



王芳, 潘蓉, 陆芳清, 等. 不同年份福州茉莉大白毫香气品质比较分析[J]. 福建农业学报, 2025, 40 (4): 387–395.

WANG F, PAN R, LU F Q, et al. Aromatic Quality of Fuzhou Dabaihao Jasmine Tea Made in Different Years[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2025, 40 (4): 387–395.

不同年份福州茉莉大白毫香气品质比较分析

王芳¹, 潘蓉², 陆芳清³, 叶乃兴⁴, 王月⁴,
汪思佳⁴, 任卫威⁴, 杨江帆^{4*}, 陈百文^{5*}

(1. 宁德师范学院生物科学与工程学院, 福建 宁德 352100; 2. 中国农业科学院茶叶研究所, 浙江 杭州 310008; 3. 福建省福州茶厂有限责任公司, 福建 福州 350014; 4. 福建农林大学园艺学院, 福建 福州 350002; 5. 福建省茶叶质量检测与技术推广中心, 福建 福州 350002)

摘要:【目的】探究不同年份福州茉莉大白毫香气感官品质与香气成分的差异, 为确定茉莉花茶保质期和最佳品饮期提供理论参考。【方法】通过感官审评和定量描述法评价茉莉花茶香气感官品质; 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术 (headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, HS-SPME-GC-MS), 对 2021 年、2022 年、2023 年生产的茉莉大白毫的香气成分进行测定。【结果】2023 年茉莉大白毫香气品质最好, 2021 年茉莉大白毫因鲜灵度快速降低导致香气品质降低。2023 年茉莉大白毫香气总量最高, 为 $5846.79 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 分别比 2022 年和 2021 年高 28.71% 和 41.68%。3 个年份茉莉大白毫的香气组分间存在显著差异, 并筛选出 42 种差异香气成分 ($P < 0.05$, $\text{VIP} > 1$)。乙酸苄酯、芳樟醇、 α -法呢烯、苯甲醇、顺-3-己烯醇苯甲酸酯、邻氨基苯甲酸甲酯、水杨酸甲酯、吲哚等作为茉莉花茶特征性香气成分, 在 2023 年茉莉大白毫中含量显著高于 2022 年和 2021 年。42 种差异香气成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度皆呈正相关, 且相关系数大于 0.8 的成分分别有 36 种、30 种、34 种。【结论】从香气感官品质与挥发性成分的分析来看, 福州茉莉大白毫的最佳品饮期在 12 个月左右, 保质期在 18 个月左右。

关键词: 年份; 茉莉大白毫; 香气成分; 福州

中图分类号: S571.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2025) 04-0387-09

Aromatic Quality of Fuzhou Dabaihao Jasmine Tea Made in Different Years

WANG Fang¹, PAN Rong², LU Fangqing³, YE Naixing⁴, WANG Yue⁴,
WANG Sijia⁴, REN Weiwei⁴, YANG Jiangfan^{4*}, CHEN Baiwen^{5*}

(1. College of Biological Science and Engineering, Ningde Normal University, Ningde, Fujian 352100, China; 2. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310008, China; 3. Fuzhou Tea Factory Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350014, China; 4. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 5. Fujian Provincial Tea Quality Testing Center, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract:【Objective】Aromatic quality and chemicals of Fuzhou Dabaihao Jasmine Tea produced in different years were compared to determine the shelf life and quality changes of the product.【Method】A sensory panel was employed for qualitative assessment, and the headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry for quantitative aromatics determination of the tea made in 2021, 2022, and 2023.【Result】The tea made in 2023 was judged to be the best in aroma, while the 2021 product showed a significant decline on freshness. Quantitatively, the newer tea also had the greatest total content of aromatics at $5846.79 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, which was 28.71% higher than the 2022 product and 41.68% higher than the 2021 product. The aromatic composition of the tea made in different years varied significantly with 42 differential compounds

收稿日期: 2024-12-23 修回日期: 2025-03-08

作者简介: 王芳 (1982—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事茶叶加工与审评研究, E-mail: 809543206@qq.com

* 通信作者: 陈百文 (1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事茶叶审评与品质调控研究, E-mail: 81687134@qq.com; 杨江帆 (1959—), 男, 博士, 教授, 主要从事茶叶经济文化与资源利用研究, E-mail: yjf3001@163.com

基金项目: 福建省科技厅引导性项目 (2022N0031); 宁德师范学院项目 (2022Y03)

identified ($P < 0.05$, VIP > 1). The characteristic aromatics, such as benzyl acetate, linalool, α -farnesene, benzyl alcohol, cis-3-hexenol benzoate, methyl anthranilate, methyl salicylate, and indole were significantly higher in the tea made in 2023 than those produced in 2022 and 2021. The 42 differential aromatics positively correlated with the intensity, freshness, and lasting time of the tea aroma. And of those, 36, 30, and 34 compounds displayed a correlation coefficient greater than 0.8.

【Conclusion】 The sensory quality and volatile contents of the Fuzhou Dabaihao Jasmine Tea made in 2021—2023 varied. The optimal time for consumption of the tea was found to be 12 months after processing, and the shelf life approximately 18 months.

Key words: year of production; Dabaihao Jasmine Tea; aromatics; Fuzhou

0 引言

【研究意义】茉莉花茶是中国特有的再加工茶, 主产于福建福州、广西横县、四川犍为、湖南长沙等地, 多以新鲜茉莉花和烘青绿茶窨制而成, 既具有芬芳的茉莉花香, 又具有醇厚的茶味^[1], 近年来, 茉莉花茶销量持续上涨^[2]。因馥郁芬芳的花香和醇厚的滋味, 以及降血压、舒缓情绪、预防抑郁、抗氧化等保健功能而受到国内外消费者喜爱^[3-7]。香气是茉莉花茶最重要的品质因子, 其评分占花茶总评分的 35%^[8], 且对滋味品质具有协调效果。茉莉花茶品质受茉莉鲜花品种、配花量、茶坯质量、窨次、干燥方法、产地等因素影响^[9-17]。探究不同年份的茉莉花茶香气感官品质和香气成分的差异, 可为茉莉花茶的储藏时限与品饮价值提供理论基础。

【前人研究进展】近年来, 学者们对茉莉花茶工艺与品质形成, 以及其香气品质与成分展开了深入研究。多项研究表明, 茉莉花茶特征性香气成分有芳樟醇、乙酸苄酯、 α -法呢烯、顺-3-己烯醇苯甲酸酯、苯甲醇、邻氨基苯甲酸甲酯、乙酸苯甲酯、吲哚、顺-3-苯甲酸叶醇酯、水杨酸甲酯、氨基酸甲酯、3-己烯-1-醇^[18-23]。Lin 等^[24]研究发现茉莉花茶品质等级与“ α -法呢烯、顺-3-己烯基苯甲酸酯、邻氨基苯甲酸甲酯及吲哚的峰面积之和与芳樟醇的峰面积之比”关系密切, 并将这一比例称为茉莉花茶香气指数 (jasmine tea flavor, JTF), 该指数可作为茉莉花茶质量评价的指标, JTF 指数越大, 茉莉花茶的品质越好。此外, 花香的浓度和鲜灵度是评价茉莉花茶香气感官品质的重要因子。安会敏等^[20]的研究表明 3-己烯-1-醇、乙酸叶醇酯、水杨酸甲酯、顺-3-己烯基异戊酸酯、顺-3-己烯基苯甲酸酯、吲哚和 α -法呢烯等成分对鲜灵度影响大, 而苯甲醇、芳樟醇、苯甲酸甲酯、乙酸苄酯、2-氨基苯甲酸甲酯等成分对香气的浓度影响大, 这些香气成分主要来自茉莉花。黄新安^[21]检测新鲜茉莉花香气成分, 发现芳樟醇、 α -法呢烯、香叶醇、D-橙花醇、苯甲醇、乙酸苄酯、苯甲酸苄酯等在香气中起决定性作用, 另有研究发现苯乙醛、苯甲酸、邻氨基苯甲酸甲酯等对茉

莉花的香气起修饰作用^[25]。杨丽玲^[26]分析了不同年份的绿茶、白茶、红茶和黑茶香气成分, 结果发现在储藏过程中绿茶呈清香的香气物质含量减少, 而具油哈气物质含量增加, 白茶中呈花果香的物质含量增加, 红茶中呈花香的物质含量增加, 黑茶中醛酮类物质、甲氧基苯类物质、芳香烃、萘类等物质含量增加。**【本研究切入点】**已有研究主要集中在茉莉花茶制作工艺和特征性香气成分方面, 而关于不同年份茉莉花茶香气的分析鲜见报道。**【拟解决的关键问题】**本研究以 3 个年份的福州茉莉花茶为材料, 通过感官审评鉴定茉莉花茶香气品质, 采用 HS-SPME-GC-MS 结合保留指数检测分析茉莉花茶香气成分, 探讨随着储藏时间的增加, 茉莉花茶的香气感官品质及其香气成分所发生的变化。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试样品为 2021 年茉莉大白毫 (D1), 2022 年茉莉大白毫 (D2), 2023 年茉莉大白毫 (D3), 由福州茶厂有限责任公司茶叶感官审评室提供, 具体样品信息见表 1。茉莉大白毫加工工艺为: 茶坯、茉莉鲜花采养→拌和窨制→通花散热→起花→复火干燥→转窨→干燥, 第 1 次窨制时间为 12 h, 第 2~6 次窨制时间为 9 h, 每 2 次窨制后烘干 1 次。

1.2 仪器与设备

8890-7000D 气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS/MS), 美国 Agilent 公司; DB-5MS (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm) 色谱柱, 美国 Agilent 公司; MM400 球磨仪, 德国 Retsch 公司; 120 μm DVB/CWR/PDMS 萃取头, 美国 Agilent 公司; SPME Arrow 固相微萃取装置, 瑞士思特斯分析仪器有限公司; Fiber Conditioning Station 老化装置, 瑞士思特斯分析仪器有限公司; Agitator 样品加热箱, 瑞士思特斯分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 感官审评

由 3 名高级评茶师参照《茶叶感官审评方法》(GB/T 23776—2018) 对 3 份茶样进行感官审评, 同

表1 不同年份的茉莉大白毫样品信息
Table 1 Information on Dabaihao Jasmine Tea made in different years

茶样名称 Tea sample	编号 No.	茶坯 Basic tea	配花量 Flower amount	窨次 Scenting times	生产时间(年-月) Production time	储藏方式 Storage methods	试验时间(年-月) Test time	储藏时间 Storage time
2021年茉莉大白毫	D1	特级大白毫	270 kg	6次	2021-07	密封包装, 常温, 阴凉干燥	2024-01	30个月
2022年茉莉大白毫	D2	特级大白毫	270 kg	6次	2022-07	密封包装, 常温, 阴凉干燥	2024-01	18个月
2023年茉莉大白毫	D3	特级大白毫	270 kg	6次	2023-07	密封包装, 常温, 阴凉干燥	2024-01	6个月

配花量表示每100 kg茶坯所需茉莉鲜花量。

Jasmine flowers contained in tea is presented as quantity per 100 kg tea base.

时将香气品质从浓度、鲜灵度和持久度3个方面按定量描述法打分, 评茶师采用7分计分法来反映香气各方面的强度(0~1, 非常弱; >1~3, 弱; >3~4, 中; >4~5, 较强; >5~6, 强; >6~7, 非常强)。称取3 g茶样至标准审评杯中, 第1次冲泡3 min, 出汤审评汤色、香气鲜灵度和滋味鲜爽感, 第2次冲泡5 min, 出汤审评香气浓度和持久度, 滋味浓醇度和厚度, 第3次冲泡5 min, 出汤审评香气持久度。

1.3.2 香气成分萃取与测定

(1) 样品前处理

将保存自-80 °C冰箱中的茶叶样品取出进行液氮研磨, 称取约0.5 g研磨后的茶样于顶空瓶中, 加入饱和NaCl溶液和20 μL(10 μg·mL⁻¹)正己烷内标溶液, 全自动顶空固相微萃取HS-SPME进行样本萃取, 以供GC-MS分析。

(2) HS-SPME条件

60 °C恒温振荡5 min, 将萃取头插入顶空瓶中萃取15 min, 设定250 °C, 解析5 min, 随后进行GC-MS分离鉴定。采样前萃取头在Fiber Conditioning Station中250 °C下老化5 min。

(3) GC-MS条件

色谱条件: DB-5MS毛细管柱(30.00 m×0.25 mm×0.25 μm), 以纯度不小于99.99%的氦气作为载气, 流速1.2 mL·min⁻¹, 进样口温度230 °C, 溶剂延迟3.5 min。程序升温: 40 °C保持3.5 min, 然后以10 °C·min⁻¹升至100 °C, 再以7 °C·min⁻¹升至180 °C, 最后以25 °C·min⁻¹升至280 °C, 保持5 min。质谱条件: 电子轰击离子源(EI), 质谱接口温度280 °C, 离子源温度230 °C, 四级杆温度150 °C, 电子能量70 eV, 选择离子检测模式(SIM)进行扫描。

1.4 茉莉花茶挥发性成分的定性与定量分析

1.4.1 定性分析

基于迈维自建数据库, 包含确定的保留时间以及定性定量离子。选择离子检测模式对挥发性化合物进行精准扫描, 每种化合物分别选择1个定量离子, 2~3个定性离子。每组所有需要检测的离子按

照出峰顺序, 分时段分别检测, 若检出的保留时间与标准参考一致, 且所选择离子出现在扣除背景后的样品质谱图中, 则判定为该物质。

1.4.2 定量分析

采用内标半定量法, 各个组分含量的计算方法如下:

$$X_i = \frac{V_s \times C_s}{M} \times \frac{I_i}{I_s} \times 10^{-3}$$

式中: X_i 为待测样品中化合物*i*的含量(μg·g⁻¹); V_s 为加入内标物的体积(μL); C_s 为内标物的质量浓度(μg·mL⁻¹); M 为待测样品的量(g); I_s 为内标物的峰面积; I_i 为待测样品中化合物*i*的峰面积。

1.5 数据处理

每个样品进行3次重复试验, 基于迈维云平台对数据进行多元统计分析并绘图, 使用SPSS 26.0软件进行单因素分析, 以 $P < 0.05$ 、VIP > 1筛选差异香气成分, 采用Microsoft Excel 2010进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同年份茉莉大白毫感官审评分析

对3个年份的茉莉大白毫进行感官审评, 侧重于评价香气和滋味品质, 同时采用定量描述法对香气品质的浓度、鲜灵度和持久度进行评分。由表2可知, 随着储藏时间的增加, 香气和滋味品质皆呈下降趋势。其中香气品质下降主要因鲜灵度快速降低所致, 滋味品质也因鲜爽感降低而下降; 2023年

表2 不同年份茉莉大白毫感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation on Dabaihao Jasmine Tea made in different years

编号 No.	香气 Aroma				滋味 Taste		
	评语	评分	鲜灵度	浓度	持久度	评语	评分
D1	尚鲜, 高长	85	2.0	4.5	4.0	浓醇, 较厚	86
D2	鲜浓, 持久	91	4.0	6.0	5.5	醇厚, 甘爽	91
D3	鲜灵浓郁, 悠长	96	7.0	7.0	7.0	鲜爽醇厚, 甘滑	96

茉莉大白毫在香气的鲜灵度、浓度和持久度 3 个方面表现出色, 2022 年茉莉大白毫在香气鲜灵度、浓度和持久度方面表现较强, 但明显弱于 2023 年, 而 2021 年茉莉大白毫在香气的鲜灵度方面表现弱, 但在浓度和持久度方面表现较强。综上, 茉莉花茶在储藏过程中, 香气的鲜灵度下降最快, 浓度和持久度在 18 个月内保持良好。

2.2 不同年份茉莉大白毫中总挥发性化合物的变化

采用 HS-SPME-GC-MS 技术, 在 3 个不同年份的

茉莉大白毫中共检测到 116 个香气成分。所测的香气成分中数量和含量较高的是酯类、萜类和杂环化合物类, 数量分别为 26、36、12。由表 3 可知, 挥发性化合物总量随储藏时间的增加而减少, 2023 年茉莉大白毫总量最高, 为 $5846.79 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 2022 年和 2021 年茉莉大白毫总量分别为 2023 年的 71.29%、58.32%。在 3 个年份的茉莉大白毫中, 酯类物质含量最高, 其次是萜类和杂环化合物类。

表 3 不同年份茉莉大白毫各类香气成分含量及占比
Table 3 Content and proportion of aromatics in Dabaihao Jasmine Tea made in different years

类别 Category	D1		D2		D3	
	含量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	占比/%	含量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	占比/%	含量/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	占比/%
醇类 Alcohols	220.19	3.77	206.44	3.53	259.48	4.44
醛类 Aldehydes	189.18	3.24	253.15	4.33	288.45	4.93
萜类 Terpenes	522.24	8.93	878.22	15.02	1367.91	23.40
烃类 Hydrocarbons	21.45	0.37	33.24	0.57	43.50	0.74
酮类 Ketones	30.68	0.52	40.93	0.70	41.92	0.72
杂环化合物 Heterocyclic compounds	525.77	8.99	679.08	11.61	1066.27	18.24
酯类 Esters	1817.27	31.08	1986.88	33.98	2657.95	45.46
其他 Other	83.15	1.42	90.77	1.55	121.3	2.07
总量 Total	3409.93	58.32	4168.72	71.29	5846.79	100.00

其他包含烃类、酮类、胺类、酚类、酸类等挥发性成分; 因 D3 挥发性成分总量最高, 故在计算 D1、D2 和 D3 各类成分占比时以 D3 挥发性成分总量为分母。

Other volatiles include hydrocarbons, ketones, amines, phenols, acids, etc.; proportions of various compounds in D1, D2, and D3 were calculated based on the greatest total volatiles in D3 as the denominator.

主成分分析 (principal component analysis, PCA) 是一种多维数据统计方法, 将众多变量通过线性变换简化为少数重要变量, 以此捕捉原始数据集中的主要信息, 进而选取关键变量建立 PCA 综合评价模型^[27]。基于 116 个挥发性组分的检测结果进行主成分分析 (PCA), 3 个年份的茉莉大白毫在 95% 置信区间内分离良好, 其中 PC1 贡献率 65.42%, PC2 贡献率 23.9%, 两个主成分的累计方差贡献率在 80% 以上 (图 1)。在 PCA 分析图中, 样品之间距离近代表差异小, 距离远代表差异明显^[28], 2021 年茉莉大白毫与 2022 年和 2023 年茉莉大白毫具有明显分离, 2022 和 2023 年之间差异较小, 表明储藏时间达 30 个月时, 茉莉大白毫香气变化明显。

2.3 不同年份茉莉大白毫中特征性香气成分的差异性分析

对 3 个年份的茉莉大白毫相对含量较高且 VIP 值 >1 的香气成分进行热图分析 (图 2), 共筛选出 42 种差异香气成分 ($P < 0.05$, $\text{VIP} > 1$), 其中 32 种

香气成分在 2023 年茉莉大白毫中的含量显著高于 2022 年和 2021 年茉莉大白毫, 这些成分包括乙酸苄酯、芳樟醇、 α -法呢烯、苯甲醇、顺-3-己烯醇苯甲酸酯、邻氨基苯甲酸甲酯、水杨酸甲酯和吲哚等茉莉花茶特征性香气成分, 其中苯甲醇、芳樟醇和水

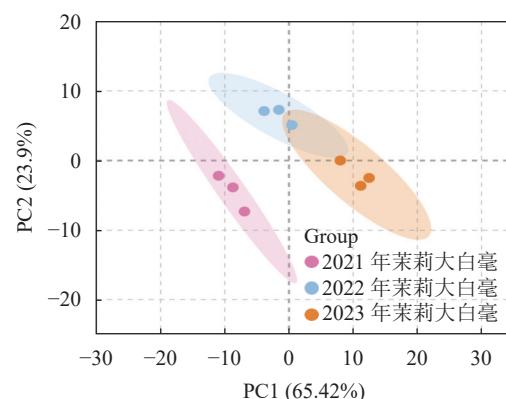


图 1 不同年份茉莉大白毫香气成分 PCA 分析图

Fig. 1 PCA on aromatics in Dabaihao Jasmine Tea made in different years

杨酸甲酯与茶叶香气的清鲜感密切相关, 在白茶贮藏的前期也有明显减少^[29]。此外, 部分香气成分在2023和2022年间的含量差异较小, 但与2021年差异显著, 如丙酸叶醇酯、紫苏烯和(Z)-戊-2-烯丁酸丁酯等, 说明这些香气成分在较短的储藏时间

(18个月内)相对稳定。部分香气成分在2021和2022年间的含量差异较小, 但与2023年差异显著, 如苯甲酸乙酯、苯乙酸甲酯、乙酸苄酯和顺-3-己烯基乙酸酯等, 表明这些香气成分在储藏前期快速减少, 当含量降低到一定程度时, 其减少速度逐渐放缓。

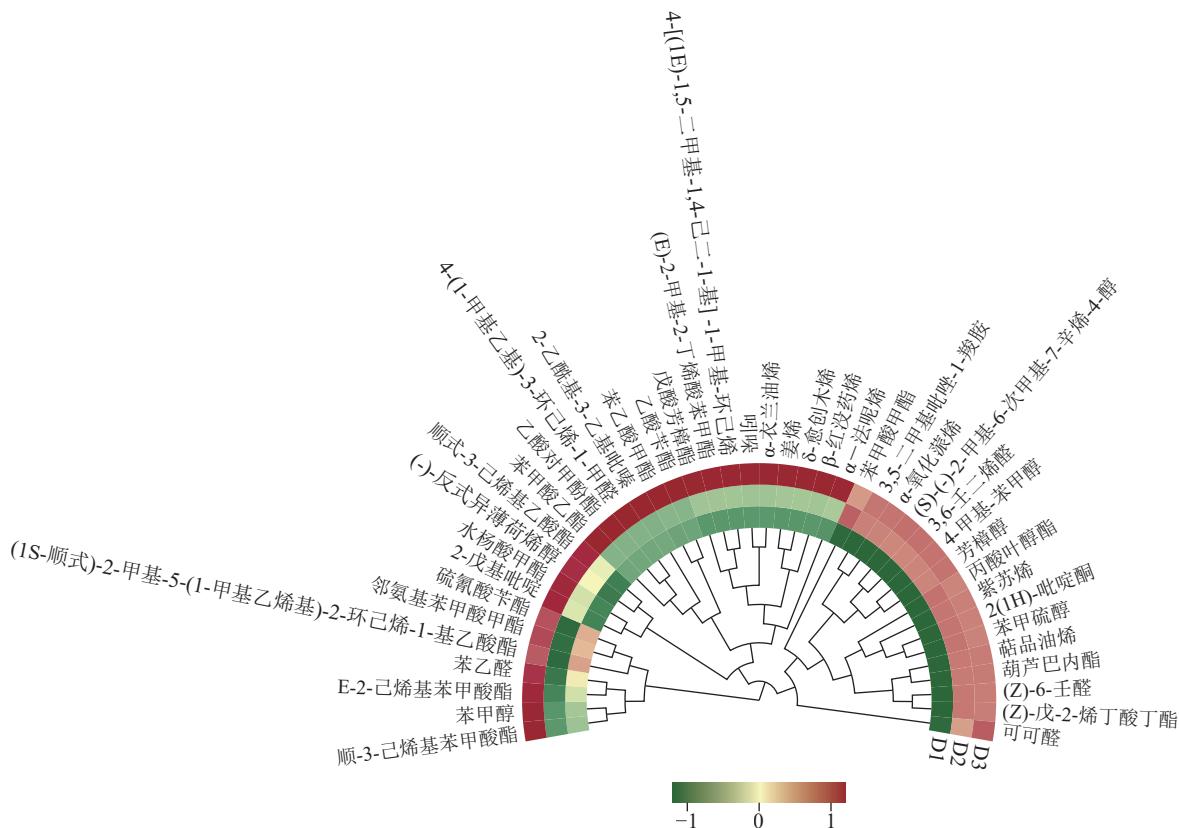


图2 不同年份茉莉大白毫主要香气成分热图

Fig. 2 Heat map of main aromatics in Dabaihao Jasmine Tea made in different years

2.4 茉莉大白毫香气品质与特征性香气成分相关性分析

香气品质是茉莉花茶感官品质中最重要的一项, 评鉴茉莉花茶香气好坏主要从浓度、鲜灵度和持久度3个方面进行衡量^[30]。为探明对茉莉大白毫香气品质有较大影响的成分, 对3个年份的茉莉大白毫相对含量较高且VIP值>1的香气成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度进行相关性分析(表4)。相关系数范围为“-1~1”, 其绝对值越大表示两者间相关性越强, 大于0.8表示两者间相关性极强^[31]。这些成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度皆呈正相关, 其中与香气浓度相关系数大于0.8的香气成分有36种, 且(-)-反式异薄荷烯醇与香气浓度呈显著正相关; 与香气鲜灵度相关系数大于0.8的香气成分有30种, 2-戊基吡啶、水杨酸甲酯、顺式-3-己烯基乙酸酯、(-)-反式异薄荷烯醇与香气鲜灵度呈显

著正相关; 与香气持久度相关系数大于0.8的香气成分34种, (-)-反式异薄荷烯醇、顺式-3-己烯基乙酸酯、2-戊基吡啶、水杨酸甲酯与香气持久度呈显著正相关; 乙酸苄酯、2-戊基吡啶、吲哚、苯乙酸甲酯、芳樟醇、α-法呢烯、(-)-反式异薄荷烯醇、水杨酸甲酯、菲品油烯、顺式-3-己烯基乙酸酯和2-乙酰基-3-乙基吡嗪等28种香气成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度均具有强相关性。茉莉花茶特征性香气成分邻氨基苯甲酸甲酯与香气的浓度、鲜灵度和持久度之间相关系数均不高。

3 讨论

本研究通过感官审评和定量描述法评价茉莉大白毫香气感官品质。结果显示, 2023年茉莉大白毫香气感官品质最好, 茉莉花香浓度饱满, 鲜灵度和持久度极强, 2022年茉莉大白毫香气的浓度和持久

表4 香气成分与茉莉大白毫香气浓度、鲜灵度及持久度的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between aromatic composition and intensity, freshness, and lasting time of Dabaihao Jasmine Tea aroma

化合物 Compound	CAS号 Chemical abstracts service number	VIP值 Variable importance in projection	相关系数 Correlation coefficient		
			浓度 Intensity	鲜灵度 Freshness	持久度 Lasting time
乙酸苄酯 Acetic acid, phenylmethyl ester	140-11-4	2.41	0.84	0.94	0.90
吲哚 Indole	120-72-9	3.13	0.90	0.98	0.95
邻氨基苯甲酸甲酯 Benzoic acid, 2-(methylamino)-, methyl ester	134-20-3	1.06	0.18	0.40	0.30
苯乙酸甲酯 Benzeneacetic acid, methyl ester	101-41-7	2.15	0.85	0.95	0.90
2-乙酰基-3-乙基吡嗪 2-Acetyl-3-ethylpyrazine	32974-92-8	1.63	0.82	0.93	0.88
萜品油烯 Terpinolene	586-62-9	1.84	0.91	0.80	0.86
(Z)-戊-2-烯丁酸丁酯 (Z)-pent-2-enyl butyrate	42125-13-3	1.68	0.91	0.79	0.85
4-[((1E)-1,5-二甲基-1,4-己二-1-基)-1-甲基-环己烯 Cyclohexene, 4-[(1E)-1,5-dimethyl-1,4-hexadien-1-yl]-1-methyl-	25532-79-0	3.27	0.91	0.98	0.95
苯甲醇 Benzyl alcohol	100-51-6	1.32	0.65	0.81	0.73
E-2-己烯基苯甲酸酯 E-2-Hexenyl benzoate	76841-70-8	1.06	0.51	0.69	0.60
顺-3-己烯基苯甲酸酯 (Z)-3-Hexen-1-ol, benzoate	25152-85-6	1.62	0.68	0.83	0.76
2-戊基吡啶 2-Pentylpyridine	2294-76-0	4.3	0.98	0.99***	0.99*
乙酸对甲酚酯 Acetic acid, 4-methylphenyl ester	140-39-6	2.01	0.83	0.93	0.89
姜烯 Zingiberene	495-60-3	3.16	0.91	0.98	0.95
苯甲酸甲酯 Benzoic acid, methyl ester	93-58-3	1.67	0.84	0.70	0.78
芳樟醇 Linalool	78-70-6	1.85	0.93	0.82	0.88
δ-愈创木烯 δ-Guaiiene	3691-11-0	3.06	0.91	0.98	0.95
紫苏烯 Perillen	539-52-6	1.55	0.90	0.78	0.85
(Z)-6-壬醛 (Z)-6-Nonenal	2277-19-2	1.49	0.91	0.79	0.86
(-)-反式异薄荷烯醇 (-)-trans-Isopiperitenol	74410-00-7	3.2	0.99*	0.99*	0.99***
(E)-2-甲基-2-丁烯酸苯甲酯 Benzyl (E)-2-methyl-2-butenoate	37526-88-8	3.15	0.91	0.98	0.95
β-红没药烯 β-Bisabolene	495-61-4	2.83	0.91	0.98	0.95
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	119-36-8	2.91	0.97	0.99***	0.99*
4-(1-甲基乙基)-3-环己烯-1-甲醛 3-p-Menthene-7-al	27841-22-1	1.72	0.83	0.94	0.89
葫芦巴内酯 2(5H)-Furanone, 3-hydroxy-4,5-dimethyl-	28664-35-9	1.43	0.92	0.80	0.87
戊酸芳樟酯 Pentanoic acid, 1-ethenyl-1,5-dimethyl-4-hexenyl ester	10471-96-2	2.37	0.91	0.98	0.95
α-衣兰油烯 α-Murolene	10208-80-7	2.19	0.90	0.98	0.95
2(1H)-吡啶酮 2(1H)-Pyridinone	142-08-5	1.43	0.90	0.78	0.85
硫氰酸苄酯 Thiocyanic acid, phenylmethyl ester	3012-37-1	1.08	0.13	0.36	0.25
3,6-壬二烯醛 (Z,Z)-3,6-Nonadienal	21944-83-2	1.79	0.94	0.84	0.89
3,5-二甲基吡唑-1-羧胺 1H-Pyrazole-1-carboximidamide, 3,5-dimethyl-	22906-75-8	1.7	0.93	0.82	0.88
苯甲硫醇 Benzenemethanethiol	100-53-8	1.52	0.90	0.78	0.85

续上表

化合物 Compound	CAS号 Chemical abstracts service number	VIP值 Variable importance in projection	相关系数 Correlation coefficient		
			浓度 Intensity	鲜灵度 Freshness	持久度 Lasting time
(S)-(-)-2-甲基-6-次甲基-7-辛烯-4-醇 (S)-7-Octen-4-ol,2-methyl-6-methylene	35628-05-8	1.56	0.94	0.84	0.90
顺式-3-己烯基乙酸酯 (Z)-3-Hexen-1-ol, acetate	3681-71-8	2.96	0.99	0.99 ^{**}	0.99 ^{**}
4-甲基-苯甲醇 Benzenemethanol, 4-methyl	589-18-4	1.48	0.94	0.83	0.89
α-氧化蒎烯 3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane, 2,7,7-trimethyl	1686-14-2	1.31	0.93	0.82	0.88
可可醛 2-Isopropyl-5-methylhex-2-enal	35158-25-9	2.09	0.97	0.90	0.94
苯甲酸乙酯 Benzoic acid, ethyl ester	93-89-0	1.83	0.83	0.94	0.89
α-法呢烯 α-Farnesene	502-61-4	2.97	0.92	0.99	0.96
苯乙醛 BenzeneacetAldehyde	122-78-1	1.04	0.36	0.56	0.46
(1S-顺式)-2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-2-环己烯-1-基乙酸酯 2-Cyclohexen-1-ol, 2-methyl-5-(1-methylethylene)-, acetate	7111-29-7	1.28	0.08	0.30	0.19
丙酸叶醇酯 3-Hexen-1-ol, propanoate	33467-74-2	1.63	0.90	0.77	0.84

***表示极显著相关 ($P<0.01$)， **表示显著相关 ($P<0.05$)， *表示显著相关 ($P<0.1$)。

*** indicates extremely significant correlation at $P<0.01$, ** indicates significant correlation at $P<0.05$, and * indicates significant correlation at $P<0.1$.

度强，鲜灵度较强，而 2021 年茉莉大白毫因鲜灵度快速降低导致香气品质明显降低。在储藏过程中，茉莉花茶的香气感官品质随着香气成分的变化而改变，而香气成分的变化是一个渐进过程。储藏 18 个月的茉莉大白毫香气成分总量是储藏 6 个月的 71.29%，不过此时其香气浓度和持久度仍强，鲜灵度亦较强。储藏 12 个月的茉莉花茶在香气感官品质和香气成分总量方面，应优于储藏 18 个月的，此外，福州茉莉花茶最佳的加工时间为每年 6~8 月，新茶上市后，其香气的鲜灵度表现强势，与上一年度生产的茉莉花茶形成明显对比，据此推测茉莉花茶最佳品饮期在 12 个月左右。故茉莉花茶保质期应设置在 18 个月左右，而最佳品饮期应在 12 个月内。

采用 HS-SPME-GC-MS 技术对 2021 年、2022 年、2023 年生产的茉莉大白毫的挥发性成分进行测定，以从挥发性成分方面来分析引起香气感官变化的原因，2023 年茉莉大白毫香气总量最高，为 $5.846.79 \mu\text{g g}^{-1}$ ，分别比 2022 年和 2021 年高 28.71%、41.68%。在 3 个年份的茉莉大白毫中，酯类物质含量最高，其次是萜类和杂环化合物类。这与茉莉花茶特征性香气成分大部分为酯类物质结果一致^[17,32-33]。不同年份的茉莉大白毫香气组分间存在显著差异，并筛选出 42 种差异香气成分 ($P<0.05$, $VIP>1$)，尤其是乙酸苄酯、芳樟醇、α-法呢烯、苯甲醇、顺-3-己烯醇苯甲酸酯、邻氨基苯甲酸甲酯、水杨酸甲酯和吲

哚等茉莉花茶特征性香气成分，在 2023 年茉莉大白毫中含量显著高于 2022 年和 2021 年，是香气浓度和持久度随着储藏时间的增加而降低的原因之一。进一步将 42 种差异香气成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度进行相关性分析，发现皆为正相关。与香气浓度、鲜灵度和持久度相关系数大于 0.8 的成分分别有 36、30、34 种，其中乙酸苄酯、吲哚、苯乙酸甲酯、芳樟醇、α-法呢烯、水杨酸甲酯、萜品油烯和 2-乙酰基-3-乙基吡嗪等 28 种成分与香气的浓度、鲜灵度和持久度均具有强相关性。这与叶乃兴等^[34]和陈梅春等^[18]的研究结果相符，芳樟醇、乙酸苄酯、α-法呢烯和吲哚等香气物质是茉莉花茶香气的主要成分，对茉莉花茶的香气品质具有积极影响。与安会敏等^[20]的研究结果部分相符，其结果显示芳樟醇、乙酸苄酯、吲哚、苯乙酸甲酯、芳樟醇、α-法呢烯、水杨酸甲酯等成分的 OAV 值随着样品香气感官品质浓度的增加而明显增加，但与其不同的是，本试验中邻氨基苯甲酸甲酯与香气浓度的相关系数较小，这可能是由于本试验与安会敏等的研究在配花量上存在较大差异所致。QI 等^[35]测定并分析了 2011、2018、2019、2020、2021 和 2022 年茉莉银针的香气组分和感官评价，发现经过 3 年储存后的茉莉花茶香气最佳，与本研究结果不一致，可能是因为所测茉莉花茶品类不同的缘故。

郭亚辉等^[36]对比了复合牛皮纸和马口铁罐包装

中龙井茶的香气变化,结果显示25~40℃储藏条件下,马口铁罐包装更有利于龙井茶的香气,而在50~70℃储藏条件下,复合牛皮纸包装的效果更好。杨京等^[37]对比了冷藏1年、常温储藏1年与新茶的香气品质,结果表明与新茶相比储藏1年的信阳毛尖香气品质降低,但冷藏的变化较小,而常温储藏的香气发生了明显劣变。这些研究显示包装材料、储藏温度等因素均会对茶叶的香气产生影响,故有必要进一步研究茉莉花茶的包装材料、包装方式和储藏环境,为储藏茉莉花茶提供依据。

参考文献:

- [1] 崔宏春,赵芸,黄海涛,等.茉莉花茶加工技术及风味品质研究进展[J].*安徽农业科学*,2024,52(1):17~20.
- CUI H C, ZHAO Y, HUANG H T, et al. Research progress on processing technology and flavor quality of jasmine tea[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2024, 52(1): 17~20. (in Chinese)
- [2] 梅宇,张朔,李佳禾.2022年中国茉莉花茶产销形势分析[J].茶业通报,2024,46(2):51~56.
- MEI Y, ZHANG S, LI J H. Assessment of the economic situation of China's jasmine tea industry in 2022[J]. *Journal of Tea Business*, 2024, 46(2): 51~56. (in Chinese)
- [3] DENG Y M, SUN X B, GU C S, et al. Identification of pre-fertilization reproductive barriers and the underlying cytological mechanism in crosses among three petal-types of *Jasminum sambac* and their relevance to phylogenetic relationships[J]. *PLoS One*, 2017, 12(4): e0176026.
- LI D L, TANG X D, LIU C, et al. Jasmine (*Jasminum grandiflorum*) flower extracts ameliorate tetradecanoylphorbol acetate induced ear edema in mice[J]. *Natural Product Communications*, 2020, 15(4): 1934578X20917498.
- [5] 丛涛,赵霖,李珍,等.3种不同的茉莉花茶对生长期大鼠营养生理功能的影响研究[J].现代预防医学,2011,38(3):456~460.
- CONG T, ZHAO L, LI Z, et al. The effects of three kind of jasmine tea on nutritional physiological functions of growing rats[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2011, 38(3): 456~460. (in Chinese)
- [6] 张杨波.茉莉花茶香气与精油窨制花茶工艺及花茶防抑郁作用研究[D].长沙:湖南农业大学,2022
- ZHANG Y B. Research on aroma release of jasmine, and jasmine tea scenting by essential oil and prevention-depressant effect of jasmine tea [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2022. (in Chinese)
- [7] 黄彪,鲁菲菲,李巍,等.不同等级福州茉莉花茶活性成分及体外抗氧化活性比较[J].食品安全质量检测学报,2024,15(17):193~199.
- HUANG B, LU F F, LI W, et al. Study on the active constituents and antioxidant activities of different grades of Fuzhou Jasmine tea[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2024, 15(17): 193~199. (in Chinese)
- Chinese)
- [8] 施兆鹏,黄建安.茶叶审评与检验[M].北京:中国农业出版社,2023.
- [9] 叶秋萍.基于亚临界萃取的茉莉精油与茶叶窨制技术及机理研究[D].福州:福建农林大学,2015
- YE Q P. A study of tea scenting technology and mechanism by the jasmine essential oil from subcritical extraction [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015. (in Chinese)
- [10] YU Y, LYU S H, CHEN D, et al. Volatiles emitted at different flowering stages of *Jasminum sambac* and expression of genes related to α -farnesene biosynthesis[J]. *Molecules*, 2017, 22(4): 546.
- [11] PRAGADHEESH V S, CHANOTIYA C S, RASTOGI S, et al. Scent from *Jasminum grandiflorum* flowers: Investigation of the change in linalool enantiomers at various developmental stages using chemical and molecular methods[J]. *Phytochemistry*, 2017, 140: 83~94.
- [12] 张婷婷,叶秋萍,程淑华,等.茉莉花茶加工技术与吸香机理研究现状[J].*热带作物学报*,2016,37(1):203~207.
- ZHANG Y T, YE Q P, CHENG S H, et al. Technology and mechanism of jasmine tea scenting[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(1): 203~207. (in Chinese)
- [13] 卢健,王东,朱建杰,等.茉莉花茶隔离窨制中主要影响因子对挥发性组分的影响[J].中国食品学报,2019,19(1):65~74.
- LU J, WANG D, ZHU J J, et al. Effects of main factors on the volatile compounds of jasmine scented tea during the isolated scenting process[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2019, 19(1): 65~74. (in Chinese)
- [14] 赵国飞.茉莉红茶窨制工艺及其品质特性研究[D].重庆:西南大学,2016
- ZHAO G F. *Research on the scenting technology and quality characteristic of jasmine black tea* [D]. Chongqing: Southwest University, 2016. (in Chinese)
- [15] 叶秋萍,余雯,谢基雄,等.不同干燥方式对茉莉花茶挥发性成分的影响[J].食品工业科技,2024,45(18):210~218.
- YE Q P, YU W, XIE J X, et al. Effects of different drying methods on volatile components of jasmine tea[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(18): 210~218. (in Chinese)
- [16] 周丽伟,史乐怡,宁井铭,等.基于分子感官组学的不同产区茉莉花茶香气组成特征分析[J].安徽农业大学学报,2024,51(3):495~502.
- ZHOU L W, SHI L Y, NING J M, et al. Study on the characteristic aroma components of jasmine tea from different producing areas by molecular sensory genomics[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2024, 51(3): 495~502. (in Chinese)
- [17] 王淑燕,赵峰,饶耿慧,等.基于电子鼻和ATD-GC-MS技术分析茉莉花茶香气成分的产地差异[J].食品工业科技,2021,42(15):234~239.
- WANG S Y, ZHAO F, RAO G H, et al. Origin difference analysis of aroma components in jasmine tea based on electronic nose and ATD-

- GC-MS[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(15): 234-239. (in Chinese)
- [18] 陈梅春, 朱育菁, 刘波, 等. 基于顶空-固相微萃取的茉莉花茶茶叶蛋香气成分测定[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(6): 241-245, 254.
- CHEN M C, ZHU Y J, LIU B, et al. Determination of aroma components of jasmine tea eggs based on head space solid phase microextraction[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(6): 241-245, 254. (in Chinese)
- [19] 傅天龙, 郭晨, 傅天甫, 等. 福州8种主要茉莉花茶特征香气成分比较与分析[J]. *茶叶科学*, 2020, 40(5): 656-664.
- FU T L, GUO C, FU T P, et al. Comparison and analysis of characteristic aroma components of eight main jasmine teas in Fuzhou[J]. *Journal of Tea Science*, 2020, 40(5): 656-664. (in Chinese)
- [20] 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 H M, OU X C, XIONG Y F, et al. Study on the characteristic aroma components of jasmine tea[J]. *Journal of Tea Science*, 2020, 40(2): 225-237. (in Chinese)
- [21] 黄新安. 茉莉花茶和茉莉花香气分析及其形成机理的初步研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2001
- HUANG X A. A preliminary study on the aroma analysis and formation mechanism of jasmine tea and jasmine flowers[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2001. (in Chinese)
- [22] 施梦南, 唐德松, 龚淑英, 等. SPME-GC-MS联用技术分析茉莉花茶的挥发性成分[J]. *中国食品学报*, 2013, 13(6): 234-239.
- SHI M N, TANG D S, GONG S Y, et al. Analysis on volatile components of jasmine tea using SPME-GC-MS method[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2013, 13(6): 234-239. (in Chinese)
- [23] ITO Y, SUGIMOTO A, KAKUDA T, et al. Identification of potent odorants in Chinese jasmine green tea scented with flowers of *Jasminum sambac*[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(17): 4878-4884.
- [24] 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 Science and Biotechnology*, 2013, 22(2): 331-340.
- [25] ZHOU C Z, ZHU C, TIAN C Y, et al. Integrated volatile metabolome, multi-flux full-length sequencing, and transcriptome analyses provide insights into the aroma formation of postharvest jasmine (*Jasminum sambac*) during flowering[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2022, 183: 111726.
- [26] 杨丽玲. 茶叶自然陈化过程主要风味物质变化研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2023
- YANG L L. Study on the changes of main flavor substances of tea during natural aging process[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2023. (in Chinese)
- [27] WU J Z, OUYANG Q, PARK B, et al. Physicochemical indicators coupled with multivariate analysis for comprehensive evaluation of matcha sensory quality[J]. *Food Chemistry*, 2022, 371: 131100.
- [28] PANG Z Q, MAO X Y, ZHOU S Q, et al. Microbiota-mediated nitrogen fixation and microhabitat homeostasis in aerial root-mucilage[J]. *Microbiome*, 2023, 11(1): 85.
- [29] 陈泽文. 不同产地及贮藏时间白茶品质差异研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2023.
- CHEN Z W. Study on the quality difference of white tea in different producing areas and storage time[D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2023. (in Chinese)
- [30] 杨江帆, 吴建成, 叶乃兴, 等. 福州茉莉花茶[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2019.
- [31] 李春喜. 生物统计学[M]. 北京: 科学出版社, 2024.
- [32] ZHANG Y B, XIONG Y F, AN H M, et al. Analysis of volatile components of jasmine and jasmine tea during scenting process[J]. *Molecules*, 2022, 27(2): 479.
- [33] ZHAO Y L, LI S Y, DU X, et al. Insights into momentous aroma dominating the characteristic flavor of jasmine tea[J]. *Food Science & Nutrition*, 2023, 11(12): 7841-7854.
- [34] 叶乃兴, 杨广, 郑乃辉, 等. 湿窨工艺及配花量对茉莉花茶香气成分的影响[J]. *茶叶科学*, 2006, 26(1): 65-71.
- YE N X, YANG G, ZHENG N H, et al. Effects of wet-scenting process and RJF on the aroma constituent of jasmine scented tea[J]. *Journal of Tea Science*, 2006, 26(1): 65-71. (in Chinese)
- [35] QI Z H, HUANG W J, LIU Q Y, et al. Variation in the aroma composition of jasmine tea with storage duration[J]. *Foods*, 2024, 13(16): 2524.
- [36] 郭亚辉, 冯焱, 沈维伟, 等. 不同包装龙井茶贮藏过程中香气成分变化规律研究[J]. *中国茶叶加工*, 2020(4): 34-39.
- GUO Y H, FENG Y, SHEN W W, et al. Study on the variation of Longjing tea aroma in different packages during storage[J]. *Chinese Tea Processing*, 2020(4): 34-39. (in Chinese)
- [37] 杨京, 刘钟栋, 陈肇瑛, 等. 信阳毛尖储藏期间茶香气的变化[J]. 郑州工程学院学报, 2002, 23(2): 1-4.
- YANG J, LIU Z D, CHEN Z T, et al. Changes of the aroma constituents of Xinyangmaojian tea in storage[J]. *Journal of Zhengzhou Institute of Technology*, 2002, 23(2): 1-4. (in Chinese)

(责任编辑: 梁子钧)