 ^a	9.4±0.06 ^a	23.25±0.43 ^{ab}	28.2±0.52 ^a	9.2±0.10 ^a	
A ₃ B ₂ C ₁	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红亮	嫩甜香高长	甜醇爽口	红明亮	91.98±0.51 ^{ab}
	22.8±0.25 ^a	9.2±0.06 ^{bc}	23±0.5 ^{abc}	27.9±0.3 ^{ab}	9.2±0.06 ^a	
A ₃ B ₃ C ₂	细紧卷曲、黑褐油润显金毫	红较亮	嫩甜香	甜醇较爽	红亮	90.68±0.64 ^{de}
	22.8±0.5 ^a	9.0±0.06 ^c	22.5±0.5 ^c	27.3±0.52 ^{bc}	9.1±0.1 ^{ab}	

表 10 紫色芽叶红茶正交试验结果

Table 10 Orthogonal test results of purple bud leaf black tea

实验号	因素			感官审评分
	A(萎凋时间)	B(发酵程度)	C(干燥温度)	
1	A ₁	B ₁	C ₁	92.82
2	A ₁	B ₂	C ₂	91.58
3	A ₁	B ₃	C ₃	89.83
4	A ₂	B ₁	C ₂	92.74
5	A ₂	B ₂	C ₃	90.42
6	A ₂	B ₃	C ₁	91.03
7	A ₃	B ₁	C ₃	92.83
8	A ₃	B ₂	C ₁	91.98
9	A ₃	B ₃	C ₂	90.68
T ₁	274.23	278.39	275.83	$\bar{X}$ =91.55
T ₂	274.19	273.98	275	
T ₃	275.49	271.54	273.08	
$\bar{X}_1$	91.41	92.80	91.94	
$\bar{X}_2$	91.40	91.33	91.67	
$\bar{X}_3$	91.83	90.51	91.03	
R	0.43	2.28	0.92	
因素主次	B>C>A			
较优水平	A ₃	B ₁	C ₁	

对照表现为“甜香高长”,紫色芽叶红茶在香气上优于对照;滋味因子中紫色芽叶红茶的“鲜爽”味优于对照;叶底评分上紫色芽叶红茶高于对照;综上所述,

表 11 正交试验方差分析表

Table 11 Variance analysis of orthogonal test

方差来源	SS	df	MS	F	临界F值
A	0.36	2	0.18	0.95	$F_{0.05(2,2)}=19.00$
B	8.04	2	4.02	21.16 [*]	
C	1.33	2	0.66	3.47	
误差	0.39	2	0.19		
合计	10.12	8			

紫色芽叶感官品质为“外形细紧卷曲、乌黑油润显金毫,汤色红明亮,香气嫩甜香高长带花香,滋味甜醇鲜爽,叶底红明亮”,感官品质优于绿色芽叶红茶。

2.5.2 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶内含成分比较分析 表 13 为紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶主要生化成分含量比较,结果表明紫色芽叶红茶的茶多酚、氨基酸、水浸出物和咖啡碱含量高于对照,分别高 6.07%、6.96%、3.1% 和 20.2%;茶黄素和茶红素与红茶品质呈正相关^[32],紫色芽叶红茶的茶黄素和茶红素含量高于绿色芽叶红茶,分别高 58.33% 和 2.59%;紫色芽叶红茶的 TFRB 值为 1.07,说明紫色芽叶红茶内含成分组成协调合理,内含品质成分优于对照。

用 HPLC 对紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶进行儿茶素组分含量测定,结果如表 14 所示,紫色芽叶

表 12 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶感官审评结果

Table 12 Sensory evaluation results of purple bud leaf black tea and green bud leaf black tea

茶样	外形(25%)	汤色(10%)	香气(25%)	滋味(30%)	叶底(10%)	总分
紫色芽叶红茶	细紧卷曲、乌黑油润显金毫	红明亮	嫩甜香高长带花香	甜醇鲜爽	红明亮	92.92±0.26
	23.00±0.25	9.23±0.06	23.42±0.14	28.10±0.17	9.17±0.06	
绿色芽叶红茶	细紧卷曲、乌黑较润多金毫	红亮	嫩甜香高长	甜醇厚	红亮	90.52±0.59
	22.33±0.14	9.03±0.12	22.75±0.25	27.30±0.30	9.10±0.10	

表 13 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶主要内含成分测定结果

Table 13 Determination results of main components in purple and green bud leaf black tea

茶样	茶多酚(%)	氨基酸(%)	可溶性糖(%)	水浸出物(%)	咖啡碱(%)	茶黄素(%)	茶红素(%)	茶褐素(%)	TFRB
紫色芽叶红茶	12.58±0.13	3.62±0.25	2.89±0.22	37.89±0.97	4.61±0.11	0.38±0.03	3.57±0.34	3.69±0.23	1.07
绿色芽叶红茶	11.86±0.06	3.39±0.10	2.66±0.14	36.75±0.84	3.96±0.21	0.24±0.01	3.48±0.21	3.68±0.18	1.01

表 14 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶儿茶素类含量检测结果

Table 14 Detection results of catechins in purple and green bud leaf black tea

样品名称	简称	紫色芽叶红茶(mg/g)	绿色芽叶红茶(mg/g)
没食子儿茶素	GC	—	—
表没食子儿茶素	EGC	0.81±0.03	—
儿茶素	C	—	—
表儿茶素	EC	0.46±0.02	0.69±0.10
表没食子儿茶素没食子酸酯	EGCG	4.40±0.11	4.91±0.14
没食子儿茶素没食子酸酯	GCG	1.06±0.03	1.37±0.05
表儿茶素没食子酸酯	ECG	6.01±0.14	6.53±0.08
儿茶素没食子酸酯	CG	1.65±0.02	1.58±0.01
儿茶素总量		14.39±0.35	15.08±0.29

注：“—”表示未检出；表16同。

红茶的儿茶素总量比绿色芽叶红茶的低 4.58%，儿茶素总量差异不大。紫色芽叶红茶共检出 6 种儿茶素组分，分别为 EGC、EC、EGCG、GCG、ECG 和 CG；绿色芽叶红茶共检出 5 种儿茶素组分，别为 EC、EGCG、GCG、ECG 和 CG。紫色芽叶红茶中的 EC、EGCG、GCG 和 ECG 均低于绿色芽叶红茶，分别比绿色芽叶红茶低 33.33%、10.39%、22.63% 和 7.96%，紫色芽叶红茶中的 CG 比绿色芽叶红茶高 4.43%。

表 15 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶氨基酸组分含量检测结果

Table 15 Detection results of amino acid components in purple and green bud leaf black tea

呈味	种类	缩写	紫色芽叶红茶 (mg/g)	绿色芽叶红茶 (mg/g)
鲜爽味	茶氨酸	The	11.83±0.26	11.51±0.31
	谷氨酸	Glu	2.97±0.13	1.65±0.09
	天冬氨酸	Asp	2.24±0.04	2.51±0.10
	谷氨酰胺	Gln	1.33±0.02	1.96±0.03
	天冬酰胺	Asn	4.31±0.07	3.51±0.06
甜味	丝氨酸	Ser	1.44±0.01	1.03±0.01
	丙氨酸	Ala	0.45±0.01	0.35±0.00
	苏氨酸	Thr	0.61±0.01	0.60±0.00
	甘氨酸	Gly	0.08±0.00	0.08±0.00
	脯氨酸	Pro	0.87±0.03	0.66±0.01
苦味	缬氨酸	Val	1.14±0.02	0.96±0.01
	亮氨酸	Leu	0.92±0.01	0.66±0.02
	异亮氨酸	Ile	0.71±0.01	0.57±0.01
	酪氨酸	Tyr	0.55±0.01	0.68±0.02
	苯丙氨酸	Phe	1.15±0.03	1.25±0.04
苦略甜	γ-氨基丁酸	GABA	0.59±0.00	0.54±0.01
	组氨酸	His	0.17±0.01	0.14±0.00
	赖氨酸	Lys	0.95±0.03	0.70±0.01
	甲硫氨酸	Met	0.04±0.00	0.03±0.00
	合计		32.35±0.54	29.4±0.47

对紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶中的氨基酸组分进行测定，结果如表 15 所示。紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶共检测出 19 种氨基酸，紫色芽叶红茶的氨基酸组分总量比绿色芽叶红茶的氨基酸组分总量高 10.03%。进一步分析紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶中具体的呈味类型氨基酸发现，呈鲜爽味的游离氨基酸紫色芽叶红茶比绿色芽叶红茶高 7.28%，紫色芽叶红茶中呈鲜爽味的 5 种游离氨基酸含量均高于绿色芽叶红茶；紫色芽叶红茶呈甜味的 4 种游离氨基酸含量比绿色芽叶红茶高 26.84%；紫色芽叶红茶中呈苦味 5 种游离氨基酸的含量比绿色芽叶红茶中的高 8.5%。呈鲜爽味与呈甜味的氨基酸紫色芽叶红茶均高于绿色芽叶红茶，这与感官审评的结果一致。

2.5.3 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶香气组分含量比较分析 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶分离鉴定出的香气组分及含量结果见表 16，紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶的香气组分分别检测出 43 种和 40 种，共鉴定出 47 种香气化合物，其中相同的有 36 种，紫色芽叶红茶中单独存在的香气化合物有 7 种，绿色芽叶红茶中单独存在的有 4 种；紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶的香气化合物总量分别为 57.72 和 51.69 μg/g，紫色芽叶红茶的香气化合物总量比绿色芽叶红茶的高 11.67%，紫色芽叶红茶的香气化合物数量及含量均高于绿色芽叶红茶。

在紫色芽叶红茶鉴定出的香气化合物中水杨酸甲酯、橙花醇、芳樟醇、苯乙醇、2-氨基-6-甲基苯甲酸、苯乙醛、(E)-呋喃芳樟醇氧化物、顺式-莰蒲烯、月桂烯和 3-萜烯，含量排名前十位，这十种物质的含量为 44.13 μg/g，占香气化合物总含量的 76.46%，这几种成分是紫色芽叶红茶香气的主导成分；在绿色芽叶红茶中，鉴定排名前 10 的香气化合物为水杨酸甲酯、橙花醇、芳樟醇、苯乙醇、苯乙醛、2-氨基-6-甲

表 16 紫色芽叶红茶与绿色芽叶红茶香气组分含量检测结果

Table 16 Detection results of aroma components in purple and green bud leaf black tea

序号	保留时间	定性结果	分子式	定量结果(μg/g)	
				紫色芽叶红茶	绿色芽叶红茶
1	5.2202	2-氨基-6-甲基苯甲酸	C ₈ H ₉ NO ₂	3.97	3.24
2	5.7841	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	0.65	0.52
3	6.2968	月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	1.61	1.64
4	7.2401	3-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	1.58	1.48
5	7.5477	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	3.38	3.27
6	8.7473	(E)-呋喃芳樟醇氧化物	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	2.40	1.93
7	8.9114	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	5.25	4.61
8	9.3112	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	5.03	4.59
9	10.4904	6-十三醇	C ₁₃ H ₂₈ O	0.14	—
10	11.1978	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	0.18	0.16
11	11.2798	水杨酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₃	10.32	10.05
12	11.9771	柠檬醛	C ₁₀ H ₁₆ O	0.58	—
13	12.0488	1-癸醇	C ₁₀ H ₂₂ O	0.27	0.17
14	12.1924	2-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	1.03	0.94
15	12.7768	橙花醇	C ₁₀ H ₁₈ O	8.70	7.61
16	14.4378	茶螺烷	C ₁₃ H ₂₂ O	—	0.41
17	15.8938	2-甲基-丙酸3-羟基-2,2,4-三甲基戊基酯	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	0.38	0.39
18	16.1911	大马士酮	C ₁₃ H ₁₈ O	0.50	0.24
19	17.2677	α-紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	0.17	—
20	17.9034	(E)-β-金合欢烯	C ₁₅ H ₂₄	0.18	0.11
21	18.0879	(-)-异洒别烯	C ₁₅ H ₂₄	0.10	0.09
22	18.211	2,6-二叔丁基苯醌	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	0.06	0.09
23	18.334	月桂醇	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	0.40	0.21
24	18.5801	长叶蒎烯	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	—	0.05
25	18.5904	α-姜黄烯	C ₁₅ H ₂₂	0.19	—
26	18.7031	β-紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	0.66	0.53
27	18.7852	可卡醛	C ₁₃ H ₁₆ O	—	0.16
28	19.0517	α-依兰油烯	C ₁₅ H ₂₄	0.14	0.15
29	19.2465	2,4-二叔丁基苯酚	C ₁₄ H ₂₂ O	0.87	0.79
30	19.5952	顺式-菖蒲烯	C ₁₅ H ₂₂	1.89	1.57
31	19.831	罗汉柏烯	C ₁₅ H ₂₄	0.06	0.11
32	19.9848	丙二醛	C ₃ H ₄ O ₂	—	0.12
33	20.0771	A-二去氢菖蒲烯	C ₁₅ H ₂₀	0.45	0.42
34	20.4872	橙花叔醇	C ₁₅ H ₂₆ O	0.47	0.38
35	21.2869	2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	1.28	1.10
36	21.5843	肉豆蔻醛	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	0.09	0.08
37	21.9124	A-二去氢荜澄茄烯	C ₁₅ H ₂₀	0.09	0.18
38	22.0662	Δ-杜松烯	C ₁₅ H ₂₄	0.26	0.25
39	22.1892	4-乙基间二甲苯	C ₁₀ H ₁₄	0.06	—
40	22.3738	T-杜松醇	C ₁₅ H ₂₆ O	0.74	0.57
41	22.6506	A-荜澄茄醇	C ₁₅ H ₂₆ O	0.26	0.26
42	23.1017	卡达萘	C ₁₅ H ₁₈	0.67	0.90
43	23.2145	己二酸二异丁酯	C ₁₄ H ₂₆ O ₄	0.23	0.26
44	26.6083	丁酸香叶酯	C ₁₄ H ₂₄ O ₂	0.06	—
45	26.7416	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1.32	1.26
46	27.3568	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.07	—
47	27.7567	邻苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.98	0.80

基苯甲酸、(E)-呋喃芳樟醇氧化物、月桂烯、顺式-菖蒲烯和 3-萜烯,这 10 种物质的含量为 39.99 μg/g,占香气化合物总含量的 77.37%,说明这 10 种成分是绿色芽叶红茶香气的主导成分。

综上,紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶香气主导成分一样,均为水杨酸甲酯、橙花醇、芳樟醇、苯乙醇、2-氨基-6-甲基苯甲酸、苯乙醛、(E)-呋喃芳樟醇氧化物、顺式-菖蒲烯、月桂烯和 3-萜烯,但除月桂烯

外,紫色芽叶红茶其他几种化合物含量均高于绿色芽叶红茶,且紫色芽叶红茶这10种化合物含量比绿色芽叶红茶高10.35%。

3 结论

‘福鼎大白’是国家级良种,适制红茶,这在的长期生产实践过程中早已获得广大茶叶工作者的认可^[33]。所以,本次实验选‘福鼎大白’绿色芽叶作为‘巴山早’紫色芽叶的对照,能充分反映‘巴山早’紫色芽叶的制茶品质特点。‘巴山早’紫色芽叶加工的红茶,在感官品质、内含品质成分以及香气物质的组分和含量方面均优于对照‘福鼎大白’所制红茶,说明‘巴山早’紫色芽叶是能够加工出优质红茶的品种及特殊茶叶资源。本文确定了‘巴山早’紫色芽叶红茶最佳工艺为:鲜叶→萎凋(萎凋时间21 h)→揉捻(揉捻时间60 min)→发酵(发酵温度28℃,湿度95%以上,时间4.5 h)→毛火(烘箱120℃左右,含水率降至20%~25%左右)→足火(70℃至足干)。以‘福鼎大白’绿色芽叶所制红茶为对照,对比评价了‘巴山早’紫色芽叶红茶的制茶品质,结果表明:感官品质方面,紫色芽叶红茶香气明显优于对照,滋味上鲜爽味更好;内含品质成分方面,紫色芽叶红茶的氨基酸、水浸出物、茶黄素和茶红素含量显著高于绿色芽叶红茶;氨基酸组分方面,紫色芽叶红茶的氨基酸组分总量比绿色芽叶红茶高10.03%,紫色芽叶红茶呈鲜爽味与呈甜味的氨基酸均高于绿色芽叶红茶;香气组分方面,紫色芽叶红茶和绿色芽叶红茶的香气组分分别检测出43和40种,紫色芽叶红茶的香气化合物总量比绿色芽叶红茶的高11.67%,紫色芽叶红茶的香气化合物数量及含量均高于绿色芽叶红茶。综上所述,‘巴山早’紫色芽叶加工的红茶,在感官品质和内含品质成分香气物质的组分及含量方面均优于对照,这说明‘巴山早’紫色芽叶适制红茶,且品质优异。

参考文献

- [1] 佚名. 万源市富硒茶叶产业现状探析[J]. 中国茶叶, 2016, 38(12): 26-27. [Nameless. Analysis on the current situation of selenium enriched tea industry in Wanyuan City[J]. China Tea, 2016, 38(12): 26-27.]
- [2] 胡泉明. “巴山早”茶[J]. 世界农业, 2008(6): 69. [HU Q M. "Bashan Zao" tea[J]. World Agriculture, 2008(6): 69.]
- [3] 萧力争, 胡祥文, 官志华, 等. 紫色芽叶红茶适制性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(3): 545-548. [XIAO Z Z, HU X W, GONG Z H, et al. Study on the suitability of purple bud leaf black tea[J]. Research and Development of Natural Products, 2008, 20(3): 545-548.]
- [4] 郑杰, 李俊玲, 王晓, 等. 群体种茶树紫色芽叶的信阳红茶适制性研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(22): 45-48. [ZHENG J, LI J L, WANG X, et al. Study on the suitability of Xinyang black tea for mass planting of purple buds and leaves of tea[J]. Food Research and Development, 2020, 41(22): 45-48.]
- [5] 贾炼, 冯林, 黄福涛. 万源红茶加工工艺及品质提升建议[J]. 中国茶叶, 2018, 40(9): 30-32. [JIA L, FENG L, HUANG F T.

Processing technology and quality improvement suggestions of Wanyuan black tea[J]. China Tea, 2018, 40(9): 30-32.]

- [6] 纪荣全. 博罗紫芽茶适制性及其花青素组分分析[D]. 广州: 华南农业大学, 2017. [JI R Q. Suitability and anthocyanin composition analysis of Boluo purple bud tea [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2017.]
- [7] KILELE C, WANYOKO J K, FARAJ A K, et al. Optimization of manufacturing conditions of the new purple leafed kenyan teas-maceration style and withering duration[J]. International Food Research Journal, 2018, 25(2): 730-736.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23776-2018 茶叶感官审评方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018. [China National Standardization Administration. GB/T 23776-2018 Tea sensory evaluation method [S]. Beijing: China Standards Press, 2018.]
- [9] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8305-2013 茶水浸出物测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013. [National Standardization Administration of China. GB/T 8305-2013 Determination of tea extract [S]. Beijing: China Standards Press, 2013.]
- [10] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8313-2018 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018. [National Standardization Administration of China. GB/T 8313-2018 Method for determination of tea polyphenols and catechins in tea [S]. Beijing: China Standards Press, 2018.]
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8314-2013 茶游离氨基酸总量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013. [National Standardization Administration of China. GB/T 8314-2013 Determination of total free amino acids in tea [S]. Beijing: China Standards Press, 2013.]
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8312-2013 茶咖啡碱测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013. [National Standardization Administration of China. GB/T 8312-2013 Determination of caffeine in tea[S]. Beijing: China Standards Press, 2013.]
- [13] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989. [ZHONG L. Physicochemical analysis of tea quality [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989.]
- [14] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 30987-2020 植物中游离氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014. [China National Standardization Administration. GB/T 30987-2020 Determination of free amino acids in plants [S]. Beijing: China Standards Press, 2014.]
- [15] 黄意欢. 茶学试验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. [HUANG Y H. Experimental techniques of tea science [M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 1997.]
- [16] 滑金杰, 袁海波, 姚月凤, 等. 温度对茶发酵叶色及茶色素含量的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(12): 300-308. [HUA J J, YUAN H B, YAO Y F, et al. Effect of temperature on color and pigment content of fermented tea leaves[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2018, 34(12): 300-308.]
- [17] 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 P P, ZHENG P C, GONG Z M, et al. Quality analysis and comprehensive evaluation of Gongfu black tea[J]. Food Science, 2021, 42(12): 195-205.]
- [18] NIE C N, ZHONG X X, HE L, et al. Comparison of different

aroma-active compounds of Sichuan Dark brick tea and Sichuan Fuzhuan brick tea using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and aroma descriptive profile tests[J]. *European Food Research and Technology*, 2019, 245(9): 1963–1979.

- [19] DIANA P F, CARLOS E O, DEVIN G P, et al. Chemical and sensory comparison of fresh and dried lulo (*Solanum quitoense* Lam.) fruit aroma[J]. *Food Chemistry*, 2015, 169: 85–91.
- [20] 叶玉龙. 萎凋/摊放对茶叶在制品主要理化特性的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2018. [YE Y L. Effects of withering/spreading on main physical and chemical properties of tea products in process [D]. Chongqing: Southwest University, 2018.]
- [21] 刘少群, 孙彬妹, 段莹, 等. 不同萎凋程度处理对单芽红茶品质的影响[J]. *茶叶通讯*, 2015, 42(4): 30–34. [LIU S Q, SUN B M, DUAN Y, et al. Effects of different withering treatments on the quality of single bud black tea[J]. *Tea Communication*, 2015, 42(4): 30–34.]
- [22] 宋振硕, 王丽丽, 陈键, 等. 茶鲜叶萎凋过程中主要品质成分的动态变化[J]. *茶叶学报*, 2016, 57(3): 138–141. [SONG Z S, WANG L L, CHEN J, et al. Dynamic changes of main quality components during withering of fresh tea leaves[J]. *Journal of Tea*, 2016, 57(3): 138–141.]
- [23] 池玉洲, 黄林敏. 萎凋、发酵等关键工序对工夫红茶品质影响的生产实践与研究进展[J]. *福建茶叶*, 2011, 33(3): 11–14. [CHI Y Z, HUANG L M. Production practice and research progress on the impact of key processes such as withering and fermentation on the quality of Gongfu black tea[J]. *Fujian Tea*, 2011, 33(3): 11–14.]
- [24] 段红星, 邵宛芳. 红茶加工中物质变化与品质形成的关系[J]. *福建茶叶*, 2004(2): 13–14. [DUAN H X, SHAO W F. Relationship between material changes and quality formation in black tea processing[J]. *Fujian Tea*, 2004(2): 13–14.]
- [25] 袁林颖, 钟应富, 张莹, 等. 红茶萎凋技术研究现状与展望[J]. *南方农业*, 2014, 8(3): 63–67. [YUAN L Y, ZHONG Y F, ZHANG Y, et al. Research status and prospect of black tea withering technology[J]. *Southern Agriculture*, 2014, 8(3): 63–67.]
- [26] ROBERTS G R, SANDERSON G W. Changes undergone by free amino-acids during the manufacture of black tea[J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2010, 17(4): 182–188.
- [27] 杨娟, 袁林颖, 李中林, 等. 重庆工夫红茶发酵工序条件初报[J]. *中国茶叶加工*, 2018, 154(4): 55–59. [YANG J, YUAN L Y, LI Z L, et al. Preliminary report on fermentation process conditions of Chongqing Gongfu black tea[J]. *China Tea Processing*, 2018, 154(4): 55–59.]
- [28] 吴学进, 陈克, 揭国良, 等. 红茶加工过程萎凋和发酵工序技术研究进展[J]. *中国茶叶加工*, 2018(4): 17–23. [WU X J, CHEN K, JIE G L, et al. Research progress of withering and fermentation process technology in black tea processing[J]. *China Tea Processing*, 2018(4): 17–23.]
- [29] 王秋霜, 凌彩金, 乔小燕, 等. 萎凋及发酵时间对广东丹霞红茶香气及品质的影响[J]. *茶叶科学*, 2019, 39(3): 342–354. [WANG Q S, LING C J, QIAO X Y, et al. Effects of withering and fermentation time on aroma and quality of Guangdong Danxia black tea[J]. *Tea Science*, 2019, 39(3): 342–354.]
- [30] 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.
- [31] 罗小梅, 邓慧群, 林国轩, 等. 桂香 22 号工夫红茶发酵过程中的品质变化[J]. *西南农业学报*, 2015, 28(5): 2232–2235. [LUO X M, DENG H Q, LIN G X, et al. Quality changes of Guixiang 22 Gongfu black tea during fermentation[J]. *Southwest Agricultural Journal*, 2015, 28(5): 2232–2235.]
- [32] 张雁飞, 李立祥, 张小福, 等. 冷冻对红茶品质的影响[J]. *茶叶科学*, 2013(4): 370–376. [ZHANG Y F, LI L X, ZHANG X F, et al. Effect of freezing on the quality of black tea[J]. *Tea Science*, 2013(4): 370–376.]
- [33] 郑斯林. 四川引种青心乌龙品种夏秋红茶加工工艺研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2016. [ZHENG S L. Study on the processing technology of Xiaqiu black tea [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2016.]