

茉莉绿碎茶窈花工艺的优化及理化品质改善

叶飞¹, 桂安辉¹, 刘盼盼¹, 王胜鹏¹, 胡善斌², 雷大焰³, 韩汉山⁴, 杨齐国⁵, 高士伟^{1*}, 郑鹏程^{1*}

(1. 湖北省农业科学院果树茶叶研究所, 湖北武汉 430064) (2. 湖北裕德茶叶有限公司, 湖北黄冈 438402)

(3. 横县清雷茶业有限公司, 广西南宁 530000) (4. 武汉木兰天香实业发展有限公司, 湖北武汉 430399)

(5. 武汉绵阳山茶种植专业合作社, 湖北武汉 430332)

摘要: 为了提高茉莉绿碎茶产品品质, 以现行窈花工艺为对照, 比较分析不同工艺流程处理所制样品的感官得分、色泽品质、理化成分、香气组分和生产成本, 采用感官分析、化学计量法、顶空固相微萃取(HS-SPME)结合气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)和气相色谱-嗅觉测量方法(GC-O)技术, 对比筛选了不同窈花工艺对茉莉绿碎茶理化品质和香气组分的影响。结果表明, 经过增加窈花次数和增加提花工艺后, 所制的茉莉绿碎茶感官得分明显提高了1.92~4.25分; 干茶亮度提高了4.05%~5.20% ($p < 0.01$), 干茶和叶底色泽变红 ($p < 0.01$); 儿茶素苦涩味指数降低了2.35%~8.87%, 综合理化品质得到升高; 同时鉴定得到了茉莉绿碎茶中20种呈香成分, 其中苯甲酸甲酯、芳樟醇、乙酸苯甲酯和水杨酸甲酯的呈香强度 ≥ 3 。综合来看, “一窈一提”工艺所制茉莉绿碎茶的品质符合商品要求, 成本相对较低, 更适合实际生产的技术需要。

关键词: 茉莉绿碎茶; 窈花工艺; 色泽; 理化品质; 特征香气成分

文章编号: 1673-9078(2022)03-135-142

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.3.0670

Physico-chemical Characteristics Improvement and Scenting Process

Optimization of Jasmine Broken Green Tea

YE Fei¹, GUI Anhui¹, LIU Panpan¹, WANG Shengpeng¹, HU Shanbin², LEI Dayan³, HAN Hanshan⁴,
YANG Qiguo⁵, GAO Shiwei^{1*}, ZHENG Pengcheng^{1*}

(1. Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China)

(2. Hongan Yude Co. Ltd., Huanggang 438402, China) (3. Hengxian Qinglei Co. Ltd., Nanning 530000, China)

(4. Mulan Tianxiang Co. Ltd., Wuhan 430399, China)

(5. Wuhan Mianyang Mountain Tea Planting Professional Cooperative, Wuhan 430332, China)

Abstract: In order to improve the jasmine broken green tea quality, four different scenting processes and the sensory qualities, chemical components, aroma and cost of jasmine broken green tea were compared in present paper. Results indicated that the sensory scores were significantly enhanced from 1.92 to 4.25 points with the number of scenting flowers increasing and flower extraction process adding, the lightness of tea and brew also improved from 4.05% to 5.20%, but the color of tea and infused tea become red ($p < 0.01$); the catechin astringent index decreased from 2.35% to 8.87% ($p < 0.01$). The 20 characteristic aroma components were revealed and identified by the headspace solidphase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography mass spectrometry olfactometry (GC-MS-O) analysis, such as methyl benzoate, linalool, benzyl acetate and methyl salicylate, those aroma intensity was larger than 3. Overall, the quality of jasmine broken green tea produced by one scenting and final scenting process meets the requirements of commodities, and the cost is relatively low, which could be used

引文格式:

叶飞, 桂安辉, 刘盼盼, 等. 茉莉绿碎茶窈花工艺的优化及理化品质改善[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 135-142

YE Fei, GUI Anhui, LIU Panpan, et al. Physico-chemical characteristics improvement and scenting process optimization of jasmine broken green tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(3): 135-142

收稿日期: 2021-06-24

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(财政部和农业农村部, CARS-19); 湖北农业科技成果转化资金项目(2020BBB042)

作者简介: 叶飞(1983-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 茶叶加工, E-mail: yf421@163.com

通讯作者: 高士伟(1979-), 男, 研究员, 研究方向: 茶叶加工, E-mail: 65181136@qq.com; 共同通讯作者: 郑鹏程(1985-), 男, 副研究员, 研究方向: 茶叶加工, E-mail: zpct15@163.com

for broken green tea production.

Key words: Jasmine broken green tea; scenting process; color; physical and chemical quality; aroma components

在现代快节奏的生活中,袋泡茶因其冲泡方便,也有益于身体健康^[1],在英美等西方国家,袋泡茶消费居首位^[2],近年来中国袋泡茶消费也呈上升趋势。袋泡茶原料主要有红碎茶、绿碎茶和花茶等^[3,4],国内红碎茶的加工设备^[5]、工艺优化^[6-16]方面的研究相对较多,滋味和香气品质化学方面取得了显著进展^[17],系列新产品^[18,19]得以成功研发,红碎茶产业快速发展。中国是绿茶第一大国,湖北省茶园面积、茶叶产量均位居全国前列,建有国内最大的有机绿碎茶生产基地^[20],绿碎茶出口也成为湖北省茶产业的亮点,但绿碎茶的研究却相对滞后^[21-23]。实际调查发现,绿碎茶一般是以老嫩混杂的机采茶鲜叶为原料所制而成,滋味带粗涩,香气平淡,理化品质是茶叶感官品质的物质基础^[24],如何改善茶叶理化品质,从而提高茶叶香气和滋味的感官品质,一直是业内的研究重点^[25,26]。

窈花是将茶叶和茉莉鲜花进行拼和,茶叶吸收花香的窈制过程,所制茉莉花茶的香气品质得到了明显提高,最终以其清新优雅的花香而备受消费者青睐^[27,28]。但是茶叶在窈花过程中,受到窈制次数、工艺和成本等的影响,茉莉绿碎茶的香气品质也有所不同^[29-31],为了进一步提高茉莉绿碎茶的产品品质,本研究以绿碎茶为原料,比较不同窈花工艺处理对茉莉绿碎茶理化品质的影响,采用顶空固相微萃取(HS-SPME)结合气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)和气相色谱-嗅觉测量方法(GC-O),分析茉莉绿碎茶特征香气呈香强度的变化,旨在探究湖北茉莉绿碎茶关键理化品质和特征呈香成分变化,提高产品品质,为茉莉绿碎茶品质提升和加工工艺提供理论基础和技术支持。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

以福鼎大白品种的茶树鲜叶所制的绿碎茶为原料

(湖北裕德茶叶有限公司),茉莉鲜花采自横县清雷茶业有限公司(广西壮族自治区横县横州镇)茉莉花基地。

1.2 仪器与设备

手动 SPME 进样器、50/30 μ m DVB/CAR/PDMS 固相微萃取头,美国 Supeclo 公司;7890A GC 仪、5975C MS 仪、HB-5MS (30 m \times 0.32 mm, 0.25 μ m) 弹性石英毛细管柱,美国 Agilent 公司;Milli-RO PLUS 30 纯水机,法国 Millipore 公司。

1.3 方法

1.3.1 茉莉绿碎茶制备

以现行工艺为对照,重点针对窈花次数和提花工艺,窈花量及各窈次比例见表 1,其中以开放度 90% 以上、开放率 80% 以上的茉莉鲜花为窈花原料,堆高 25 cm,窈花时间 12 h;提花以饱满成熟的优质茉莉鲜花为原料,开放度达到 95% 左右,堆高 20 cm,时间 6 h,提花量 8%。最后比较不同处理所制茉莉绿碎茶的感官品质、色泽、理化成分和香气组分。

1.3.2 感官和理化品质分析

茶叶感官品质:采用 GB/T 23776-2018 方法^[32];茶多酚含量检测方法采用 GB/T 8313-2008^[33];游离氨基酸总量的检测方法采用 GB/T 8314-2013^[34];可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[35];干茶和茶汤色泽:色差法测定(光源 D65,角度 4 $^{\circ}$),汤色采取 3 g 茶叶加 150 mL 沸水冲泡 4 min,过滤后用专用比色皿测^[36]。

1.3.3 SPME-GC-MS 分析

香气成分:采用 GC/MS 分析测定,准确称取 3.0 g 茶样放入萃取瓶中,加入 90.0 mL 沸水,加入 2.00 μ L 的内标(90 mg/L 癸酸乙酯),然后将装有 50/30 μ m DVB/CAR/PDM 萃取头,SPME 手持器通过瓶盖的橡皮垫插入到萃取瓶中,在 50 $^{\circ}$ C 水浴中平衡 10 min,吸附 50 min 后,取出并立即插入 GC 仪的进样口中,解吸附 3 min,同时启动仪器收集数据。

表 1 茉莉绿碎茶窈花工艺参数

Table 1 Equipments and parameters of broken green tea processing

处理	具体处理	窈花量/%	窈花量分配比例	提花量/%
对照	绿碎茶 \rightarrow 窈花 1 次	35	35	0
处理 1	绿碎茶 \rightarrow 窈花 1 次 \rightarrow 提花	35	35	8
处理 2	绿碎茶 \rightarrow 窈花 2 次 \rightarrow 提花	35	20+15	8
处理 3	绿碎茶 \rightarrow 窈花 3 次 \rightarrow 提花	35	20+10+5	8

GC 条件: HB-5MS (30 m×0.32 mm, 0.25 μm) 弹性石英毛细管柱, 进样口温度 240 °C, 载气为高纯氦气, 流速 1.0 mL/min。柱温程序: 50 °C 保持 5 min, 以 3 °C/min 升至 180 °C 保持 2 min, 然后以 10 °C/min 升至 250 °C 保持 3 min。MS 条件: 电子电离能量为 70 eV; 质量扫描范围为 50~600 u; 离子源温度为 230 °C; 四极杆温度为 150 °C; MS 传输线温度为 280 °C。利用 NIST11.L 谱库比对得到的质谱图进行串连检索和人工解析, 质谱匹配度大于 90% 作为物质鉴定标准^[37]。

GC-O 分析: 氮气流量 1.45 mL/min; 输出温度 250 °C; 出口温度 200 °C。分析方法^[38,39]: 香气强弱分别用 5 个等级表示, 范围从 0~4 分别为无、微弱、中等、较强、最强。嗅闻过程中记录以下指标: 保留时间、强度值和呈味描述。每人对单个样品重复 2 次, 如有任何一人对某香气化合物 2 次描述强度值均为 0, 则认为该物质强度值为 0。若无均为 0 情况, 则最终强度值取 3 次平均值。

1.4 数据处理

数据经 Excel 和 SPSS 23.0 处理。

2 结果与分析

2.1 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的感官品质结果

感官审评结果 (表 2) 发现: 相比对照, 经过增

表 2 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的感官品质结果

Table 2 Sensory qualities and scores of broken green tea by different scenting process

处理	总分	外形	汤色	香气	滋味	叶底
对照	80.38	颗粒尚紧, 黄绿稍枯 80	黄尚明 80	较纯, 略粗 81.5	较浓, 略涩 80	稍粗老, 较绿稍暗 80
处理 1	82.30	颗粒尚紧, 黄稍枯 80	黄尚明 79	尚浓, 略粗 85	较浓, 微青涩 83	稍粗老, 黄绿稍暗 80
处理 2	83.73	颗粒尚紧, 黄稍枯 80	黄 78	较浓, 略甜 86.5	较醇, 略甜 88	稍粗老, 黄绿稍暗 80
处理 3	84.63	颗粒尚紧, 黄稍枯 80	黄 78	较浓, 略甜 88.5	较醇, 略甜 89	稍粗老, 黄绿稍暗 80

表 3 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的色泽品质结果

Table 3 Color qualities of broken green tea by different scenting process

处理	干茶色泽		茶汤色泽		叶底色泽	
	L	b/a	L	b/a	L	b/a
对照	34.85±0.16 ^{Bb}	12.74±0.31 ^{Aa}	88.94±0.10 ^{Aa}	-10.61±0.12 ^{Aa}	25.27±0.01 ^{Aa}	11.38±0.13 ^{Aa}
处理 1	36.50±0.20 ^{Aa}	12.70±0.32 ^{Aa}	87.81±0.07 ^{Bb}	-10.71±0.29 ^{Aa}	24.49±0.15 ^{Bb}	10.32±0.30 ^{Bb}
处理 2	36.32±0.22 ^{Aa}	11.72±0.05 ^{Bb}	87.71±0.01 ^{BCbc}	-10.77±0.11 ^{Aa}	23.83±0.14 ^{Cc}	10.26±0.11 ^{Bb}
处理 3	36.76±0.37 ^{Aa}	11.20±0.21 ^{Bc}	87.61±0.02 ^{Cc}	-11.68±0.06 ^{Bb}	23.71±0.12 ^{Cc}	9.37±0.17 ^{Cc}

注: 大写字母和小写字母分别表示 Duncan's 新复极差 (SSR) 在 $p<0.01$ 和 $p<0.05$ 水平下的差异显著性, 字母不同表示差异显著。

加窈花次数和提花处理后, 所制的茉莉绿碎茶香气由较纯略粗变为较浓略甜, 香气得分提高了 3.5~7 分, 滋味由较浓略涩转化为较醇略甜, 滋味得分提高了 3~9 分, 外形和叶底的得分没有变化, 汤色色泽品质有所降低, 汤色降低了 1~2 分, 分析是茉莉绿碎茶在窈花过程中, 增加窈花次数和提花处理, 改善了滋味和香气中的相关成分, 综合得分提高了 1.92~4.25 分, 所制产品的感官品质得到了明显提高。

2.2 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的色泽品质结果

茶叶色泽结果 (表 3) 发现, 相比对照, 经过增加窈花次数和提花处理后, 所制茉莉绿碎茶的干茶色泽的 L 值升高了 4.05%~5.20% ($p<0.01$), b/a 值显著降低了 0.32%~13.75% ($p<0.01$); 茶汤的 L 值和 b/a 值也都显著降低 ($p<0.01$); 叶底的 L 和 b/a 值都显著降低 ($p<0.01$), 说明窈花 3 次处理的茉莉绿碎茶干茶的亮度最大, 色泽最红; 茶汤和叶底最暗和最红, 说明增加窈花次数, 提高了干茶的亮度, 但是干茶变红; 茶汤和叶底变暗变红, 推测增加窈花次数后, 茶坯被反复摩擦, 去除部分表面的茶毫后, 干茶亮度增加, 同时茶坯在窈花过程中反复受到湿热作用, 导致干茶和叶底的色泽变暗变红。综合色泽品质的检测结果, 发现增加窈花次数后, 茉莉绿碎茶的干茶亮度有所增加, 但色泽变红, 汤色和叶底变暗变红, 干茶和和汤色的色泽品质降低, 印证了感官审评结果。

表 4 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的理化品质结果

Table 4 Physical components qualities of broken green tea by different scenting process

处理	茶多酚/%	游离氨基酸/%	可溶性糖/%	非酯性儿茶素/%	酯型儿茶素/%	苦涩味指数
对照	18.71±0.16 ^{Aa}	2.35±0.012 ^{Aa}	7.86±0.15 ^{Aa}	2.28±0.01 ^{Cc}	4.64±0.03 ^{Aa}	11.05±0.10 ^{Aa}
处理 1	16.48±0.24 ^{Bb}	2.34±0.014 ^{Aa}	7.71±0.13 ^{Aa}	2.63±0.02 ^{Aa}	4.29±0.02 ^{Bb}	10.79±0.12 ^{Bb}
处理 2	16.13±0.35 ^{Bbc}	2.40±0.046 ^{Aa}	7.76±0.03 ^{Aa}	2.65±0.01 ^{Aa}	3.89±0.03 ^{Cc}	10.13±0.10 ^{Cc}
处理 3	14.81±0.18 ^{Bc}	2.40±0.103 ^{Aa}	7.85±0.03 ^{Aa}	2.38±0.02 ^{Bb}	3.69±0.05 ^{Dd}	10.07±0.18 ^{Dd}

2.3 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶的理化品质结果

质结果

茶叶中的茶多酚及其儿茶素、氨基酸和可溶性糖等是滋味品质的重要物质，儿茶素苦涩味指数是衡量滋味的重要指标^[39-41]。比较常规理化结果（见表 4）发现，相比对照，经过增加窈花次数和提花处理后，所制茉莉绿碎茶的茶多酚显著降低（ $p<0.01$ ），游离氨基酸和可溶性糖含量变化不大，非酯性儿茶素含量先升后降，处理 2 的非酯性儿茶素含量最高（ $p<0.01$ ），酯性儿茶素含量降低，处理 3 的酯性儿茶素含量和苦涩味指数最低（ $p<0.01$ ），说明处理 3 的儿茶素组成和苦涩味优于其他处理，推测是茉莉绿碎茶在前期窈花过程中，反复受到水解和氧化作用，呈苦涩味的酯性儿茶素降解，呈鲜爽滋味的非酯性儿茶素含量升高，茶叶滋味品质得到改善，与感官审评结果一致。

2.4 茉莉绿碎茶香气成分呈香特性分析

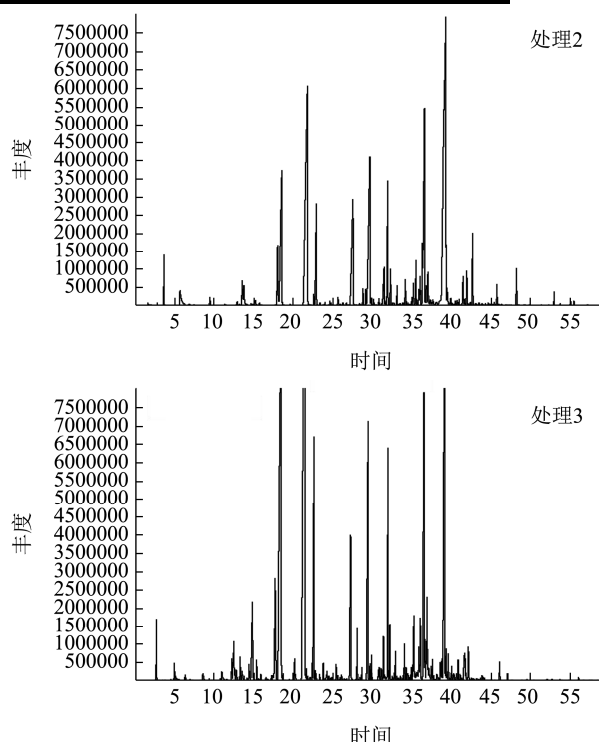
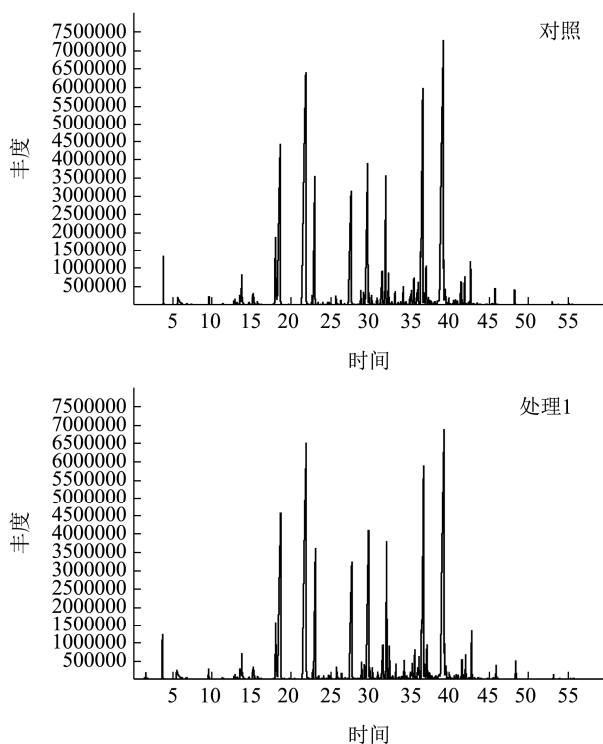


图 1 不同窈花处理所制绿碎茶中挥发性成分的总离子流图

Fig.1 Total ion flow chart of aroma components from samples by different Scenting processes

茉莉花香是茶叶消费者偏爱的香型之一，现有研究认为 3-己烯-1-醇、苯甲醇、芳樟醇、苯乙醇、乙酸叶醇酯等 12 种成分是茉莉花茶的特征香气主体^[27-31]，安会敏^[30]研究发现芳樟醇、乙酸叶醇酯、水杨酸甲酯和 α -法呢烯与茉莉花茶感官品质得分呈明显正相关（ $r>0.95$ ），本次试验采用 GC-MS 方法，检测分析了不同处理的茉莉绿碎茶样品的特征香气组分，结果（表 5 和图 1）发现：不同于其他研究^[30,42,43]，本次试验分析鉴定出 20 种强度较高的香气成分（表 5），包括醛类、酮类、醇类、烯类、酯类等化合物，随着增加窈花次数和提花工艺，其中香气强度较高（强度 ≥ 2 ）的成分有甲基庚烯酮、苯甲酸甲酯、芳樟醇、乙酸苯甲酯、水杨酸甲酯、顺 3 己烯醇丁酸酯、癸醛、吡啶、邻氨基苯甲酸甲酯、萜烯茄油烯、2,6 二甲基 5 庚烯醛、石竹烯、 α -紫罗酮、反香叶基丙酮和 β -紫罗酮；香气强度 ≥ 3 的成分有苯甲酸甲酯（3.5）、芳樟醇（3）、乙酸苯甲酯（4）和水杨酸甲酯（3），推测分析上述香气

成分主要是茉莉绿碎茶高强度的主要呈香成分,也是茉莉绿碎茶浓郁鲜爽香气的物质基础,同时也说明某些含量较高的香气成分并不一定是茉莉绿碎茶香气的贡献者。

2.5 不同窈花流程成本和感官品质的比较

以同一绿碎茶为原料,并比较了不同窈花流程所需用花量、人工成本和所制产品的特点,结果(表6)发现,传统茉莉绿碎茶的用花量和加工成本最少,感官品质最低,经过增加窈花次数和提花处理后,所制茉莉绿碎茶的感官品质明显改善,总得分提高了

1.825~4.250分,总得分都在82分以上,达到了商品茶的品质要求;用花量从35%提高到43%,人工成本从9元升高到10.7~14.7元,综合来看,处理1所制茉莉绿碎茶的品质已经达到了商品茶的要求,同时加工成本相对较低,更符合实际生产的技术需要。张俊杰^[31]研究发现,五窈一提所制茉莉花茶香气的理化品质最高,且品质随着窈制次数的增加而增加,与本研究结果一致,且本次试验发现一窈一提效果较好,推测是因为采用的茶坯为机采绿碎茶,理化品质相对较低,且受到加工成本和商品定价的影响,不宜多次窈花。

表5 不同窈花处理所制茉莉绿碎茶样品中特征挥发性成分的强度值

Table 5 The variations of values of aroma components in broken green tea by different scenting process

序号	保留时间/min	特征香气组分	香气特征	香气强度值			
				对照	1	2	3
1	6.33	顺-3-己烯醇	花香	0.5	1	1	1
2	12.80	甲基庚烯酮	果香	0.5	1	1.5	2
3	113.77	(E)-3-己烯-1-醇乙酸酯	清香	1	1	1	1
4	14.71	苯甲醇	清香	1	1	1	1
5	18.40	苯甲酸甲酯	愉悦的轻花香	1	2.5	3	3.5
6	18.45	芳樟醇	愉悦的淡花香	1	2.5	3	3
7	20.40	樟脑	薄荷味	1	1	1	1
8	21.25	乙酸苯甲酯	愉悦的浓花香	1	3.5	4	4
9	22.68	顺-3-己烯醇丁酸酯	薄荷气味	1	2	2.5	2.5
10	22.87	水杨酸甲酯	甜香	1	2.5	3	3
11	23.46	癸醛	果香、桔皮香	1	1.5	2	2
12	27.30	吲哚	淡花香	0.5	1.5	2	2
13	29.44	邻氨基苯甲酸甲酯	花香	1	2	2	2
14	29.73	萜烯茄油烯	刺鼻	1	1.5	1.5	2
15	31.47	2,6-二甲基-5-庚烯醛	花香,清香	0.5	1	1.5	2
16	32.82	石竹烯	淡花香	0.5	1	1.5	2
17	33.19	α -紫罗酮	玫瑰香	0.5	1	1.5	2
18	34.21	反香叶基丙酮	淡花香	1	0	1	1
19	35.53	β -紫罗酮	玫瑰香	1	1	2	2
20	36.49	α -法尼烯	甜花香	1	1	1	1

表6 不同窈花流程所需配花量及成本的比较结果

Table 6 Effects comparison of different scenting process of broken green tea

项目	不同工艺流程			
	对照	处理1	处理2	处理3
用花量	35%	43%	43%	43%
加工成本/(元/kg)	9.0	10.7	12.7	14.7
香气特点	透青粗味显	花香尚浓	花香较浓略甜	花香较浓略甜
滋味特点	平和粗麻涩	较浓微青涩	较醇略甜	较醇略甜
感官得分	80.38	82.30	83.73	84.63

注:窈花1次和提花的人工成本按2元/kg,茉莉花价格按20元/kg测算。

3 结论

3.1 比较了不同窈花工艺对茉莉绿碎茶品质的影响,发现增加窈花次数和增加提香工艺后,所制产品相比对照,感官综合得分较对照提高 1.92~4.25 分,感官品质得到明显提高,考虑到且本次试验采用的茶坯为机采绿碎茶,理化品质相对较低,且受到加工成本和商品定价的影响,不宜多次窈花。

3.2 本研究发现经过增加窈花次数和提花处理后,所制茉莉绿碎茶的茶多酚、酯性儿茶素含量和苦涩味指数减低 ($p < 0.01$),滋味品质得到改善,与感官审评结果一致;本研究分析鉴定得到了20种呈香成分,其中苯甲酸甲酯、芳樟醇、乙酸苯甲酯和水杨酸甲酯的呈香强度 ≥ 3 ,也是茉莉绿碎茶香气的的主要贡献者。

3.3 与传统茉莉绿碎茶工艺相比,新工艺的用花量从提高了 8%以上,人工成本也升高了 1.7 元/kg,所制茉莉绿碎茶的感官品质明显改善,总得分提高了 1.83 分以上,总得分都在 82 分以上,达到了商品茶的品质要求,综合以上试验结果,茉莉绿碎茶的窈花新工艺有效改善了产品品质,加工成本相对较低,更符合实际生产的技术需要,可以作为一种提高湖北茉莉绿碎茶产品品质和经济效益的有效技术手段。

参考文献

- [1] 陈宗懋. 饮茶与健康的起源和历史[J]. 中国茶叶, 2018, 40(10): 1-3
CHEN Zongmao. The origin and history of tea drinking and health [J]. China Tea, 2018, 40(10): 1-3
- [2] 徐永成. 世界茶业经贸变化与特点[J]. 中国茶叶, 2004, 3: 4-6
XU Yongcheng. Characteristics and changes of tea economy and trade in the world [J]. China Tea, 2004, 3: 4-6
- [3] 周小露, 陈崇俊, 冉莉莎, 等. 复合茯砖袋泡茶的配方优化及安全性评价[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4): 210-219
ZHOU Xiaolu, CHEN Chongjun, RAN Lisha, et al. Formulation optimization and safety evaluation of the compound Fuzhuan tea bag [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(4): 210-219
- [4] 张娇, 蒋倩倩, 张伯言, 等. 基于 AHP-CRITIC 法正交优选乌甘袋泡茶提取工艺及抗炎作用研究[J]. 中草药, 2020, 51(8): 2177-2184
ZHANG Jiao, JIANG Qianqian, ZHANG Boyan, et al. Study on extraction process and anti-inflammatory effect of Wugan tea based on AHP-CRITIC analysis [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2020, 51(8): 2177-2184
- [5] 周文兵. 红碎茶 CTC 齿辊微机数控加工车床的方案设计[J]. 福建茶叶, 2019, 41(4): 8-9
ZHOU Wenbing. Design of CNC lathe machine for CTC broken black tea processing [J]. Fujian Tea, 2019, 41(4): 8-9
- [6] 冯红钰, 黄建国, 阳景阳, 等. 桂香红碎茶加工技术研究[J]. 中国热带农业, 2020, 1: 47-51
FENG Hongyu, HUANG Jianguo, YANG Jingyang, et al. Process research of *Osmanthus fragrans* broken black tea [J]. China Tropical Agriculture, 2020, 1: 47-51
- [7] DB 52/T 640~2010. 贵州红茶红碎茶加工技术规程[S]
DB 52/T 640~2010. Guizhou black tea technical specifications for processing of broken black tea [S]
- [8] 张维成. 浅谈云南大叶种 CTC 红碎茶加工技术[J]. 中国茶叶, 2011, 33(8): 23-24
ZHANG Weicheng. Introduction of CTC black broken tea processing [J]. China Tea, 2011, 33(8): 23-24
- [9] 刘洪林, 曾艺涛, 赵欣. HS-SPME-GC-MS 对传统红碎茶和 CTC 红碎茶挥发性化合物分析和比较[J]. 食品科学, 2019, 40(18): 248-252
LIU Honglin, ZENG Yitao, ZHAO Xin. Comparative analysis of volatile profiles orthodox black teas and CTC black teas using HS-SPME-GC-MS [J]. Food Science, 2019, 40(18): 248-252
- [10] 杨盛美, 唐一春, 段志芬, 等. 云南茶树品种与肯尼亚茶树品种的红碎茶品质成分比较研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(22): 136-141
YANG Shengmei, TANG Yichun, DUAN Zhifen, et al. Broken black tea varieties from Yunnan and Kenya: a comparison study on quality components [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(22): 136-141
- [11] 乔小燕, 李崇兴, 姜晓辉, 等. 不同等级 CTC 红碎茶生化成分分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(10): 83-89
QIAO Xiaoyan, LI Chongxing, JIANG Xiaohui, et al. Comparative analysis on chemical characteristics of different grades CTC black tea [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(10): 83-89
- [12] 陈维, 祁丹丹, 王雯雯, 等. 黄化变异对英红九号红茶香气的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(10): 231-239
CHEN Wei, QI Dandan, WANG Wenwen, et al. The effect of chlorina on the aroma of yinghong9 black tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(10): 231-239
- [13] 王智慧. 云南大叶种茶树种质资源与红碎茶品质关系研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2017
WANG Zhihui. Research on the relationship between Yunan large leaf tea germplasm resources and Yunnan broken black tea's quality [D]. Kunming: Yunan Agricultural University,

- 2017
- [14] 陈昀.不同国家区域红碎茶品质性状及其茶饮料配方研究[D].福州:福建农林大学,2015
- CHEN Yun. Research on quality of broken black tea from different countries and their formulations of tea drink [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2017
- [15] 李真,刘政权,刘紫燕,等.国外红碎茶的香气特征[J].安徽农业大学学报,2015,42(5):692-699
- LI Zhen, LIU Zhengquan, LIU Ziyang, et al. Aroma characteristic of the broken black tea abroad [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2015, 42(5): 692-699
- [16] 阳景阳,李子平,徐冬英.金萱红碎茶加工与检测分析[J].农业研究与应用,2018,31(4):36-39
- YANG Jingyang, LI Ziping, XU Dongying. Processing technology and Jinxuan broken detection analysis of black tea [J]. Agricultural Research and Application, 2018, 31(4): 36-39
- [17] 谭俊峰,郭丽,吕海鹏,等.超高压处理对红碎茶感官品质和主要化学成分的影响[J].食品科学,2008,29(9):87-91
- TAN Junfeng, GUO Li, LYU Haipeng, et al. Effect of ultra-high pressure treatment on sensory quality and main chemical components of CTC (crush, tear and curl) black tea [J]. Food Science, 2008, 29(9): 87-91
- [18] 吴国宏.花香红碎茶加工工艺及品质形成研究[D].雅安:四川农业大学,2012
- WU Guohong. Study on processing technology and quality formation of the flowers fragrant black tea [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2012
- [19] 莫小燕,李子平,梁光志,等.广西红碎茶的发展前景[J].农业研究与应用,2016,5:40-41,44
- MO Xiaoyan, LI Ziping, LIANG Guangzhi, et al. Prospect of broken black tea in Guangxi [J]. Agricultural Research and Application, 2016, 5: 40-41, 44
- [20] 中国最大的有机绿碎茶生产基地[J].茶世界,2010,7:23
- The biggest base of broken green tea in China [J]. Tea World, 2010, 7: 23
- [21] 赵文芳,张苑霞,黄亚辉,等.茶树品种及杀青工艺对绿碎茶品质的影响[J].茶叶科学技术,2011,3:10-13
- ZHAO Wenfang, ZHANG Yuanxia, HUANG Yahui, et al. Effects of different tea varieties and fixations processes on the quality of broken green tea [J]. Tea Science and Technology, 2011, 3: 10-13
- [22] 文静,王守生.新型绿碎茶初制工艺及其制茶品质分析[J].福建茶叶,2008,1:25-26
- WEN Jing, WANG Shousheng. Quality improvement and process research of the new broken green Tea [J]. Fujian Tea, 2008, 1: 25-26
- [23] 李冕路,肖文军,龚志华,等.绿碎茉莉花茶窨制技术研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2002,5:411-413,420
- LI Milu, XIAO Wenjun, GONG Zhihua, et al. Scenting techniques of jasmine tea from broken green tea [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science), 2002, 5: 411-413, 420
- [24] Liu Z, Gao L, Chen Z, et al. Leading progress on genomics, health benefits and utilization of tea resources in China [J]. Nature, 2019, 566(7742): S15-S19
- [25] 叶飞,龚自明,桂安辉,等.自动化加工生产线改善机采绿茶理化品质研究[J].农业工程学报,2019,35(3):281-286
- YE Fei, GONG Ziming, GUI Anhui, et al. Physico-chemical characteristics and quality improvement of machine picking green tea by automatic production line [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(3): 281-286
- [26] 叶飞,龚自明,桂安辉,等.湖北绿碎茶加工轻简化及理化品质改善[J].现代食品科技,2021,37(6):159-166
- YE Fei, GONG Ziming, GUI Anhui, et al. Physico-chemical characteristics improvement and process simplified of broken green tea in Hubei province [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(6): 159-166
- [27] 陈梅春,张海峰,朱育菁,等.茉莉花茶窨制过程香气形成机制的研究[J].食品安全质量检测学报,2016,7(4):1546-1553
- CHEN Meichun, ZHANG Haifeng, ZHU Yujing, et al. Formation of aroma compounds in jasmine tea during scenting process [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(4): 1546-1553
- [28] 陈梅春,朱育菁,刘波,等.窨制原料对茉莉花茶香气品质的影响[J].热带作物学报,2017,38(10):1947-1955
- CHEN Meichun, ZHU Yujing, LIU Bo, et al. Effect of raw scenting materials on the aroma quality of Chinese jasmine tea [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(10): 1947-1955
- [29] 陆宁,宛晓春,潘冬.茉莉花茶香气成分与品质之间关系的初步研究[J].食品科学,2004,25(6):93-97
- LU Ning, WAN Xiaochun, PAN Dong. Extraction and analysis of jasmine tea aroma constituents of three different grades [J]. Food Science, 2004, 25(6): 93-97
- [30] 安会敏,欧行畅,熊一帆,等.茉莉花茶特征香气成分研究[J].茶叶科学,2020,40(2):225-237
- AN Huimin, OU Xingchang, XIONG Yifan, et al. Study on the characteristic aroma components of jasmine tea [J].

- Journal of Tea Science, 2020, 40(2): 225-237
- [31] 张俊杰,傅天龙,傅天甫,等.福州茉莉花茶窈制次数与香气成分的关联分析[J].茶叶科学,2021,41(1):113-121
ZHANG Junjie, FU Tianlong, FU Tianfu, et al. Correlation analysis of scenting times and aroma components of Fuzhou jasmine tea [J]. Journal of Tea Science, 2021, 41(1): 113-121
- [32] GB/T 23776-2018.中国国家标准化管理委员会:茶叶感官审评方法[S]
GB/T 23776-2018. Standardization of Administration of the People's Republic of China: Methodology of sensory evaluation of tea [S]
- [33] GB/T 8313-2008.中国国家标准化管理委员会:茶叶中茶多酚和儿茶素含量的检验方法[S]
GB/T 8313-2008. Standardization of Administration of the People's Republic of China: Test methods of tea polyphenols and catechin content [S]
- [34] GB/T 8314-2013.中国国家标准化管理委员会:茶游离氨基酸总量的测定[S]
GB/T 8314-2013. Standardization of Administration of the People's Republic of China: Determination of total content of free amino acids in tea [S]
- [35] 叶飞,高士伟,龚自明.砂梨多酚氧化酶处理对夏秋红茶品质的影响[J].食品科学,2013,34(23):92-95
YE Fei, GAO Shiwei, GONG Ziming. Effects of *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase treatment on the quality of black tea in summer and autumn [J]. Food Science, 2013, 34(23): 92-95
- [36] 叶飞,高士伟,龚自明,等.不同品种砂梨多酚氧化酶改善夏暑宜红茶的理化品质[J].现代食品科技,2020,36(5):231-237
YE Fei, GAO Shiwei, GONG Ziming, et al. Improvement of Yihong black tea in summer by polyphenol oxidase from different *Pyrus pyrifolia* Nakai [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 231-237
- [37] 马林龙,刘艳丽,曹丹,等.湖北优良茶树品系绿茶香气成分分析[J].食品科学,2019,40(10):251-256
MA Linlong, LIU Yanli, CAO Dan, et al. Analysis of aroma components of green teas made from leaves of high-quality tea strains in Hubei province [J]. Food Science, 2019, 40(10): 251-256
- [38] Lv H P, Zhong Q S, Lin Z, et al. Aroma characterisation of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry [J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 1074-1081
- [39] 张翼鹏,廖头根,何邦华,等.基于GC-O、OAV和S型曲线法研究西梅特征香气[J].食品科学,2020,41(22):271-278
ZHANG Yipeng, LIAO Tougen, HE Banghua, et al. Identification of characteristic aroma compounds in prunes using gas chromatography-olfactometry, odor activity value and S-curve method [J]. Food Science, 2020, 41(22): 271-278
- [40] 李俊,郭晓关,庞宏宇,等.贵州绿茶中咖啡碱和儿茶素含量分析[J].茶叶科学,2012,32(6):480-484
LI Jun, GUO Xiaoguan, PANG Hongyu, et al. Contents of caffeine and catechin in Guizhou green tea [J]. Journal of Tea Science, 2012, 32(6): 480-484
- [41] 张英娜,嵇伟彬,许勇泉,等.儿茶素呈味特性及其感官分析方法研究进展[J].茶叶科学,2017,37(1):1-9
ZHANG Yingna, JI Weibin, XU Yongquan, et al. Review on taste characteristic of catechins and its sensory analysis method [J]. Journal of Tea Science, 2017, 37(1): 1-9
- [42] 卢健.茉莉花茶窈制过程中主要挥发性物质变化及工艺改进研究[D].杭州:浙江大学,2015
LU Jian. Research on the changes of volatile compounds of jasmine tea during the scenting process and technology [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015
- [43] Lin J, Chen Y, Zhang P, et al. A novel quality evaluation index and strategies to identify scenting quality of jasmine tea based on headspace volatiles analysis [J]. Food Sci Biot, 2013, 22: 331-340