

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.03.005

杨杰, 张绍绒, 张琦, 等. 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶品质的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(3): 54-69.

萎凋叶含水量对南川大树茶红茶品质的影响

杨杰¹, 张绍绒¹, 张琦¹, 张成², 罗理勇¹, 曾亮¹

1. 西南大学 食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆市南川区经济作物技术推广中心, 重庆 南川 408499

摘要: 南川大树茶是重庆的特色茶树资源, 所制红茶滋味甘醇甜爽, 甜香浓郁. 由于其叶大节间长、表皮蜡质厚等特点, 很难在萎凋过程中科学把控萎凋叶的含水量. 为明确南川大树茶红茶萎凋时的最佳含水量, 以南川大树茶春季 1 芽 2 叶为原料, 经相同加工工艺将含水量为 68%, 62% 和 56% 的萎凋叶制成红茶, 通过感官审评和熵权 TOPSIS 评价成品茶的品质特征, 并测定加工过程中的滋味、色泽和酶活变化. 结果表明: 加工过程中萎凋叶含水量与 POD 酶活性呈显著负相关($r=-0.571$), 萎凋叶含水量为 56% 时酶活性最强, 此时茶多酚、儿茶素和茶色素的变幅最大, 滋味浓厚度下降. 感官审评结果表明: 62% 含水量萎凋叶所制成品红茶与 68% 和 56% 相比, 干茶色泽黑润亮, 滋味甜醇浓厚, 香气持久纯正. 其游离氨基酸总量(6.21%)、茶红素(3.37%)、 L^* 和 a^* 值均高于 68% 和 56% 含水量萎凋叶所制红茶. 成品茶中共检测出 79 种香气物质, 62% 含水量萎凋叶所制红茶香气质量分数(3 119.61 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 高于 68% 和 56%, 其中赋予茶汤花香和果香的香叶醇、芳樟醇、橙花醇和苯乙醇质量分数高于 68% 和 56%. 进一步通过熵权 TOPSIS 法对检测到的滋味、香气成分进行综合评价, 验证表明 62% 含水量萎凋叶所制红茶综合品质最佳. 综上, 62% 含水量是南川大树茶适宜的萎凋含水量.

关键词: 南川大树茶红茶; 萎凋叶含水量; 品质; 香气成分

中图分类号: TS272; S377

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2024)03-0054-16

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of the Water Content in Withered Leaves on the Quality of *Camellia nanchuanica* Black Tea

YANG Jie¹, ZHANG Shaorong¹, ZHANG Qi¹,
ZHANG Cheng², LUO Liyong¹, ZENG Liang¹

1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Economic Crop Technology Extension Center of Nanchuan District, Nanchuan Chongqing 408499, China

收稿日期: 2023-07-24

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFD1600805); 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2020jscx-tpyzxX0009); 茶资源拓展利用功能研究室专项(2022[8]号).

作者简介: 杨杰, 硕士研究生, 主要从事茶资源综合利用与开发研究.

通信作者: 曾亮, 教授, 博士研究生导师.

Abstract: *Camellia nanchuanica* is a special tea resource of Chongqing. Black tea has a sweet and refreshing taste with a strong sweet aroma. It is difficult to manage the right degree of withering during processing because of its long internodes and thick epidermis wax of leaves. To determine the optimal moisture content for the withering of black tea of *Camellia nanchuanica*, this study collected the one-bud and two-leaf shoots in spring to process black tea with withered leaves that had moisture contents of 68%, 62%, and 56% with the same process. The taste, color, and enzyme activity were assessed during the processing. The sensory quality and entropy-weight TOPSIS analysis were employed to evaluate the black tea. The results showed that there was a significant negative correlation between the water content of withered leaves and the enzyme activity of POD ($r = -0.571$). The enzyme activity was the strongest when the water content of withered leaves was 56%. At this point, the variation of tea polyphenols, catechins and pigments were the largest, and the taste intensity decreased. The total free amino acids (6.21%), thearubigins (3.37%), L^* and a^* values of black tea from withered leaves with 62% water content were higher than those from withered leaves with 68% and 56% water contents. The results of sensory evaluation showed that the black tea made from withered leaves with 62% water content was darker and brighter than that made from leaves with 68% and 56% water contents. The taste was sweet and mellow, and the aroma was pure and lasting. A total of 79 aroma substances were detected in the black tea. The aroma mass fraction of black tea made with 62% water content leaves was 3 119.61 $\mu\text{g}/\text{kg}$, which was significantly higher than that of made from 68% and 56% water contents leaves. The mass fractions of geraniol, linalool, nerol and phenylethanol that gave the tea soup floral and fruity fragrance were higher than those of made from 68% and 56% water contents leaves. Further comprehensive evaluation of the detected taste and aroma components was conducted using the entropy weighted TOPSIS method. It was verified that the black tea made from withered leaves with a moisture content of 62% had the best overall quality. In summary, 62% moisture content is the suitable withering moisture content for *Camellia nanchuanica*.

Key words: *Camellia nanchuanica* black tea; withered Leaves water content; quality; aroma components

南川大树茶(*Camellia nanchuanica*)是重庆市南川区独特的地方大叶种品种资源,生长在海拔1 000~1 300 m之间,年平均气温13.5℃.其节间长,叶片大,芽叶肥壮,叶表面角质层厚,具有强抗寒性与抗病性.南川大树茶发芽早于当地的中小叶种^[1-2],鲜叶内含物质丰富,酯型儿茶素、咖啡碱质量分数高^[3-4],酚氨比大于8,适宜制备红茶.南川大树茶已获得国家茶叶地理标志认证和地理标志商标,是南川区重点发展的特色产业,有较高的经济利用价值.目前,对南川大树茶的研究多集中在种质资源筛选^[5-6]和扦插繁育技术^[7]方面,对南川大树茶加工研究较少,仅有红茶初制过程中物质变化的研究^[8].现有的南川大树茶红茶是借鉴小叶种和红碎茶加工制作而成^[9],加工时萎凋湿度掌握不明,萎凋时含水量或高或低与南川大树茶鲜叶特性不匹配.成品茶外形粗犷,断碎多,品质不一,无法充分发挥南川大树茶的资源优势和产业效益.

萎凋是红茶初制的第一道工序,是影响红茶外形、滋味和香气的重要环节.萎凋过程中叶片含水量逐步下降,细胞膨压降低、叶质变软,叶片弹性下降,塑性和柔软性先升后降^[10],为红茶良好外形奠定了基础;叶面积缩小和细胞膜选择性透性丧失,酶活力增强,叶片内含物质发生系列变化^[11],为红茶的滋味和香气进行物质准备.含水量是茶叶加工中的重点关注指标,其多少决定着茶叶加工的进程.萎凋叶含水量影响揉捻的成条率、破碎率^[12]及成品茶滋味、香气物质质量分数^[13].有研究表明高含水量萎凋叶所制茶叶断碎多,制茶率低;低含水量萎凋叶所制茶叶香气沉闷,茶多酚、儿茶素保留少,滋味寡淡^[14-15].萎凋叶含水量对茶叶品质的影响多以成品茶品质分析为主,其加工过程中对物质质量分数变化研究较少.熵权

TOPSIS 是对多目标系统进行排序、优选决策的常用综合评价方法,其计算简便、结果量化客观^[16],多用于经济^[17]、农业及环境科学行业^[18]的决策评估,近年来在食品综合评价中逐渐得以利用^[19]。

本研究通过对不同含水量萎凋叶所制红茶进行感官评价和熵权 TOPSIS 分析,并结合加工过程中不同含水量萎凋叶加工样(鲜叶、萎凋叶、揉捻叶、发酵叶)的生化成分、色泽、酶活性分析,探究萎凋叶含水量对南川大树茶红茶的品质影响,明确南川大树茶红茶加工中茶鲜叶萎凋的最佳含水量,为南川大树茶红茶加工提供理论参考,为建立南川大树茶红茶适宜的加工工艺夯实基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 试剂与仪器

福林酚,北京索莱宝科技有限公司;没食子酸、无水碳酸钠、磷酸氢二钠(十二水)、磷酸二氢钾、邻苯二酚、偏磷酸、愈创木酚、聚乙烯吡咯烷酮,成都市科龙化工试剂厂;茛三酮、柠檬酸、谷氨酸,上海源叶生物科技有限公司;蒽酮,国药集团化学试剂有限公司;无水葡萄糖、乙酸乙酯、草酸(二水)、无水乙醇、碳酸氢钠、柠檬酸钠,成都市科隆化学品有限公司;浓硫酸,重庆川东化工集团有限公司;对硝基苯-β-D 葡萄糖苷,重庆康坭商贸有限公司,均为分析纯。乙腈、冰乙酸、甲醇,北京迈瑞达科技有限公司;儿茶素(catechin, C)、表儿茶素(epicatechin, EC)、没食子儿茶素(gallocatechin, GC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、儿茶素没食子酸酯(catechingallate, CG)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechingallate, ECG)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechingallate, GCG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG),成都普瑞法科技开发有限公司,均为色谱纯。

Synergyhimg 全波长酶标仪,美国 Biotek 公司;GC/MS-2010 气相色谱质谱联用仪,LC-20 型高效液相色谱仪,日本岛津公司;XL-30 C 茶叶粉碎机,旭朗公司;HWS-26 电热恒温水浴锅,上海齐欣科学仪器有限公司;5810 R 型台式高速冷冻离心机,德国 Eppendorf 公司;6 CWD-5 茶叶萎凋机,衢州市民茶茶机有限公司;6 CR-40 茶叶揉捻机,茶叶烘焙机,6 CHFJ-5 B 红茶发酵机,浙江上洋器械股份有限公司;工业相机 MV-EM 500 C,维视数字图像技术有限公司。

1.1.2 试验材料

2022 年 4 月中旬,南川大树茶茶鲜叶(1 芽 2 叶)采摘于重庆市南川区德隆镇。

1.2 试验方法

1.2.1 样品加工和取样固样

样品加工:茶鲜叶采摘后 1 h 内运往茶厂,置于萎凋槽内摊放(摊青厚度 15 cm,鼓风 40 min 和摊青 1.5 h 交替进行,温度 23~28 ℃,相对湿度 65%~75%),萎凋过程中每 3 h 测定含水量,当萎凋叶含水量达到 68%±2%,62%±2%和 56%±2%时记为萎凋成功,取等量萎凋叶经揉捻(45 r/min,120 min)、发酵(2 h,温度 30 ℃,相对湿度 95%)、干燥(初烘 100 ℃,15 min,摊凉 40 min,80 ℃足干)。取样固样按表 1 进行。

表 1 南川大树茶不同含水量加工取样点

工艺 用途	鲜叶	萎凋			揉捻			发酵			成品茶		
		68%	62%	56%	68%	62%	56%	68%	62%	56%	68%	62%	56%
酶活检测		10 g, 3 次,液氮速冻后置于-80 ℃待测											
生化检测		100 g, 3 次,经冷冻干燥 48 h 后置于-20 ℃待测											
叶相色泽		选取不同区域样品,拍照记录 6 次											

1.2.2 酶活测定

多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)、过氧化物酶(peroxidase, POD)测定采用分光光度法^[20],β-葡萄糖苷酶(β-glucosidase, β-G)测定参照刘昆言^[21]的方法稍作改动。

1.2.3 生化成分测定

水浸出物、茶多酚、游离氨基酸总量分别参照 GB/T 8305-2013^[22], GB/T 8313-2018^[23], GB/T 8314-2013^[24]; 可溶性糖采用蒽酮硫酸法^[25], 黄酮类化合物采用亚硝酸钠-三氯化铝法^[26], 儿茶素组分和咖啡碱采用高效液相色谱法^[27], 茶黄素、茶红素、茶褐素采用系统分析法^[28].

1.2.3.1 香气成分测定^[26]

采用顶空固相微萃取法(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)萃取挥发性组分. 称取 1 g 磨碎茶样于 20 mL 萃取瓶中, 加入 5 μ L 的癸酸乙酯(25 μ g/mL)后再加入 5 mL 沸超纯水, 加盖密封平衡 5 min 后于 60 $^{\circ}$ C 恒温水浴锅中萃取 60 min, 在 230 $^{\circ}$ C 解析 5 min 后进行 GC-MS 分离鉴定.

1.2.3.2 GC/MS 分析条件

色谱条件: DB-5MS 毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25 μ m), 载气为氦气(纯度高于 99.999%), 进样口温度 230 $^{\circ}$ C, 不分流进样, 柱流量为 1 mL/min, 压力 50.5 kPa. 升温程序: 40 $^{\circ}$ C, 以 4 $^{\circ}$ C/min 升温至 100 $^{\circ}$ C, 保持 2 min; 以 2 $^{\circ}$ C/min 升温至 120 $^{\circ}$ C, 保持 4 min; 以 2.5 $^{\circ}$ C/min 升温至 180 $^{\circ}$ C, 保持 2 min; 以 20 $^{\circ}$ C/min 升温至 230 $^{\circ}$ C, 保持 2 min. 质谱条件: 电子电离源, 离子源温度 230 $^{\circ}$ C, 电离能 70 eV, 检测器电压 0.3 kV. 扫描方式为全扫描, 质量扫描范围为 40~400 m/z.

1.2.3.3 定性定量

利用 NIST 08, NIST 08s 标准谱库对 GC/MS 的色谱峰信息进行对比检索(相似度 $\geq$ 85%), 根据保留时间定性化合物并用癸酸乙酯内标法相对定量, 结合 TGSC 信息系统(<http://www.thegoodscentscompany.com>)进行香气属性注释.

1.2.4 色泽测定

采用计算机视觉技术测定色差, 即用工业相机 MV-EM500C 保存图片为 BMP 文件(2 592 $\times$ 1 944), 然后使用 Image J(1.53)提取 L^* 值(亮度)、 a^* 值(红绿度)和 b^* 值(黄蓝度), 每个样品保存 6 张图像^[29].

1.2.5 感官审评

由 5 位高级评茶员按《茶叶感官审评方法》^[30]进行审评.

1.3 数据处理

采用 SPSS 26.0 进行方差分析(Duncan 检验, $p<0.05$)和相关性分析, Origin 2022 作图, 利用 SPS-SAU 平台对成品茶数据进行正/逆向化和标准化处理, 并作熵权 TOPSIS 分析.

2 结果与分析

2.1 不同含水量萎凋叶所制南川大树茶红茶感官品质评价

结果如表 2. 外形上: 62%含水量萎凋叶所制红茶色泽乌黑润, 有锋苗, 匀整度高, 得分高于 68%含水量萎凋叶所制红茶(色泽偏褐, 断碎较多). 汤色上: 68%和 62%含水量萎凋叶所制红茶得分较高, 茶汤明亮. 香气上: 62%含水量萎凋叶所制红茶香气得分较高, 与 68%, 56%相比甜香更持久. 滋味上: 62%含水量萎凋叶所制红茶甜醇浓厚, 优于 68%和 56%含水量萎凋叶所制红茶. 叶底上: 62%和 68%含水量萎凋叶所制红茶叶底红亮, 得分高. 综上, 62%含水量萎凋叶所制红茶感官品质高于 68%和 56%.

2.2 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶加工过程中生物物质的影响

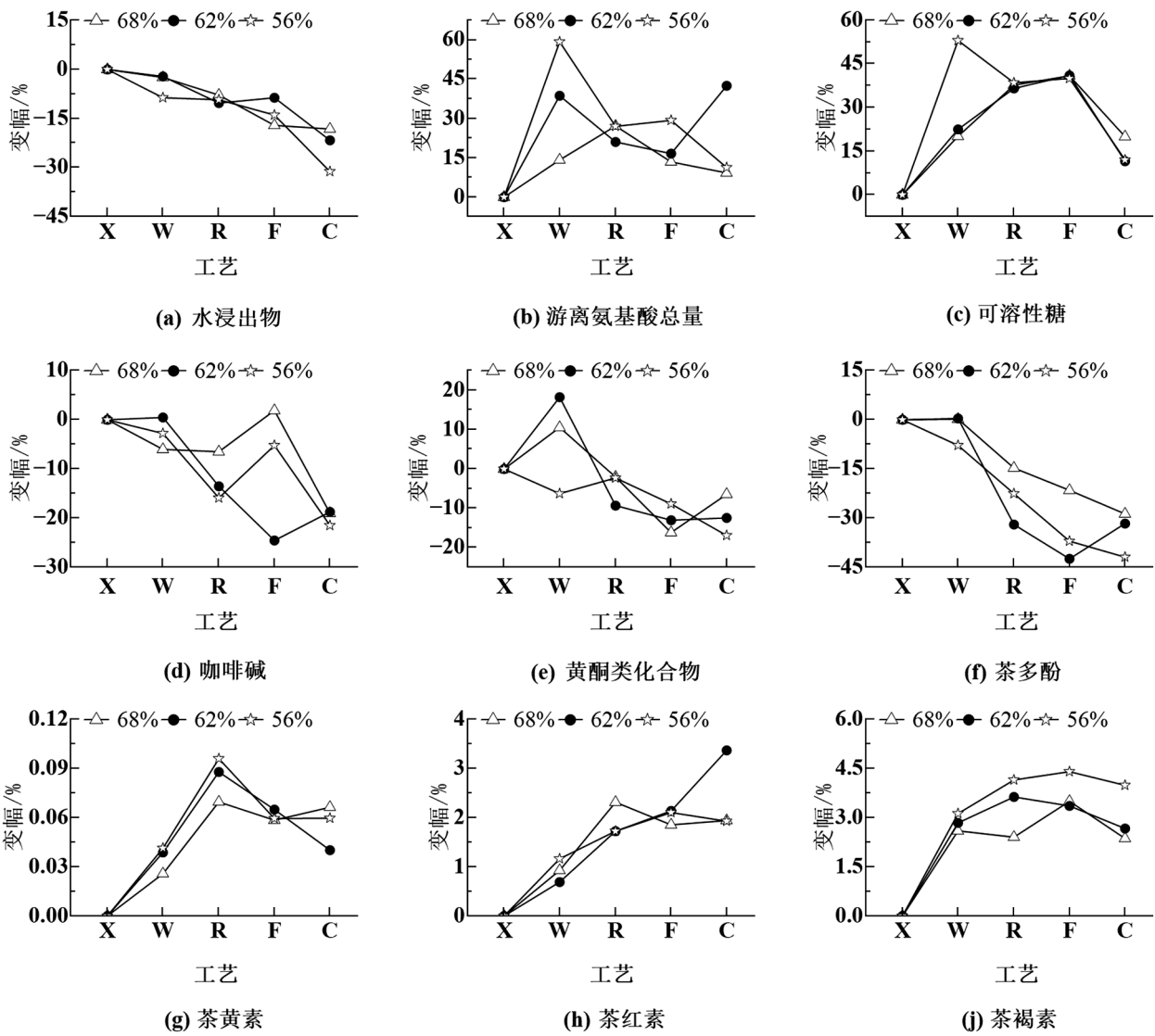
2.2.1 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶品质成分的影响

水浸出物是茶汤中可溶性化合物的总称, 可影响茶汤滋味浓厚度^[31]. 随加工工艺的推进, 水浸出物质量分数降低, 56%加工样降幅最大(图 1a), 不同含水量萎凋叶所制成品红茶水浸出物质量分数 68% $>$ 62% $>$ 56%(表 3). 游离氨基酸可分为鲜味、甜味和苦味氨基酸, 能提高茶汤鲜爽度. 游离氨基酸可与咖啡碱、茶多酚、茶黄素作用降低茶汤苦涩味^[32]. 不同含水量加工样中游离氨基酸峰值出现不同, 62%加工样在成品时的游离氨基酸增幅最大(图 1b), 所制成品茶中游离氨基酸高达 6.21%(表 3), 显著高于 68%和 56%. 萎凋叶含水量影响加工中游离氨基酸的质量分数, 进而影响红茶的鲜爽度. 可溶性糖是茶汤中甜味的主要来源, 在加工过程中可溶性糖质量分数先增后减, 不同含水量加工样间差异无统计学意义, 所制成品红茶中可溶性糖在 2.25%~2.42%之间.

表 2 不同含水量萎凋叶南川大树茶红茶感官品质评价表

样品	外形(25%)		汤色(10%)		香气(25%)		滋味(30%)		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	
68%	条索紧结，色黑褐，较润，有光泽，有断碎	84.30±2.33b	橙黄明亮	87.80±2.86a	甜香、纯正	85.20±2.39a	甜醇浓厚有涩感	86.80±1.10a	红亮	89.40±2.19a	85.28±2.65b
62%	条索紧结，显锋苗，色乌黑润，较匀齐	89.00±3.39a	橙红明亮	86.80±4.32a	甜香持久，带花	87.80±3.11a	甜醇浓厚	88.40±2.07a	红亮	88.20±2.77a	88.59±2.39a
56%	条索紧结，色乌褐，较匀齐，有梗碎	85.40±3.05ab	橙黄明亮	86.40±5.94a	甜香、木香，带花香，	88.00±2.00a	醇和	86.40±1.52a	红尚亮，尚匀整	84.00±1.00b	86.90±1.39ab

注：小写字母不同表示 $p<0.05$ ，差异有统计学意义。



变幅为(加工样—鲜叶)与鲜叶的比值；X为鲜叶，W为萎凋，R为揉捻，F为发酵，C为成品。

图 1 不同含水量萎凋叶加工南川大树茶红茶主要品质成分变幅

表 3 不同含水量萎凋叶加工过程中南川大树茶红茶品质成分质量分数

/%

工艺		水浸 出物	游离氨 基酸总量	可溶 性糖	黄酮类 化合物	茶多酚	咖啡碱	茶黄素	茶红素	茶褐素
鲜叶		53.40± 1.62	4.36± 0.01	2.02± 0.05	9.34± 0.07	25.96± 0.47	5.99± 0.41	0.00± 0.00	0.00± 0.00	0.00± 0.00
萎凋	68%	52.09± 1.98a	4.98± 0.13b	2.42± 0.14b	10.32± 0.04b	26.01± 0.26a	5.63± 0.27a	0.03± 0.00b	0.92± 0.03b	2.60± 0.07c
	62%	52.25± 1.06a	6.05± 0.91ab	2.47± 0.08b	11.04± 0.09a	26.07± 0.04a	6.02± 0.38a	0.04± 0.00a	0.69± 0.18c	2.84± 0.08b
	56%	48.80± 0.88b	6.94± 0.72a	3.09± 0.05a	8.75± 0.03c	23.94± 0.27b	5.82± 0.43a	0.04± 0.00a	1.17± 0.05a	3.12± 0.03a
揉捻	68%	49.19± 1.66a	5.54± 0.06a	2.78± 0.10a	9.15± 0.10a	22.13± 0.07a	5.60± 0.01a	0.07± 0.00c	2.31± 0.12a	2.40± 0.06c
	62%	47.91± 0.89a	5.28± 0.27a	2.76± 0.02a	8.46± 0.06b	17.64± 0.07c	5.18± 1.14a	0.09± 0.00b	1.72± 0.13b	3.64± 0.14b
	56%	48.47± 0.62a	5.54± 0.31a	2.80± 0.08a	9.12± 0.24a	20.09± 0.09b	5.04± 0.30a	0.10± 0.00a	2.28± 0.25a	4.15± 0.09a
发酵	68%	44.27± 1.56b	4.95± 0.32b	2.85± 0.02a	7.82± 0.21b	20.38± 0.15a	6.11± 0.37a	0.06± 0.01a	1.85± 0.11b	3.50± 0.11b
	62%	48.78± 0.44a	5.08± 0.10b	2.85± 0.07a	8.12± 0.18b	14.95± 0.09c	4.52± 0.12b	0.06± 0.01a	2.14± 0.19a	3.36± 0.03b
	56%	45.94± 1.53b	5.64± 0.34a	2.83± 0.10a	8.50± 0.15a	16.33± 0.12b	5.68± 0.55a	0.06± 0.00a	2.10± 0.05ab	4.41± 0.16a
成品	68%	43.66± 0.20a	4.77± 0.13b	2.42± 0.45a	8.73± 0.13a	18.49± 0.84a	4.85± 0.04a	0.07± 0.00a	1.94± 0.31b	2.37± 0.08c
	62%	41.84± 0.62b	6.21± 0.15a	2.25± 0.10a	8.18± 0.07b	17.73± 0.24a	4.87± 0.02a	0.04± 0.00c	3.37± 0.86a	2.67± 0.02b
	56%	36.75± 1.34c	4.85± 0.01b	2.26± 0.02a	7.75± 0.16c	15.06± 0.57b	4.70± 0.04b	0.06± 0.00b	1.93± 0.05b	3.99± 0.11a

注：小写字母不同表示 $p<0.05$ ，差异有统计学意义。

茶多酚、黄酮类化合物、咖啡碱与茶汤苦涩味显著相关^[33]。在加工中，咖啡碱先降后升，发酵后 62% 加工样降幅最大；茶多酚和黄酮类化合物呈下降趋势，揉捻时的 62% 加工样降幅最大(图 1d-1f)，说明此时细胞破碎度大，物质转化充分。不同含水量萎凋叶所制成品红茶中、黄酮类化合物和茶多酚质量分数为 68% > 62% > 56%，咖啡碱在 4.70% ~ 4.87% 之间(表 3)。儿茶素是茶多酚的主体物质，儿茶素总量随加工逐渐减少，成品时略增，56% 加工样变幅最大，62% 次之，68% 最小(图 21)。儿茶素包括酯型儿茶素和非酯型儿茶素，酯型儿茶素(EGCG, GCG, ECG, CG)是茶汤的涩味主体，非酯型儿茶素(GC, EGC, C, EC)与苦味相关^[34]。在加工过程中 C 和 EC 先增后减，56% 的发酵和成品样变幅最大；GC 和 EGC 先减后增，68% 的揉捻样最高，62% 次之(图 2a-2b)。EGCG 在加工中持续下降，56% 加工样降幅最大(图 2e)；ECG 成品样略回升(图 2f)，GCG 和 CG 在萎凋后急剧上升，68% 增幅最大(图 2g-2h)。不同含水量萎凋叶所制红茶非酯型儿茶素和酯型儿茶素随萎凋叶含水量下降显著降低(表 4)，68%，62% 和 56% 含水量萎凋叶所制红茶儿茶素保留量分别为 71%，68% 和 58%。研究报道，茶叶中儿茶素保留量在 70% 以上茶汤苦涩味

重,保留量在 65%左右时茶汤滋味浓厚鲜爽^[35],因而,62%含水量萎凋叶所制红茶滋味较 68%和 58%浓厚鲜爽.茶色素是红茶茶汤色泽的主体物质,包括茶黄素、茶红素和茶褐素.茶黄素有强收敛性;茶红素使茶汤红亮,增强滋味强度^[36];茶褐素使茶汤发暗,降低收敛性.加工过程中茶色素质量分数均持续增加,茶黄素在揉捻时增幅最大随后下降,56%加工样增幅最大;茶红素在成品时 62%加工样增幅最大;不同含水量萎凋叶所制红茶成品茶褐素变幅为 56%>62%>68%(图 1g-1j),56%加工样茶褐素为 3.99%(表 3).萎凋叶含水量影响各工艺中的茶多酚、黄酮类化合物、儿茶素组分、茶色素物质的变幅大小,进而影响成品茶中物质的积累.

表 4 不同含水量萎凋叶加工南川大树茶红茶全工艺儿茶素组分质量分数 / (mg · g⁻¹)

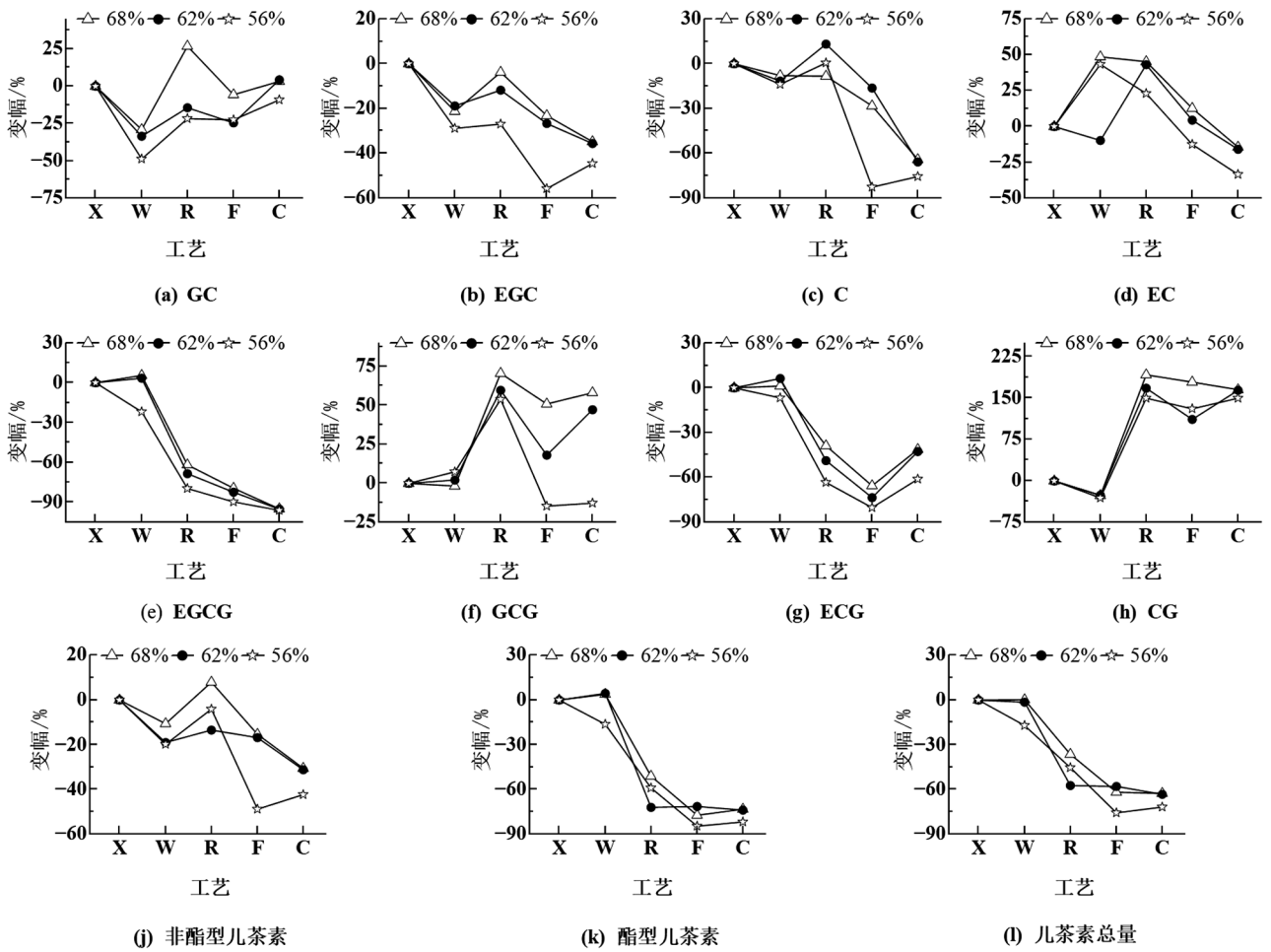
工艺		GC	EGC	C	EC	EGCG	GCG	ECG	CG	非酯型 儿茶素	酯型 儿茶素	儿茶素 总量
鲜叶		10.13±0.59	25.38±0.97	10.22±0.36	7.30±0.58	101.40±2.57	1.78±0.07	56.81±1.33	0.77±0.04	53.04±2.32	160.75±4.01	213.79±5.88
萎凋	68%	7.19±0.35a	19.97±0.93a	9.41±0.33a	10.84±3.51a	106.99±2.46a	1.74±0.06b	57.51±1.47b	0.57±0.01a	47.41±2.09a	166.80±4.00a	214.21±2.08a
	62%	6.72±0.19b	20.59±0.48a	9.04±0.05ab	6.58±0.05a	104.96±0.46a	1.82±0.02ab	60.39±0.26a	0.57±0.01a	42.93±0.38b	167.74±0.71a	210.67±1.04a
	56%	5.19±0.00c	18.06±0.50b	8.82±0.24b	10.47±1.01a	79.13±1.05b	1.91±0.05a	52.96±1.16c	0.53±0.00b	42.54±1.58b	134.53±2.25b	177.06±3.75b
揉捻	68%	12.84±0.42a	24.41±0.78a	9.37±0.28a	10.6±0.14a	38.72±0.32a	3.03±0.04a	34.73±0.08a	2.25±0.03a	57.22±1.53a	78.72±0.44a	135.94±1.77a
	62%	8.67±0.93b	22.37±3.72ab	11.57±2.20a	10.44±1.96a	31.92±4.32b	2.84±0.25a	29.04±3.19b	2.06±0.28a	45.94±4.81b	45.16±0.51c	91.10±5.23b
	56%	7.92±0.31b	18.55±1.73b	10.28±2.07a	8.97±0.99a	20.66±2.07c	2.73±0.27a	20.77±1.83c	1.92±0.20a	50.84±1.71b	65.86±8.03b	116.70±9.69a
发酵	68%	9.54±0.36a	19.50±2.25a	7.34±0.15a	8.23±0.18a	20.86±0.41a	2.68±0.05a	19.47±0.09a	2.14±0.02a	44.92±1.52a	36.61±1.44a	81.53±2.89a
	62%	7.64±0.34a	18.60±1.07a	8.55±0.36b	7.62±0.12b	17.85±0.77b	2.10±0.07b	15.04±0.54b	1.63±0.07c	44.08±4.1a	46.09±4.37b	90.17±8.48a
	56%	7.84±1.79a	11.20±0.04b	1.77±0.00c	6.38±0.19c	10.48±0.05c	1.52±0.01c	11.17±0.03c	1.77±0.03b	27.18±1.64b	24.94±0.09c	52.12±1.55b
成品	68%	10.45±0.11a	16.53±0.64a	3.66±0.04a	6.25±0.04a	5.06±0.04a	2.81±0.05a	33.36±0.36a	2.04±0.05a	36.88±0.74a	43.27±0.43a	80.15±1.16a
	62%	10.57±0.13a	16.32±0.20a	3.48±0.03b	6.13±0.06b	4.88±0.06b	2.62±0.01b	32.53±0.52b	2.03±0.02a	36.51±0.34a	42.05±0.57b	78.56±0.26a
	56%	9.20±0.14b	14.07±0.27b	2.50±0.04c	4.86±0.06c	4.06±0.07c	1.55±0.05c	22.08±0.22c	1.92±0.10a	30.63±0.37b	29.61±0.38c	60.24±0.72b

注:小写字母不同表示 $p<0.05$,差异有统计学意义.

2.2.2 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶的色泽影响

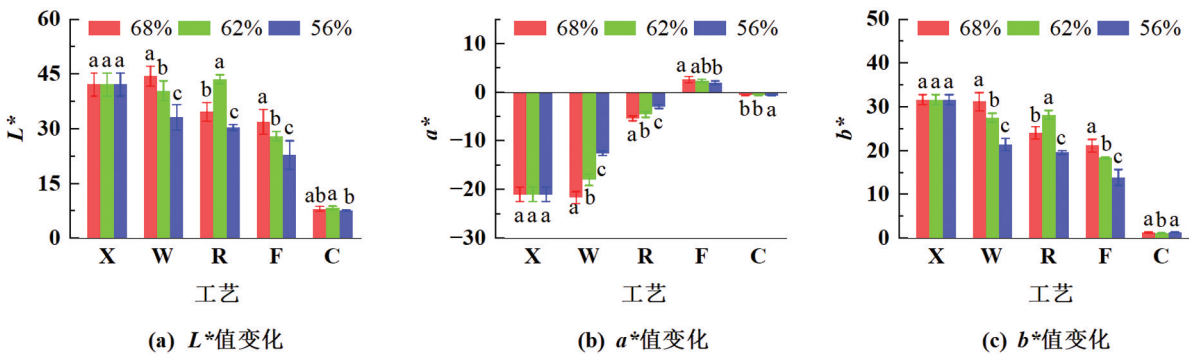
加工中的茶叶色泽变化可以用 L^* 、 a^* 和 b^* 值表达, L^* 值越大代表茶亮度越高, a^* 值(红绿度)和 b^* 值(黄蓝度)越大代表干茶色泽将趋近于红、黄色调.随着加工的进行,不同含水量加工样 L^* 、 b^* 值均呈下

降趋势, a^* 值先升高, 成品时再下降. 与 68% 和 62% 加工样相比, 56% 加工样 L^* , a^* , b^* 值变化更大. L^* , b^* 值在萎凋和发酵时随萎凋叶含水量下降显著降低; a^* 值在萎凋和揉捻时随萎凋叶含水量下降显著增加. 不同含水量萎凋叶所制成品红茶 L^* , a^* , b^* 值差异有统计学意义(图 3). 62% 含水量萎凋叶所制红茶 a^* , L^* 较 56% 高, 茶叶红度更大, 色泽更亮; b^* 值较 68% 和 56% 低, 茶叶黄度低. 综上 62% 含水量所制红茶色泽亮润最优.



变幅为(加工样—鲜叶)与鲜叶的比值; X 为鲜叶, W 为萎凋, R 为揉捻, F 为发酵, C 为成品.

图 2 不同含水量萎凋叶加工南川大树茶红茶儿茶素组分变幅



X 为鲜叶, W 为萎凋, R 为揉捻, F 为发酵, C 为成品.

图 3 不同含水量萎凋叶加工南川大树茶红茶的 L^* , a^* , b^* 值

2.3 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶挥发性物质的影响

不同含水量萎凋叶所制红茶挥发性物质分析鉴定结果如表 5，除内标(癸酸乙酯)外共检测出 79 种物质，其中，烃类 15 种，醇类 19 种，醛类 18 种，酮类 6 种，酯类 12 种，酸类 3 种和其他类物质 7 种. 68%，62%和 56%含水量萎凋叶所制红茶分别检出 49，43 和 46 种挥发性物质，其中共有组分 18 种(含内标)，香叶醇(180.64~273.87 μg/kg)、芳樟醇(94.79~218.24 μg/kg)、苯乙醛(47.01~321.12 μg/kg)、水杨酸甲酯(151.39~269.71 μg/kg)为主要成分，分别占其香气类别的 28.29%~35.32%，14.64%~28.15%，15.74%~45.87%和 34.50%~43.52%. 不同含水量萎凋叶所制红茶挥发性物质以醇类、醛类和酯类为主，占挥发性物质总量的 60%以上(图 4a)，各类别间占比有差异. 68%含水量萎凋叶所制红茶醇类化合物占比较高(35.35%)，其次是酯类、醛类；62%和 56%含水量所制红茶醇类、醛类和酯类占比均匀(20.50%~24.86%). 花香型的反式-橙花叔醇在 56%含水量萎凋叶所制红茶中质量分数最高，为 145.39 μg/kg，清果香的 N-丁酸(反-2-己烯基)酯，甜玫瑰花香的香叶醇、芳樟醇、橙花醇和苯乙醇在 62%含水量萎凋叶所制红茶中质量分数高于 68%和 56%含水量萎凋叶所制红茶(表 5). 此外，68%，62%和 56%含水量萎凋叶所制红茶分别存在 15，13 和 12 种差异物质(图 4b). 62%含水量萎凋叶所制红茶挥发性物质质量分数最高，为 3 119.61 μg/kg，68%含水量萎凋叶所制红茶挥发性物质质量分数最低，为 1 806.18 μg/kg(表 5)，与感官审评中 62%萎凋叶所制红茶甜香持久带花香一致.

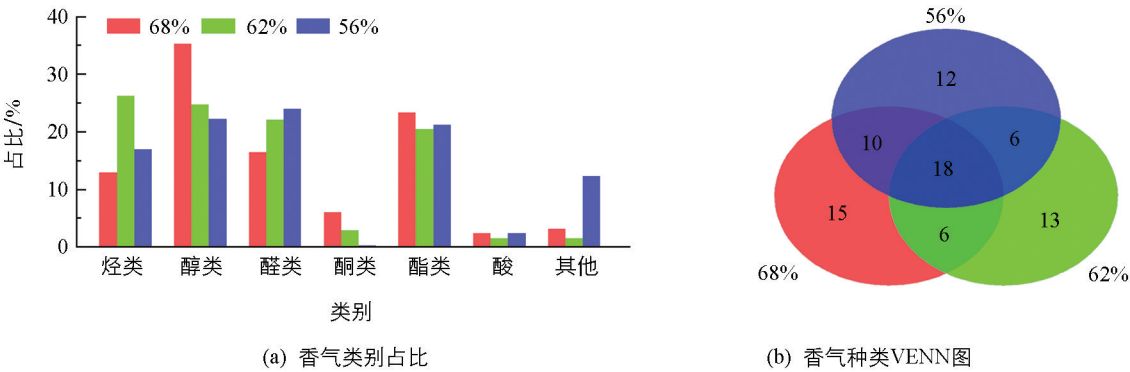


图 4 南川大树茶红茶香气类别占比和香气种类 VENN 图

表 5 不同含水量萎凋叶南川大树茶成品红茶香气成分质量分数表 / (μg · kg⁻¹)

序号	化合物名称	cas 号	文献 RI	68%	62%	56%	香气属性
烃类							
1	正十四烷	629-59-4	1 400	8.23	—	—	温和的蜡质
2	正十五烷	629-62-9	1 500	10.30	—	—	蜡质味
3	正十六烷	544-76-3	1 600	—	—	95.64	
4	正十七烷	629-78-7	1 700	33.66	—	207.72	
5	正二十烷	112-95-8	—	51.51	761.25	111.64	蜡质味
6	正三十二烷	544-85-4	—	—	22.37	—	
7	正三十六烷	630-06-8	—	—	12.98	—	
8	顺-β-罗勒烯	3338-55-4	1 035	116.56	14.34	—	
9	反式石竹烯	87-44-5	1 420	2.23	—	—	呈水果和玫瑰香气，并具有蜂蜜似甜香味
10	α-法呢烯	502-61-4	1 504	—	—	70.49	

续表 5

序号	化合物名称	cas 号	文献 RI	68%	62%	56%	香气属性
11	5-甲基十一烷	1632-70-8	—	4. 91	—	—	
12	4-甲基十二烷	6117-97-1	—	—	—	5. 38	
13	3, 3-二甲基己烷	563-16-6	—	—	—	2. 06	
14	2, 3, 4-三甲基正己烷	921-47-1	—	3. 00	—	—	
15	E, E-2, 6-二甲基-1, 3, 5, 7-辛四烯	460-01-5	1 130	4. 91	8. 64	—	有芳香气味
	合计			235. 31	819. 58	492. 93	
	种类			9	5	6	
醇类							
16	正己醇	111-27-3	866	—	10. 97	—	有清淡的嫩枝叶气息，微带酒香、果香和脂肪气息
17	正辛醇	111-87-5	1 078	26. 16	—	26. 32	蜡，橙，香菇味
18	香叶醇	106-24-1	1 259	180. 64	273. 87	216. 53	有菠萝香气
19	顺-3-壬烯-1-醇	10340-23-5	1 156	—	5. 06	10. 61	具有茉莉花型的特殊芳香
20	三甘醇	112-27-6	—	133. 13	—	—	
21	环己醇	108-93-0	—	7. 25	—	—	
22	芳樟醇	78-70-6	1 110	176. 87	218. 24	94. 79	柑橘花香，甜玫瑰，木本气
23	反式-橙花叔醇	40716-66-3	1 534	18. 58	24. 25	145. 39	有类似酒香及花香
24	反式-2-己烯醇	928-95-0	—	—	21. 19	—	具有强烈未成熟果实气味
25	二乙二醇	111-46-6	—	8. 86	—	13. 67	
26	橙花醇	106-25-2	1 228	9. 99	66. 56	40. 49	甜，橙花香，柑橘，木兰
27	苯乙醇	60-12-8	—	27. 54	76. 15	48. 54	玫瑰，干玫瑰花，玫瑰水
28	苯甲醇	100-51-6	1 034	—	5. 36	—	玫瑰，酚，醛，香脂
29	6-甲基庚醇	1653-40-3	—	3. 03	—	—	
30	2-乙基己醇	104-76-7	1 030	4. 20	—	3. 50	呈香葱和茉莉似清甜香气，甜香，有脂气
31	2-壬烯-1-醇	22104-79-6	—	—	11. 47	—	甜脂肪香，瓜果的清香，青瓜香
32	1-十六烷醇	36653-82-4	1 879	11. 30	29. 94	13. 90	
33	1-壬醇	143-08-8	1172	27. 01	32. 32	33. 81	新鲜，干净气，脂肪，玫瑰，橙子
34	1-庚烯-3-醇	4938-52-7	—	3. 90	—	—	金属油脂般的刺激辛辣味
	合计			638. 46	775. 38	647. 55	
	种类			14	12	11	
醛类							
35	正辛醛	124-13-0	1 006	20. 48	—	10. 26	橙皮，青草，新鲜脂肪
36	正十四醛	124-25-4	1 618	—	—	9. 61	油脂和鸢尾似桃子香气
37	十五醛	2765-11-9	1 717	5. 85	9. 65	—	新鲜蜡质
38	十三醛	10486-19-8	1 503	—	6. 99	—	淡的玫瑰香气和甜杏子味道

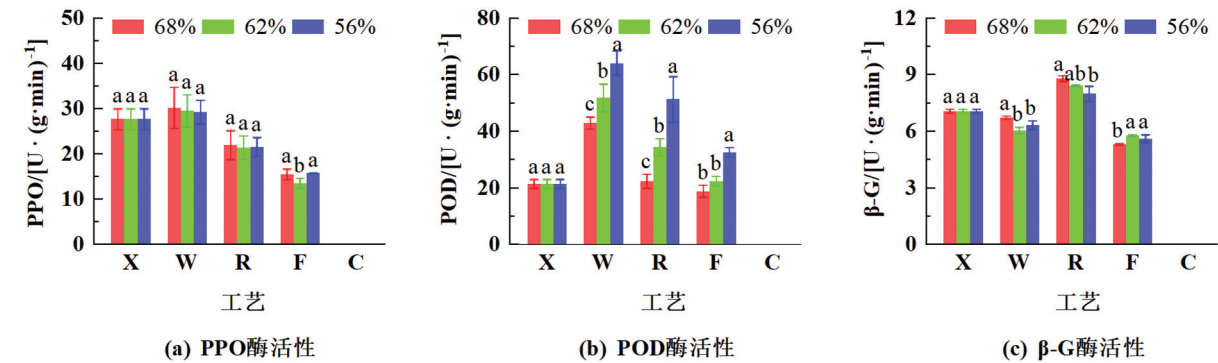
续表 5

序号	化合物名称	cas 号	文献 RI	68%	62%	56%	香气属性
39	十二醛	112-54-9	1 409	4.35	—	—	
40	壬醛	124-19-6	1 102	—	176.75	187.82	有柔和愉快且持久的玫瑰香气
41	青叶醛	6728-26-3	855	—	166.72	62.38	浓郁新鲜水果和绿叶清香气
42	癸醛	112-31-2	1 207	25.84	21.74	20.59	强烈的花果和油脂香气，有鸡汤香味
43	庚醛	111-71-7	907	8.15	9.90	9.22	果子香味
44	反式-2-壬醛	18829-56-6	1 156	6.48	8.25	26.59	呈咖啡和仁果类香气
45	反式-2，6-壬二醛	17587-33-6	—	2.52	—	—	
46	反式-2，4-癸二烯醛	25152-84-5	1 314	—	—	4.26	
47	苯乙醛	122-78-1	1 043	47.01	220.68	321.12	甜，风信子，三叶草，蜂蜜，可可
48	苯甲醛	100-52-7	970	39.33	33.80	—	具有苦杏仁味，燃烧时具有芳香气味
49	β -环柠檬醛	432-25-7	1 223	12.15	9.31	18.80	藏红花，草本，玫瑰，甜，烟草，大马士革果味
50	2-己烯醛	505-57-7	850	126.48	—	—	甜杏仁，果味，苹果李子
51	(E，E)-2，4-庚二烯醛	4313-03-5	1 008	—	5.12	29.38	脂肪，肉桂
52	(E)-柠檬醛	141-27-5	1 270	—	22.93	—	花香，蜜糖和可可似香气。
	合计			298.64	691.84	700.03	
	种类			11	12	11	
酮类							
53	植酮	502-69-2	1 801	—	10.18	—	油性，草本，茉莉，木本
54	香叶基丙酮	689-67-8	1 460	—	14.42	—	新鲜玫瑰花香，木兰，果味
55	茉莉酮	488-10-8	1 394	99.06	—	—	呈嫩莢青刀豆香气和生水果香味
56	橙化基丙酮	3879-26-3	1 457	11.27	—	9.22	呈椰子和桃子香气
57	β -紫罗酮	79-77-6	1 477	—	68.72	—	呈苦可可、坚果和蜜糖的烘烤香，青草香味
58	3-庚酮	106-35-4	—	—	—	2.31	呈水果、青草和油脂似香气
	合计			110.33	93.32	11.53	
	种类			2	3	2	
酯类							
59	棕榈酸甲酯	112-39-0	1 921	21.52	50.30	66.91	油性，蜡状，脂肪，鸢尾
60	亚油酸甲酯	112-63-0	2 079	—	38.94	—	具有轻微令人愉快的气味
61	亚硝酸异戊酯	110-46-3	—	—	—	3.98	有水果香味
62	水杨酸甲酯	119-36-8	1 190	151.39	220.71	269.71	呈樟脑和薄荷香气，同时带有玫瑰叶和香茅香韵

续表 5								
序号	化合物名称	cas 号	文献 RI	68%	62%	56%	香气属性	
63	柳酸叶醇酯	65405-77-8	—	—	21.79	7.43	有强烈玫瑰薰香, 脂蜡香气, 带有木香橙皮香气的特征, 有橙花和紫罗兰底蕴	
64	邻苯二甲酸二异丁酯	84-69-5	—	31.76	112.86	76.76		
65	邻苯二甲酸二丁酯	84-74-2	1 922	52.66	—	—		
66	己酸己酯	6378-65-0	1 387	—	—	31.54		
67	癸酸乙酯	110-38-3	1 397	123.9	124.86	125.23		
68	丁酸苯乙酯	103-52-6	1 439	2.43	5.84	—	呈花香, 青香, 蜡香, 玫瑰和水果香气	
69	G-庚内酯	105-21-5	—	—	—	6.41	具有椰子香气, 麦芽和焦糖似甜味	
70	N-丁酸(反-2-己烯基)酯	53398-83-7	1 191	38.18	64.31	31.68	果味, 杏, 成熟香蕉皮, 兰花, 发酵味	
酸	合计			421.84	639.61	619.65		
	种类			7	8	9		
	71	棕榈酸	57-10-3	1 946	—	49.55	36.61	蜡质味
	72	十五烷酸	1002-84-2	—	16.31	—	—	
	73	醋酸	64-19-7	—	27.55	—	35.63	
其他	合计			43.86	49.55	72.25	刺鼻的酸味, 过熟的水果味	
	种类			2	1	2		
	74	咖啡因	58-08-2		14.91	—	161.15	呈芳香的松木香气, 微带甜的柑橘风味
	75	苯乙腈	140-29-4	1 140	—	—	140.25	
	76	反式芳樟醇氧化物(呋喃型)	34995-77-2	1 087	32.57	—	43.65	
	77	氧化芳樟醇Ⅳ(反式呋喃型)	14049-11-7	1 163	—	15.74	—	
	78	氧化芳樟醇Ⅰ(顺式呋喃型)	5989-33-3	1 070	—	—	13.14	
	79	二乙二醇乙醚	111-90-0	—	2.25	—	2.82	泥土, 花香, 甜, 木香
	80	3, 5-二叔丁基苯酚	1138-52-9	—	8.01	34.59	—	空灵
	总计	合计			57.74	50.33	361.01	
种类				4	2	5		
种类				1 806.18	3 119.61	2 904.94		
				49	43	46		

2.4 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶加工中酶的影响

不同含水量萎凋叶加工中酶活性变化如图 5。PPO 酶活性随加工推进先升后降，三者加工样间除发酵外差异无统计学意义，发酵时 62％活性显著低于 68％和 56％。POD 酶活性在加工中先升后降，56％加工样 POD 酶活性显著高于 68％和 62％，与品质成分茶多酚、儿茶素 56％加工样变幅最大相合。β-G 酶是水解糖苷类前体物质，释放芳香醇类和萜烯醇类化合物，有助于愉悦花果香的形成^[37]。发酵前，β-G 酶活性 68％含水量萎凋叶揉捻时活性最高，为 8.81 U/(g·min)，发酵后 62％和 56％加工样 β-G 酶活性显著高于 68％，与成品茶中香气质量分数趋势一致。



X 为鲜叶, W 为萎凋, R 为揉捻, F 为发酵, C 为成品。

图 5 不同含水量萎凋叶加工南川大树茶红茶酶活性变化

萎凋叶含水量、酶、品质成分和色泽 Spearman 相关分析结果如表 6, 萎凋叶含水量与 POD 酶活性呈显著负相关($|r|>0.5^{[38]}$). 加工过程中茶多酚、EGCG、ECG、酯型儿茶素、儿茶素总量与 PPO 和 POD 酶间有显著正相关, 茶黄素、茶红素、茶褐素与 PPO 酶活性显著负相关. PPO 催化儿茶素类物质氧化形成邻醌, POD 氧化邻醌形成茶黄素、茶红素和不溶性高聚化合物^[39]. 萎凋叶含水量通过影响 POD 酶活性改变加工中茶多酚、儿茶素组分和茶色素的变幅, 改变红茶中的物质质量和配比, 进而影响茶汤滋味及色泽. 此外萎凋叶含水量与游离氨基酸总量、黄酮类化合物、非酯型儿茶素、 L^* 值、 b^* 值有显著相关性.

表 6 萎凋叶含水量对南川大树茶红茶非挥发性物质及加工酶活性相关性分析

	萎凋叶含水量	PPO 酶活性	POD 酶活性	β -G 酶活性
萎凋叶含水量	1.000	0.017	-0.571**	0.093
水浸出物	0.175	0.581**	0.441*	0.344
游离氨基酸总量	-0.582**	0.331	0.496**	0.171
可溶性糖	-0.373	-0.274	-0.054	-0.234
黄酮类化合物	0.414*	0.104	-0.181	-0.083
茶多酚	0.332	0.823**	0.479*	0.220
咖啡碱	0.236	0.250	-0.018	-0.212
GC	0.204	-0.434*	-0.474*	0.306
EGC	0.606**	0.235	-0.146	0.480*
C	0.233	0.446*	0.250	0.775**
EC	0.181	0.363	0.159	0.527**
非酯型儿茶素	0.408*	0.209	-0.052	0.781**
EGCG	0.361	0.871**	0.491**	0.417*
GCG	0.274	-0.219	-0.338	0.495**
ECG	0.297	0.865**	0.524**	0.401*
CG	0.332	-0.492**	-0.663**	0.210
酯型儿茶素	0.315	0.867**	0.515**	0.409*
儿茶素总量	0.338	0.879**	0.522**	0.444*
茶黄素	-0.192	-0.602**	-0.314	0.177
茶红素	-0.163	-0.448*	-0.284	0.387*
茶褐素	-0.338	-0.766**	-0.359	-0.684**
L^* 值	0.313**	0.015	0.211	0.268
a^* 值	0.019	0.085	-0.443**	-0.615**
b^* 值	0.350**	0.104	0.302*	0.241

注: ** 表示 $p<0.01$, * 表示 $p<0.05$, 差异有统计学意义; $n=12$.

2.5 不同含水量萎凋叶所制南川大树茶红茶的熵权 TOPSIS 分析

感官评价大多运用专家的知识结构和丰富经验, 生化成分是品质的物质基础, 而单一生化成分无法综合评价茶叶的品质, 因此在感官审评基础上引入更依赖客观数据反应信息的熵权 TOPSIS 模型对不同

含水量萎凋叶所制红茶品质进行综合评价更为客观. 以不同含水量萎凋叶所制红茶的 9 个样本 20 个滋味物质成分、3 个色泽指标和 17 个香气成分共 40 个指标建立初始化决策矩阵, 经归一化处理计算分析得到权重结果(表 7)及评价结果(表 8). 结果表明, 9 个成品红茶样本与理想最优方案的相对接近度大小为 0.388 5~0.579 7, 其中, 3 个 68%含水量萎凋叶所制红茶样品相对接近度较低, 综合排序为 7, 8, 9; 62%含水量萎凋叶所制红茶相对接近度高(0.571 6~0.579 7), 综合排序位于前 3, 所得综合品质较 68%和 56%优, 与感官审评结果一致, 因此 62%含水量萎凋叶所制成品红茶综合品质最优.

表 7 熵值法计算权重结果汇总

	信息熵值	信息效用值	权重系数/%
水浸出物	0.887	0.114	1.547
游离氨基酸总量	0.778	0.222	3.022
可溶性糖	0.913	0.087	1.181
黄酮类化合物	0.888	0.113	1.533
茶多酚	0.878	0.122	1.660
咖啡碱	0.904	0.096	1.303
茶黄素	0.865	0.135	1.844
茶红素	0.815	0.185	2.517
茶褐素	0.787	0.213	2.908
GC	0.851	0.149	2.025
EGC	0.835	0.165	2.246
C	0.858	0.142	1.936
EC	0.854	0.146	1.996
非酯型儿茶素	0.844	0.156	2.123
EGCG	0.874	0.126	1.719
GCG	0.871	0.129	1.764
ECG	0.846	0.154	2.095
CG	0.943	0.057	0.778
酯型儿茶素	0.859	0.141	1.926
儿茶素总量	0.852	0.148	2.019
L* 值	0.824	0.177	2.405
a* 值	0.827	0.173	2.358
b* 值	0.828	0.172	2.342
正二十烷	0.655	0.345	4.698
香叶醇	0.788	0.212	2.895
芳樟醇	0.821	0.179	2.439
反式-橙花叔醇	0.615	0.385	5.242
橙花醇	0.811	0.189	2.576
苯乙醇	0.796	0.204	2.775
1-十六烷醇	0.696	0.304	4.145
1-壬醇	0.826	0.174	2.372
癸醛	0.737	0.263	3.580
庚醛	0.818	0.183	2.487
反式-2-壬醛	0.658	0.342	4.659
苯乙醛	0.819	0.181	2.466
β-环柠檬醛	0.766	0.234	3.187
棕榈酸甲酯	0.819	0.181	2.465
水杨酸甲酯	0.815	0.185	2.515
邻苯二甲酸二异丁酯	0.813	0.187	2.554
N-丁酸(反-2-己烯基)酯	0.728	0.272	3.701

表 8 TOPSIS 评价结果

样品	正理想解距离	负理想解距离	相对接近度	综合排序结果
C68-1	0.136 5	0.090 6	0.398 9	7
C68-2	0.135 3	0.087 8	0.393 7	8
C68-3	0.135 3	0.086 0	0.388 5	9
C62-1	0.090 8	0.124 8	0.578 9	2
C62-2	0.091 5	0.126 2	0.579 7	1
C62-3	0.092 4	0.123 3	0.571 6	3
C56-1	0.119 4	0.103 4	0.464 1	6
C56-2	0.119 4	0.104 5	0.466 8	5
C56-3	0.117 8	0.104 3	0.469 6	4

注：C68，C62，C56 表示萎凋叶含水量为 68%，62%，56%时加工的成品红茶。

3 结论

通过对不同含水量萎凋叶南川大树茶红茶加工样的品质成分、色泽、酶及成品茶感官审评和熵权 TOPSIS 分析，表明南川大树茶红茶加工过程中游离氨基酸总量、可溶性糖和 a^* 值先增后减，茶多酚、黄酮类化合物、儿茶素(EC, EGCG, ECG)、 L^* 和 b^* 值持续下降，不同含水量加工样中品质成分在发酵工艺后差异最显著。相关分析表明萎凋叶含水量与 POD 酶活性呈显著负相关($r=-0.571$)，显著影响加工中茶多酚、儿茶素和茶色素物质的转化，是影响红茶品质的主要酶类，56%含水量加工样物质变幅最大。62%含水量萎凋叶所制成品红茶其游离氨基酸总量(6.21%)、茶红素(3.37%)、 L^* 和 a^* 值均高于 68%和 56%含水量萎凋叶所制红茶。成品红茶中共检测出 79 种香气物质，62%含水量萎凋叶所制红茶香气质量分数(3 119.61 $\mu\text{g/kg}$)高于 68%和 56%。其中，赋予茶汤花香和果香的香叶醇、芳樟醇、橙花醇和苯乙醇质量分数高于 68%和 56%。感官审评表明 62%萎凋叶含水量所制成品红茶与 68%和 56%相比，干茶色泽黑润亮，滋味甜醇浓厚，香气持久纯正。进一步通过熵权 TOPSIS 法对检测到的滋味、色泽和香气成分进行综合分析，验证表明 62%含水量萎凋叶所制红茶综合品质最佳。综上，含水量为 62%是南川大树茶适宜的萎凋含水量。

参考文献：

[1] 曾建明. 南川野生茶树 [J]. 中国茶叶, 1999, 21(1): 37.

[2] 王守生, 湛方栋, 梁挺, 等. 重庆大茶树资源新考 [J]. 中国农学通报, 2003, 19(1): 87-90.

[3] 王麟. 南川野生大茶树特征成分分析研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.

[4] 张凯, 丁阳平, 杨坚. 川渝地区野生大茶树儿茶素和咖啡碱含量比较分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2013, 19(2): 379-382.

[5] 王亨洪, 索化夷, 杨坚, 等. 川渝地区重要野生大茶树遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 168-172.

[6] 曾建明, 杨昌煦. 长江渝东流域茶树种质资源考察简报 [J]. 中国茶叶, 1998, 20(6): 35.

[7] 何思佳. 南川区大树茶繁育及栽培技术项目初见成效 [J]. 植物医生, 2017, 30(11): 5.

[8] 李小恋, 李伟, 李久炎, 等. 南川大树茶红茶初制过程中品质特征分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(12): 15-23.

[9] 吴浩. 农产品区域品牌建设路径研究——基于南川区茶叶品牌建设的案例 [D]. 成都: 西南财经大学, 2019.

[10] 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.

[11] 宛晓春, 夏涛. 茶树次生代谢 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.

[12] 杨娟, 王杰, 王奕, 等. 萎凋叶含水量对四川中小叶群体种工夫红茶品质形成的影响 [J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(13): 4379-4386.

[13] ZHOU J T, YU X L, HE C, et al. Withering Degree Affects Flavor and Biological Activity of Black Tea: a Non-Targeted Metabolomics Approach [J]. LWT, 2020, 130: 109535.

[14] 黄磊, 夏小欢, 付杰. 不同萎凋程度对绍兴红茶品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2020, 48(18): 177-179.

[15] OWUOR P O, OBANDA M. The Impact of Withering Temperature on Black Tea Quality [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1996, 70(3): 288-292.

[16] 叶霜, 李承荧, 邱霞, 等. 基于组合赋权的 TOPSIS 模型在果实品质评价中的应用 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(10): 111-121.

[17] 周利平, 左缘缘. 乡村振兴与共同富裕耦合协调发展: 分布动态、空间差异及收敛性研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(9): 98-113.

[18] 曹琼, 李成标. 基于熵权 TOPSIS 法的农业科技创新能力评价——以湖北省为例 [J]. 南方农业学报, 2013, 44(10): 1751-1756.

[19] 梁秋萍, 严学迎. 基于熵权 TOPSIS 法的不同品种甜樱桃营养品质综合评价 [J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 59-64.

[20] 罗理勇, 曾亮, 李洪军. 川红工夫加工过程多酚类物质及其相关酶的变化规律 [J]. 食品科学, 2015, 36(3): 57-62.

[21] 刘昆言. 红条茶加工过程中香气品质形成机制研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015 .

[22] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶水浸出物测定: GB/T 8305-2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[23] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.

[24] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314-2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[25] 傅博强, 谢明勇, 聂少平, 等. 茶叶中多糖含量的测定 [J]. 食品科学, 2001, 22(11): 69-73.

[26] YU J Y, LIU Y, ZHANG S R, et al. Effect of Brewing Conditions on Phytochemicals and Sensory Profiles of Black Tea Infusions; a Primary Study on the Effects of Geraniol and B-Ionone on Taste Perception of Black Tea Infusions [J]. Food Chemistry, 2021, 354: 129504.

[27] QU F F, ZHU X J, AI Z Y, et al. Effect of Different Drying Methods on the Sensory Quality and Chemical Components of Black Tea [J]. LWT, 2019, 99: 112-118.

[28] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.

[29] WEI Y M, LI T H, XU S S, et al. The Profile of Dynamic Changes in Yellow Tea Quality and Chemical Composition during Yellowing Process [J]. LWT, 2021, 139: 110792.

[30] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.

[31] 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.

[32] TSENG Y H, LEE Y L, LI R C, et al. Non-Volatile Flavour Components of Ganoderma Tsugae [J]. Food Chemistry, 2005, 90(3): 409-415.

[33] 马林龙, 刘艳丽, 曹丹, 等. 不同茶树品种(系)的绿茶滋味分析及评价模型构建 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(10): 277-286.

[34] 毛世红. 基于风味组学的工夫红茶品质分析与控制研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2018.

[35] 杨亚军. 品种间茶多酚含量差异及其与茶叶品质关系的探讨 [J]. 中国茶叶, 1989, 11(5): 8-10.

[36] SAHA P, GHORAI S, TUDU B P, et al. Feature Fusion for Prediction of Theaflavin and Thearubigin in Tea Using Electronic Tongue [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2017, 66(7): 1703-1710.

[37] 陈倩莲, 王芳, 莫楚红, 等. 不同升温方式下大红袍做青中 PPO 和 β -G 活性变化对比 [J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 28-32.

[38] 汪冬华, 马艳梅. 多元统计分析与 SPSS 应用 [M]. 2 版. 上海: 华东理工大学出版社, 2018.

[39] 宛晓春. 茶叶生物化学 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2003.