

# 基于多元统计分析评价不同茶树品种的绿茶适制性

王欢欢<sup>1,2</sup>, 袁丽萍<sup>1,2</sup>, 雷震东<sup>1,2</sup>, 杨淑雅<sup>1,2</sup>, 李玉川<sup>1,2</sup>, 周敬涛<sup>1,2</sup>, 覃信雪<sup>1,2</sup>, 余志<sup>1,2</sup>, 倪德江<sup>1,2</sup>, 陈玉琼<sup>1,2,\*</sup>

(1.华中农业大学 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 湖北 武汉 430070;

2.华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 采用主成分分析和多元线性回归分析法考察不同茶区优选区域适制茶树品种的绿茶适制性。本研究以种植于同一区域的63个茶树品种鲜叶为原料, 按同一加工工艺加工成烘青绿茶, 分析其感官品质、主要理化品质(茶多酚、游离氨基酸、水浸出物和叶绿素)和色度值( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ), 结合主成分分析和多元线性回归分析, 评价供试品种的绿茶适制性及其主要影响因子。结果表明, 不同品种绿茶叶绿素含量的变异系数最大(26.7%), 其次是干茶色度值 $a^*$ 值(22.2%)、汤色(17.1%)和干茶色泽评分(16.2%)。各指标相关性分析表明, 茶多酚含量与干茶色泽、汤色和叶底色泽之间, 干茶叶绿素含量、 $|a^*|$ 值、 $b^*$ 值与干茶色泽之间, 干茶叶绿素含量、 $|a^*|$ 与叶底色泽之间, 干茶 $|a^*|$ 值、 $b^*$ 值与汤色之间极显著相关( $P < 0.01$ )。主成分分析结果表明, 前5个主成分贡献率达76.895%, 第1主成分贡献率为31.918%, 主要指向色泽品质。通过前5个主成分构建评价模型, 得到排名前10的品种包括: 中茶108、乌牛早、平阳特早、蒙山9号、蕻北种、福鼎大白、鸠坑16号、福鼎大毫、茂绿、龙井43。以主要理化品质和感官评价总分为对象进行多元线性回归分析, 得到回归函数为:  $Y = 68.668 + 5.174x$ , 其中 $Y$ 为感官评分总分,  $x$ 为 $|a^*|$ 值,  $R^2$ 为0.313 ( $P < 0.001$ )。以此函数得到排名前10的品种与主成分分析结果高度一致, 表明 $a^*$ 值是评定绿茶适制品种的重要指标, 可作为绿茶适制品种筛选的重要依据。

**关键词:** 绿茶; 茶树品种; 适制性; 综合评价

## Evaluation of Suitability for Green Tea Processing of Different Tea Cultivars Based on Multivariate Statistical Analysis

WANG Huanhuan<sup>1,2</sup>, YUAN Liping<sup>1,2</sup>, LEI Zhendong<sup>1,2</sup>, YANG Shuya<sup>1,2</sup>, LI Yuchuan<sup>1,2</sup>, ZHOU Jingtao<sup>1,2</sup>,  
QIN Xinxue<sup>1,2</sup>, YU Zhi<sup>1,2</sup>, NI Dejiang<sup>1,2</sup>, CHEN Yuqiong<sup>1,2,\*</sup>

(1. National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Horticultural Crops, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression analysis (MLRA) were used to analyze and investigate the suitability of green tea for tea tree varieties in different tea cultivars. The fresh leaves of 63 tea cultivars planted in the same garden were processed into roasted green tea by the same method. The sensory and major physicochemical qualities (tea polyphenols, free amino acids, water extracts and chlorophyll) and the color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) of green tea were analyzed. To evaluate the suitability of the tested cultivars for green tea processing and its major influential factors, the data obtained were analyzed by PCA and MLRA. The results showed that the coefficient of variation (CV) of chlorophyll content in different cultivars was the highest (26.7%), followed by tea  $a^*$  value (22.2%), sensory score for tea infusion color (17.1%) and sensory score for tea color (16.2%). A significant correlation was found between the polyphenol content of green tea and its color, tea infusion color and the color of infused tea leaves; between the chlorophyll content,  $|a^*|$  and  $b^*$  values of green tea and its color; between the chlorophyll content and  $|a^*|$  value of green tea and the color of infused

收稿日期: 2023-05-16

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项(2019YFD1001601)

第一作者简介: 王欢欢(1996—)(ORCID: 0009-0004-3637-4992), 女, 硕士研究生, 研究方向为茶叶加工与利用。

E-mail: 18854881853@163.com

\*通信作者简介: 陈玉琼(1968—)(ORCID: 0000-0002-3132-2024), 女, 教授, 博士, 研究方向为茶叶加工利用、茶叶安全。

E-mail: chenylq@mail.hzau.edu.cn

tea leaves; and between the  $|a^*|$  and  $b^*$  values of green tea and tea infusion color ( $P < 0.01$ ). The PCA results showed that the contribution rate of the first five principal components (PCs) was 76.895%, and that of the first principal component was 31.918%, mainly pointing to the color quality. According to the evaluation model constructed based on the first five PCs, the top 10 cultivars were Zhongcha 108, Wuniuzao, Pingyangtezao, Mengshan 9, Soubeizhong, Fudingdabai, Jiukeng 16, Fudingdahao, Maolv, and Longjing 43. Using MLRA, the regression function between overall sensory score ( $Y$ ) and  $|a^*|$  value ( $x$ ) was obtained as  $Y = 68.668 + 5.174x$  ( $R^2 = 0.313$ ) ( $P < 0.001$ ). The top 10 varieties determined from this equation were highly consistent with the results of PCA, indicating that  $a^*$  value is an important indicator for the evaluation of the suitability of tea cultivars for green tea processing.

**Keywords:** green tea; tea cultivars; suitability; comprehensive evaluation

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230516-153

中图分类号: TS272

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2024) 03-0009-07

引文格式:

王欢欢, 袁丽萍, 雷震东, 等. 基于多元统计分析评价不同茶树品种的绿茶适制性[J]. 食品科学, 2024, 45(3): 9-15.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230516-153. <http://www.spkx.net.cn>

WANG Huanhuan, YUAN Liping, LEI Zhendong, et al. Evaluation of suitability for green tea processing of different tea cultivars based on multivariate statistical analysis[J]. Food Science, 2024, 45(3): 9-15. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20230516-153. <http://www.spkx.net.cn>

中国是茶树发源地, 茶树品种资源丰富, 我国经认定、审定、鉴定的国家级茶树良种就有134个<sup>[1]</sup>。不同茶树品种因各自的基因表型、理化特征的差异, 而具有不同茶类加工适制性, 出现了绿茶适制品种、红茶适制品种及乌龙茶适制品种等。茶树品种的这种适制性具有相对性, 受环境等多种因素影响。因此, 同一茶树品种在不同生长环境, 生长代谢会发生变化, 茶类的适制性也可能随之变化。此外, 随着茶产业和消费市场的不断发展, 特色品种茶备受消费者青睐, 如高氨基酸品种、低咖啡因品种、特色香味品种、彩色芽叶品种等<sup>[2-5]</sup>, 这些品种打破了传统品种的适制性概念, 使茶品质更丰富多彩, 满足了不同消费者的需求<sup>[6-7]</sup>。

绿茶是我国生产量、消费量和出口量最多的一类茶, 全国各个茶区都有绿茶生产, 但因自身品种特性和生态环境的差异而品质各异。各地在引种时大多根据最初品种选育地的特性进行引种, 往往具有环境适应性及品质变化的风险。目前, 各地针对一些当地及引进品种的绿茶适制性研究已有很多报道, 包括恩施玉露、都匀毛尖、信阳毛尖、保靖黄金茶等<sup>[8-11]</sup>, 通过感官品质和主要理化成分的综合分析, 为特定绿茶品种的筛选提供了理论基础。此外, 陈敏仪等<sup>[12]</sup>利用德尔菲法和层次分析法对24个茶树品种包括产量、感官品质、抗性、环境适应性、资源利用效率和价格等指标进行综合评价, 筛选出适制优质条形绿茶的生态经济型茶树品种, 提出的筛选条件和目标更明确和精准。

尽管各区域对绿茶品种适制性研究较多, 但大多同时进行对比的茶树品种数量相对较少、品种类型也比较单一, 主要针对传统意义上的绿茶适制品种<sup>[13-18]</sup>。此外, 在品种适制性筛选过程中, 对产品品质评价则主要根据对

茶样的感官审评结果和主要理化成分含量进行对比判断, 缺乏一种更客观、直接的综合评价方法。

为此, 本实验以种植于同一茶园的63个茶树品种为研究对象, 采摘相同嫩度鲜叶、按相同工艺加工成烘青绿茶, 分析绿茶样品感官品质、主要理化品质和干茶色度值等12项指标, 通过主成分分析和多元线性回归分析, 筛选绿茶适制品种评价指标。并以此为依据, 优选绿茶适宜品种, 为绿茶品种的筛选和引种提供理论基础和应用指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

茶叶鲜叶于2021年4月采自湖北省武汉市南湖茶叶实验茶园, 共63个茶树品种, 采摘标准为1芽2叶, 信息如表1所示。

表1 供试茶品种信息

Table 1 Information of tea cultivars tested in this study

原产地	品种
福建	紫牡丹、铁观音、梅占、金牡丹、黄旦、福鼎大毫、福鼎大白、福安大白、铁罗汉、水仙、金观音、福云6号、福选9号、丹桂、春波绿
浙江	中茶108、中茶102、浙农117、迎霜、乌牛早、茂绿、龙井长叶、龙井43、鸠坑早、鸠坑16号、白叶1号、平阳特早、翠峰
湖北	宜红早、五峰310、五峰212、冷后浑、楚香1号、鄂茶10号、鄂茶3号、鄂茶2号、鄂茶1号、华红1号
湖南	楮叶齐、楮叶齐12号、湘波绿、桃源大叶、碧云、碧香早
四川	名选131、马边绿、牛皮茶、蒙山9号、川茶9号
安徽	仙寓早、舒茶早、鳧早2号、多抗香
云南	紫鹃、老山香、昆明十里香
其他	桂红4号、黔湄106、黔湄809、藪北种、陕西紫阳、台茶12号、青心大有

福林-酚、丙酮、甲醇、乙醇、浓硫酸、蒽酮、茚三酮、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (均为分析纯), 葡萄糖 ( $\geq 98\%$ )、没食子酸标准品 ( $\geq 98\%$ ) (均为色谱纯), 以上均购自国药集团化学试剂有限公司。

## 1.2 仪器与设备

AW22型电子分析天平 日本Shimadzu公司; LD-5-10型离心机 北京医用离心机厂; SW-CJ-1FD型超净工作台 苏州安泰空气技术公司; HH-2系列恒温水浴锅 江苏金坛中大仪器厂; 722型可见分光光度计 上海菁华科技仪器有限公司; 6CST-50型滚筒杀青机、6CHW-4型烘干机 浙江绿峰茶机有限公司; CS-820N型台式分光测色仪 上海精密仪器仪表有限公司; 101-3B型电热恒温干燥箱 上海尚普仪器设备有限公司; SHZ-3型循环水多用真空泵 上海沪西仪器厂有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 茶样制作

鲜叶采摘后 (约5 kg) 在簸盘中自然摊放约3~4 h, 于滚筒杀青机 (设定温度270 °C) 杀青, 冷却回潮, 轻揉捻10 min, 在烘干机中110 °C烘焙10 min, 摊凉回潮30 min后, 用烘干机80 °C烘至足干 (约40 min)。样品一部分用于感官审评, 另一部分磨碎过40目筛, 供理化品质分析及色度值测定使用。

### 1.3.2 感官品质评定

根据GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》<sup>[19]</sup>对茶样进行感官审评和评分, 由5名熟练评茶人员密码评审, 审评因子及其权重为: 外形色泽20%、汤色10%、香气30%、滋味30%、叶底色泽10%。

### 1.3.3 色度值测定

用台式分光测色仪测定干茶的亮度值 ( $L^*$ )、红绿属性 ( $a^*$ )、黄蓝属性 ( $b^*$ ), 重复3次取平均值。

### 1.3.4 理化指标测定

游离氨基酸的测定按照GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》<sup>[20]</sup>中的茚三酮比色法进行; 水浸出物的测定参照张正竹<sup>[21]</sup>实验教程中《茶叶水浸出物含量的测定》进行; 茶多酚参照GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》<sup>[22]</sup>中福林-酚比色法; 叶绿素含量采用丙酮-乙醇浸提比色法测定<sup>[23]</sup>, 各指标重复3次取平均值。

## 1.4 数据统计与分析

数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 应用IBM SPSS Statistics 25数据处理系统进行标准化处理, 并对茶树品种各指标进行相关性分析、主成分分析和多元线性回归分析, 应用Origin Pro 2022绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同茶树品种加工绿茶的感官品质分析

感官审评包括外形、汤色、香气、滋味和叶底色泽5个方面, 63个茶树品种感官审评结果见表2。结果分析显示, 总分得分范围在62.3~90.2之间, 其中, 干茶色泽得分范围在5.3~18.7之间, 汤色、香气、滋味和叶底色泽得分范围分别为4.0~9.8、20.0~28.0、19.3~28.2和5.0~9.8。变异系数最大的是汤色, 为17.1%, 其次是干茶色泽和叶底色泽, 分别为16.2%和12.0%, 表明不同品种对绿茶汤色、干茶和叶底色泽品质影响较大。

表2 不同茶树品种所制绿茶感官品质评分分析  
Table 2 Statistical analysis of sensory evaluation scores of green tea made from different tea cultivars

感官品质	干茶色泽	汤色	香气	滋味	叶底色泽	总分
最小值	5.3	4.0	20.0	19.3	5.0	62.3
最大值	18.7	9.8	28.0	28.2	9.8	90.2
平均值	14.8	8.2	24.6	24.0	8.3	79.9
标准差	2.4	1.4	2.1	2.2	1.0	5.0
变异系数/%	16.2	17.1	8.5	9.2	12.0	6.3

考虑到绿茶外形繁多, 因此茶叶并未做形, 干茶外形评分时以色泽为重点, 并以绿色度、明亮度和润度方面为主要评分因子。干茶色泽得分在18.0分以上的品种有中茶108、龙井43、蕻北种和平阳特早, 其干茶色泽绿翠, 符合高档绿茶对色泽绿的品质要求; 中茶102、乌牛早、舒茶早、茂绿、鸠坑16、福鼎大毫、昆明十里香和福云6号干茶色泽绿度或润度方面略差, 得分在17.0分以上, 品质较优; 而绿度较差的品种有紫鹃、白叶1号、黔湄106、鄂茶10号和水仙, 紫鹃干茶色泽黑暗, 其他品种颜色偏黄或偏暗。叶底品质与干茶色泽品质表现规律基本上一致。

汤色品质以绿度和明亮度为评判依据, 大多品种茶汤明亮度较好, 只有紫牡丹、紫鹃、五峰212、台茶12号、舒茶早、铁罗汉、牛皮茶、昆明十里香、桂红4号和鄂茶2号汤色尚亮, 明亮度稍差。茶汤绿度较高的有中茶108、鸠坑16号、鳧早2号、蕻北种和福选9号, 汤色鲜绿, 其次有名选131、茂绿、马边绿、福鼎大毫、楚香1号、白叶1号、楮叶齐9号、楮叶齐12号、桃源大叶、老山香、鄂茶3号、鄂茶1号、川茶9号和碧云, 少数品种如紫鹃、紫牡丹、鄂茶2号、黔湄106和铁罗汉汤色绿色度较差, 紫鹃汤色浅紫, 其他汤色偏黄。

香气是绿茶重要品质指标, 往往受品种、环境、加工工艺等因素影响。本实验中63个品种在相同栽培环境及加工工艺条件下, 表现出了不同的香气特征, 包括栗香型、花果香型、复合香型、清香型、嫩香型5种香气类型。

属于栗香型绿茶的茶树品种有24个,主要有茂绿、名选131、蕻北种、福鼎大白及平阳特早等,该类品种在选育地大多属于适制绿茶品种或红绿兼制品种,其中陕西紫阳、黔眉106和紫牡丹栗香浓郁、持久;属于花果香型绿茶的茶树品种有19个,主要有鄂茶1号、梅占、马边绿、铁观音、黄旦、多抗香等,该类品种中一部分在原产地属适制乌龙茶品种,如梅占、铁观音、黄旦、青心大有、金观音和金牡丹,另一部分有红绿兼制品种以及紫化品种紫鹃<sup>[24-35]</sup>,其中梅占、黄旦、桃源大叶、青心大有、多抗香、鸠坑早、宜红早、春波绿和金牡丹花香较浓郁、持久;属于复合香型绿茶的茶树品种有11个,代表品种主要有鳧早2号、迎霜、乌牛早、蒙山9号、福鼎大毫等,该类品种绿茶复合有2种以上香气类型,如清香与花香、清香与果香或嫩香与花香,如鳧早2号具有清香和花香,蒙山9号主要以嫩香为主,带花果香,其中,迎霜、福安大白和铁罗汉香高持久;属于清香型的有鸠坑16号、昆明十里香、水仙、老山香;属于嫩香型的有中茶108、碧云、台茶12号、舒茶早和白叶1号,其中碧云香高持久。

滋味品质主要从鲜度、浓强度、苦涩度方面进行评分。除紫鹃滋味略苦涩外,大部分品种加工的绿茶滋味鲜醇度较好,其中迎霜、铁观音、名选131、梅占、福安大白和鄂茶1号,滋味鲜醇,得分在27.0及以上,而舒茶早和老山香滋味醇和,其鲜度和浓度不足,得分相对较低。

## 2.2 不同茶树品种加工绿茶的主要品质成分及色度值分析

63个茶树品种的理化成分含量见表3,叶绿素是茶叶干茶和叶底色泽的重要组成成分,含量范围在0.5~2.7 mg/g之间,变异系数最大,为26.7%,其中龙井43叶绿素含量最高,白叶1号含量最低。游离氨基酸是茶汤滋味鲜爽的重要成分,质量分数范围在2.3%~5.4%之间,变异系数为14.3%,其中,含量最高的是白叶1号,最低的为昆明十里香。茶多酚是茶汤滋味浓强度、苦涩度及收敛性的重要成分,不同品种绿茶茶多酚质量分数范围为13.7%~22.2%,其中含量最高的是福安大白,最低的是白叶1号。水浸出物含量是茶汤滋味浓度的重要指标,含量高,内含物丰富,滋味醇厚饱满,不同品种绿茶水浸出物质量分数在39.4%~51.4%之间,其中,含量最高的是桃源大叶,最低的是台茶12号,变异系数为5.8%,变异幅度较小。茶多酚与氨基酸总量的比值(酚/氨比)在一定程度上可以反映茶汤的醇爽度,在氨基酸含量较高的情况下,酚/氨比越小,滋味越醇爽,不同品种绿茶酚/氨比在2.5~8.1之间,变异幅度达到19.7%,其中酚/氨比最大的是紫鹃,最小的是白叶1号,这与感官审评结果一致。

表3 不同品种所制绿茶的主要品质指标含量分析

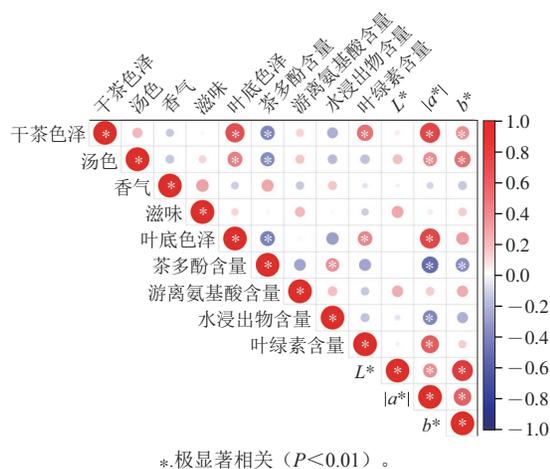
Table 3 Statistical analysis of major quality components in green tea made from different tea cultivars

指标	茶多酚 质量分数/%	游离氨基酸 质量分数/%	水浸出物 质量分数/%	叶绿素含量/ (mg/g)	酚/氨比	$L^*$	$a^*$	$b^*$
最小值	13.7	2.3	39.4	0.5	2.5	50.3	-1.7	7.6
最大值	22.2	5.4	51.4	2.7	8.1	62.1	-5.6	21.6
平均值	17.6	3.5	44.7	1.5	5.2	57.2	-3.6	17.6
标准差	1.9	0.5	2.6	0.4	1.0	2.7	0.8	2.1
变异系数/%	10.8	14.3	5.8	26.7	19.7	4.7	22.2	11.9

干茶色度值包括 $L^*$ 、 $a^*$ 及 $b^*$ 值,结果如表3所示。 $L^*$ 值反映干茶亮度,各品种绿茶 $L^*$ 值在50.3~62.1之间,变异系数为4.7%,其中 $L^*$ 值最大的为白叶1号,最小的为青心大有。 $a^*$ 值代表颜色的红绿度,负值为绿色,正值为红色,各品种的 $a^*$ 值范围在-1.7~-5.6,变异系数22.2%,变异幅度较大,其中最大值为紫鹃,最小值为中茶108,说明中茶108色泽最绿。 $b^*$ 值反映色泽的黄蓝度,正值为黄色度,负值为蓝色度,各品种 $b^*$ 值范围在7.6~21.6之间,变异系数为11.9%,其中最大值为白叶1号,最小值为紫鹃,说明白叶1号干茶色泽最黄。

## 2.3 不同茶树品种加工绿茶理化品质的相关性分析

为进一步阐明12项品质指标间的相互关系,对其进行相关性分析,结果见图1。干茶色泽得分与叶底色泽得分、叶绿素含量、 $|a^*|$ 和 $b^*$ 值呈极显著正相关,与茶多酚含量呈极显著负相关( $P<0.01$ );汤色得分与叶底色泽得分、 $|a^*|$ 和 $b^*$ 值极显著正相关,与茶多酚含量呈极显著负相关( $P<0.01$ );叶底色泽得分与叶绿素含量、 $|a^*|$ 呈极显著正相关,与茶多酚含量呈极显著负相关( $P<0.01$ );茶多酚含量与水浸出物含量呈极显著正相关,与 $|a^*|$ 和 $b^*$ 值呈极显著负相关( $P<0.01$ );水浸出物含量与 $|a^*|$ 值呈极显著负相关( $P<0.01$ );叶绿素含量与干茶色泽、叶底色泽得分、 $|a^*|$ 值都呈极显著正相关( $P<0.01$ ); $L^*$ 值与 $|a^*|$ 、 $b^*$ 值呈极显著正相关( $P<0.01$ ); $|a^*|$ 值与 $b^*$ 值极显著正相关( $P<0.01$ ),其他指标间相关性不明显。



\*.极显著相关( $P<0.01$ )。

图1 各品质指标间的Pearson相关关系

Fig. 1 Pearson correlations between quality characteristics

2.4 不同茶树品种加工绿茶的品质指标主成分分析

为明确适制绿茶品种代表性品质指标,采用主成分分析法对12项品质指标进行分析,结果显示(表4),前5个主成分的累计贡献率达到76.895%,能够反映出12项品质指标的大部分信息,因此,选取前5个主成分作为综合指标,根据茶树品种品质性状的特征向量矩阵(表5)得到5个主成分的函数式。

表4 主成分特征根、贡献率和累计贡献率

Table 4 Eigenvalues, contribution rates and cumulative contribution rates of principal components

主成分	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
1	3.830	31.918	31.918
2	1.899	15.827	47.744
3	1.327	11.057	58.801
4	1.103	9.194	67.996
5	1.068	8.900	76.895
6	0.766	6.384	83.280
7	0.634	5.285	88.565
8	0.524	4.363	92.928
9	0.344	2.870	95.798
10	0.277	2.307	98.105
11	0.150	1.247	99.352
12	0.078	0.648	100.000

表5 5个主成分对应的12个特征向量

Table 5 Twelve eigenvalues for first five principal components

品质指标	主成分1 (Y <sub>1</sub> )	主成分2 (Y <sub>2</sub> )	主成分3 (Y <sub>3</sub> )	主成分4 (Y <sub>4</sub> )	主成分5 (Y <sub>5</sub> )
干茶色泽(x <sub>1</sub> )	0.380	-0.218	0.179	0.165	0.157
汤色(x <sub>2</sub> )	0.264	0.238	-0.275	0.221	-0.450
香气(x <sub>3</sub> )	-0.132	0.064	0.628	0.108	-0.283
滋味(x <sub>4</sub> )	0.050	0.346	0.454	0.318	-0.227
叶底色泽(x <sub>5</sub> )	0.387	-0.189	0.125	0.241	-0.177
茶多酚(x <sub>6</sub> )	-0.329	0.088	0.314	-0.229	0.036
游离氨基酸(x <sub>7</sub> )	0.115	0.344	-0.152	0.499	0.449
水浸出物(x <sub>8</sub> )	-0.225	0.152	0.141	0.340	0.489
叶绿素(x <sub>9</sub> )	0.244	-0.390	0.292	-0.169	0.356
L*(x <sub>10</sub> )	0.197	0.525	0.137	-0.447	0.183
a* (x <sub>11</sub> )	0.466	-0.085	0.170	-0.055	0.064
b*(x <sub>12</sub> )	0.359	0.390	-0.025	-0.326	0.054

表4中第1主成分特征根3.830,贡献率31.918%,主要反映干茶色泽、汤色、叶底色泽和|a\*|值;第2主成分特征根1.899,贡献率15.827%,主要反映L\*值、b\*值;第3主成分特征根1.327,贡献率11.057%,主要反映香气、滋味和茶多酚含量;第4主成分特征根1.103,贡献率9.194%,主要反映游离氨基酸含量;第5主成分特征根1.068,贡献率8.900%,主要反映水浸出物、叶绿素含量。

根据12项品质指标(x<sub>1</sub>~x<sub>12</sub>)的5项主成分所对应数值(Y<sub>1</sub>~Y<sub>5</sub>),得到各主成分函数表达式如下:

$$Y_1=0.380x_1+0.264x_2+\dots+0.359x_{12} \quad (1)$$

$$Y_2=-0.218x_1+0.238x_2+\dots+0.390x_{12} \quad (2)$$

$$Y_3=0.179x_1-0.275x_2+\dots-0.025x_{12} \quad (3)$$

$$Y_4=0.165x_1+0.221x_2+\dots-0.326x_{12} \quad (4)$$

$$Y_5=0.157x_1-0.450x_2+\dots+0.054x_{12} \quad (5)$$

分别以5个主成分的贡献率为权重,构建主成分综合评价函数如下:

$$Z=0.3192Y_1+0.1583Y_2+0.1106Y_3+0.0919Y_4+0.0890Y_5$$

将标准化之后的品质指标数据代入综合评价函数,得到每个品种的综合评价Z(表6)。从不同品种的综合评价可知,综合评价排名前10的品种有:中茶108、乌牛早、平阳特早、蒙山9号、蕪北种、福鼎大白、鸠坑16号、福鼎大毫、茂绿、龙井43。

表6 不同品种所制绿茶的综合评价及排序

Table 6 Ranking of comprehensive evaluation scores of green tea made from different tea cultivars

序号	品种	综合评价Z	序号	品种	综合评价Z	序号	品种	综合评价Z
1	中茶108	1.68	22	名选131	0.27	43	春波绿	-0.26
2	乌牛早	1.05	23	鄂茶1号	0.20	44	鄂茶10号	-0.29
3	平阳特早	1.04	24	黄旦	0.19	45	黔湄106	-0.30
4	蒙山9号	1.00	25	楮叶齐12号	0.18	46	楮叶齐9号	-0.32
5	蕪北种	0.93	26	中茶102	0.18	47	鄂茶2号	-0.32
6	福鼎大白	0.90	27	龙井长叶	0.07	48	牛皮茶	-0.34
7	鸠坑16号	0.83	28	浙农117	0.04	49	金观音	-0.35
8	福鼎大毫	0.81	29	福云6号	0.04	50	鸠坑早	-0.43
9	茂绿	0.76	30	冷后浑	0.04	51	楚香1号	-0.43
10	龙井43	0.70	31	五峰212	0.02	52	湘波绿	-0.43
11	梅占	0.59	32	五峰310	-0.06	53	福选9号	-0.46
12	白叶1号	0.56	33	台茶12号	-0.07	54	昆明十里香	-0.51
13	铁罗汉	0.55	34	迎霜	-0.08	55	黔湄809	-0.51
14	碧香早	0.52	35	舒香早	-0.09	56	金牡丹	-0.60
15	兔早2号	0.48	36	水仙	-0.12	57	老山香	-0.80
16	碧云	0.44	37	鄂茶3号	-0.13	58	翠峰	-0.82
17	陕西紫阳	0.43	38	仙寓早	-0.15	59	紫牡丹	-0.89
18	马边绿	0.39	39	多抗香	-0.19	60	华红1号	-0.97
19	铁观音	0.38	40	青心大有	-0.20	61	丹桂	-1.02
20	桃源大叶	0.31	41	宜红早	-0.20	62	桂红4号	-1.37
21	川茶9号	0.27	42	福安大白	-0.25	63	紫鹃	-2.85

2.5 不同茶树品种加工绿茶品质的多元线性回归分析

为进一步探究各个理化成分及色度值对感官审评总分的贡献率,以63个茶树品种绿茶的感官审评总分为因变量(Y),4个理化指标:茶多酚含量、游离氨基酸含量、水浸出物含量、叶绿素含量及3个干茶色度值:L\*、|a\*|和b\*值共7个相互独立的指标为自变量(x),进行多元线性回归分析(表7)。对回归方程进行拟合优度及显著性检验,所得调整后的R<sup>2</sup>值为0.313(P<0.001),拟合优度较好,证明所构建的变量关系满足进行多元线性回归分析的条件<sup>[36]</sup>。

表7 影响茶树品种感官品质优劣因素的多元线性回归分析  
Table 7 Multiple linear regression analysis of factors affecting the sensory quality of green tea

自变量	回归系数	t检验	显著性
常数	68.668	4.216	0.000
茶多酚含量	0.378	1.032	0.307
游离氨基酸含量	0.267	0.235	0.815
水浸出物含量	0.211	0.893	0.376
叶绿素含量	-2.738	-1.734	0.088
$L^*$	-0.506	-1.398	0.168
$ a^* $	5.174	4.524	0.000
$b^*$	0.491	0.980	0.332

由表7的分析结果可知,色度值中的 $|a^*|$ 值对感官审评总分起到显著的预测作用( $P<0.001$ ),与主成分分析中贡献率最大的第1主成分中所强调的颜色特征相吻合。将回归系数显著性 $F\leq 0.05$ 的自变量纳入回归方程,剔除 $F\geq 0.1$ 的自变量,得到回归方程为 $Y=68.668+5.174x$ ,其中 $Y$ 为感官评分总分, $x$ 为 $|a^*|$ 值,将63个品种的 $|a^*|$ 值代入回归方程,根据回归模型进行评价得到排名前10的品种为:中茶108、乌牛早、平阳特早、蕻北种、龙井43、福鼎大毫、福鼎大白、中茶102、茂绿、鸠坑16号。除中茶102外,其余9个品种与主成分分析结果基本一致,说明这9个品种干茶和叶底颜色绿,综合品质较优,是适制绿茶的首选品种。

### 3 讨论

本研究利用引种栽培在同一茶园的63个茶树品种鲜叶加工成烘青绿茶,分析了其感官品质、主要理化成分和干茶色度值,分别利用主成分分析和多元线性回归分析,各筛选出排名前10的品种,其中有9个品种为相同品种,包括中茶108、乌牛早、平阳特早、蕻北种、福鼎大白、鸠坑16号、福鼎大毫、茂绿和龙井43。这些品种感官品质总体得分较高,色泽绿润, $|a^*|$ 值和叶绿素含量较高,且酚/氨比较低,是适制绿茶的优良品种。

优质绿茶的典型特征是“绿”,即要求其干茶色泽绿、汤色绿、叶底绿的三绿品质。除此之外还要求滋味具有较高的鲜爽度,香气愉悦、高爽而持久。而茶叶的色香味感官品质直接受内含成分的影响,高氨基酸和低茶多酚含量是茶叶鲜醇滋味的重要基础,叶绿素含量高则是干茶和叶底色泽绿的基础。本实验感官评分与内含成分相关性分析也显示,干茶色泽得分和叶底色泽得分、叶绿素含量、 $|a^*|$ 和 $b^*$ 值都呈极显著正相关,与茶多酚含量呈极显著负相关( $P<0.01$ )。汤色得分则与 $|a^*|$ 和 $b^*$ 值呈极显著正相关,与茶多酚含量呈极显著负相关( $P<0.01$ );说明茶叶茶多酚含量高,色泽绿色度品质会下降,这可能与茶树碳氮代谢平衡有关。茶树碳代谢旺盛,有利于多酚的合成,而氮代谢旺盛有利于氨基

酸、叶绿素等成分的形成<sup>[37-39]</sup>。因此,在选择绿茶适制品种时,应适当考虑茶树品种的这些品质特征。

茶叶作为饮品,香味是十分重要的品质,本实验采用63个茶树品种所加工的绿茶,香气品质除传统的清香和栗香外,还出现了较多花果香或复合香型的绿茶,如梅占、金牡丹和黄旦花香浓郁,持久;铁罗汉具有花香、毫香的复合香型。这些品种为传统意义上的乌龙茶适制品种,加工出来的绿茶花香馥郁,香气品质突出,虽然外形及色泽品质不及中小叶品种加工的绿茶,但也可考虑制作对外形要求不高的高香袋泡绿茶或其他特定绿茶。在异色茶树品种中,紫鹃制作的绿茶外形色泽和叶底色泽紫绿偏暗,汤色浅紫,滋味略苦涩,但富含花青素且具有特殊的花香,花青素具有较好的清除自由基、减缓衰老等功效,而加工成烘青绿茶可以有效保持其花青素水平<sup>[40]</sup>;白叶1号因早期芽叶色白如玉,氨基酸含量高、茶多酚含量低,使其滋味鲜爽、醇和,尤其是 $L$ -茶氨酸含量非常高,其具有保护神经、预防帕金森等疾病的功效<sup>[2]</sup>,因此,这两个茶树品种也可根据市场需要,适度种植,以满足不同消费者需求。

目前对绿茶的品质评价主要通过感官审评结合品质成分分析进行,但感官审评靠人的感觉器官,容易受主观因素的影响,大量的成分分析又耗时耗力。为了更客观、便捷地评价绿茶品质,本实验对63个茶树品种加工成的烘青绿茶进行主成分分析,得出贡献作用最大的主成分1所代表的是绿茶的色泽品质,包括干茶色泽、汤色和叶底色泽,以及干茶的 $|a^*|$ 值,提示色泽品质对绿茶品质的贡献最大。多元线性回归结果显示, $|a^*|$ 值与感官审评总分高度相关,通过回归模型评价出的排名前10的品种与主成分模型得到的结果基本一致。说明 $|a^*|$ 越大,茶叶色泽越绿,滋味更鲜爽醇和,综合品质越优。因此, $a^*$ 值在一定程度上可以作为评价绿茶适制品种的重要指标,使绿茶品种评价方法更方便、简单可行。

### 参考文献:

- [1] 王新超,曾建明,王璐,等. 茶园建设中茶树良种的选择[J]. 中国茶叶, 2018, 40(3): 5-8. DOI:10.3969/j.issn.1000-3150.2018.03.002.
- [2] DEB S, DUTTA A, PHUKAN B C, et al. Neuroprotective attributes of  $L$ -theanine, a bioactive amino acid of tea, and its potential role in Parkinson's disease therapeutics[J]. Neurochemistry International, 2019, 129: 104478. DOI:10.1016/j.neuint.2019.104478.
- [3] LIN X R, CHEN Z Z, ZHANG Y Y, et al. Interactions among chemical components of Cocoa tea (*Camellia ptilophylla* Chang), a naturally low caffeine-containing tea species[J]. Food & Function, 2014, 5(6): 1175-1185. DOI:10.1039/c3fo60720h.
- [4] YANG J H, ZHOU H C, LIU Y Q, et al. Chemical constituents of green teas processed from albino tea cultivars with white and yellow shoots[J]. Food Chemistry: Molecular Sciences, 2022, 5: 100143. DOI:10.1016/j.fochms.2022.100143.

- [5] 张莹, 李辛雷, 王彩霞. 闽鄂山茶及其芽变品种‘珍珠茶’香气组成成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(4): 95-97. DOI:10.3969/j.issn.1674-7895.2022.04.11.
- [6] GAO X, LIN X R, HO C T, et al. Chemical composition and anti-inflammatory activity of water extract from black cocoa tea (*Camellia pitilophylla*)[J]. Food Research International, 2022, 161: 111831. DOI:10.1016/J.FOODRES.2022.111831.
- [7] FU X M, CHENG S H, LIAO Y Y, et al. Characterization of *L*-theanine hydrolase *in vitro* and subcellular distribution of its specific product ethylamine in tea (*Camellia sinensis*)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(39): 10842-10851. DOI:10.1021/acs.jafc.0c01796.
- [8] 崔清梅, 张强, 梁金波, 等. 恩施玉露茶适制品种筛选研究[J]. 中国茶叶, 2021, 43(3): 37-42. DOI:10.3969/j.issn.1000-3150.2021.03.009.
- [9] 王静, 何萍, 郭飞, 等. 不同茶树品种试制都匀毛尖茶感官品质与生化特征对比研究[J]. 茶叶通讯, 2022, 49(3): 330-335. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2022.03.008.
- [10] 刘佳. 豫南主栽茶树品种的信阳毛尖茶适制性分析[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013: 15-17. DOI:10.7666/d.Y2432260.
- [11] 李照莹, 何郁菲, 欧阳颖, 等. 平江县引种‘保靖黄金茶1号’‘黄金茶2号’绿茶适制性及品质分析[J]. 茶叶通讯, 2023, 50(1): 68-75. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2023.01.009.
- [12] 陈敏仪, 庭玉杰, 方实明, 等. 适制优质条形绿茶的生态经济型品种评价模型构建及应用[J]. 茶叶科学, 2022, 42(4): 588-600. DOI:10.13305/j.cnki.jts.2022.04.008.
- [13] 许应芬, 李姝妍, 庞德文, 等. 贵州不同品种夏秋茶加工白茶适制性[J]. 贵州农业科学, 2023, 51(1): 113-124. DOI:10.3969/j.issn.1001-3601.2023.01.016.
- [14] 马圣洲, 赵飞, 胡莹, 等. 江苏丘陵地区主栽茶树品种的红茶适制性研究[J]. 中国农学通报, 2022, 38(26): 32-38. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850.cabs2021-0842.
- [15] 朱建军, 陈建新, 尹军峰, 等. 不同茶树品种鲜叶加工平阳黄汤适制性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(5): 1611-1617. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq.11-5956/ts.2022.05.050.
- [16] 李春维, 罗昊, 郑作芸, 等. 7个茶树品种(系)的绿茶适制性及茶叶品质分析[J]. 福建茶叶, 2023, 45(2): 11-13. DOI:10.3969/j.issn.1005-2291.2023.02.005.
- [17] 粟本文, 钟兴刚, 黄怀生, 等. 国家级茶树良种‘橘叶齐’系列品种适制茶类与加工利用[J]. 茶叶通讯, 2022, 49(4): 472-482. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2022.04.008.
- [18] 仇方方, 王友海, 郝晴晴, 等. 宜昌地区不同茶树品种夏秋季鲜叶主要理化指标研究[J]. 中国茶叶加工, 2019(3): 63-69. DOI:10.15905/j.cnki.33-1157/ts.2019.03.014.
- [19] 国家质量监督检验检疫总局, 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: 4-10.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局. 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, 2013: 5-9.
- [21] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 44-45.
- [22] 国家质量监督检验检疫总局. 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: 4-5.
- [23] 赵先明, 汪艳霞, 杜晓, 等. 茶叶叶绿素混合液浸提法提取条件优化[J]. 西南农业学报, 2011, 24(4): 1303-1308. DOI:10.16213/j.cnki.Scjas.2011.04.008.
- [24] 陈勋, 贾尚智, 闵彩云, 等. 茶树新品种鄂茶1号示范与推广[J]. 茶叶通讯, 2011, 38(3): 32-33; 35. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2011.03.010.
- [25] 李育海. 安溪梅占乌龙茶传统初制技术探讨[J]. 中国茶叶加工, 2016(2): 57-59; 63. DOI:10.15905/j.cnki.33-1157/ts.2016.02.011.
- [26] 杨安, 唐茜, 谢文钢, 等. 绿茶新品种川沐28号和马边绿1号的生化特性及制茶品质初探[J]. 广东农业科学, 2013, 40(10): 27-30. DOI:10.16768/j.issn.1004-874x.2013.10.041.
- [27] 冯红钰, 莫小燕. 黄旦茶树品种适制性分析[J]. 农业研究与应用, 2017(5): 22-24. DOI:10.3969/j.issn.2095-0764.2017.05.005.
- [28] 蒋洵, 李赛君, 黄仲先. 桃源大叶茶树品种特殊性状及匹配技术研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(1): 91-94.
- [29] 章家顺, 方桐辉. 茶树新品种“仙寓早”的品质特性及栽培技术[J]. 安徽科技, 2000(12): 30-31.
- [30] 蓝燕, 谭少波, 王小云. 青心大冇茶树品种的引种表现及栽培技术[J]. 现代农业科技, 2018(2): 22; 28. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2018.02.014.
- [31] 张弩. 国家级茶树良种: 宜红早[J]. 中国茶叶, 2000(5): 24-25.
- [32] 杨阳, 赵洋, 刘振, 等. 早生优质高产绿茶茶树新品种湘波绿2号选育研究[J]. 茶叶通讯, 2012, 39(4): 3-7. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2012.04.001.
- [33] 林文海. 南靖丹桂乌龙茶加工技术[J]. 中国茶叶, 2021, 43(11): 65-68. DOI:10.3969/j.issn.1000-3150.2021.11.014.
- [34] 林祥松. 茶树新品种: 春波绿[J]. 茶叶科学技术, 2010(3): 37-39. DOI:10.3969/j.issn.1007-4872.2010.03.011.
- [35] 郑国华. 茶树品种金牡丹乌龙茶加工技术研究[J]. 福建茶叶, 2021, 43(7): 24-26; 118. DOI:10.3969/j.issn.1005-2291.2021.07.012.
- [36] WANG G L, WU J H, WU J H, et al. A comparison between the linear neural network method and the multiple linear regression method in the modeling of continuous data[J]. Journal of Computers, 2011, 6(10): 2143-2138. DOI:10.4304/jcp.6.10.2143-2148.
- [37] XIE N C, ZHANG C Y, ZHOU P Q, et al. Transcriptomic analyses reveal variegation-induced metabolic changes leading to high *L*-theanine levels in albino sectors of variegated tea (*Camellia sinensis*)[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2021, 169: 29-39. DOI:10.1016/J.PLAPHY.2021.10.032.
- [38] SHANG J, SHENG Z L, DENG M. A microbial consortium enhances tea yield and quality in a field study[J]. Rhizosphere, 2023, 26: 100691. DOI:10.1016/J.RHISPH.2023.100691.
- [39] LIU J W, LIU M Y, FANG H H, et al. Accumulation of amino acids and flavonoids in young tea shoots is highly correlated with carbon and nitrogen metabolism in roots and mature leaves[J]. Frontiers in Plant Science, 2021, 12. DOI:10.3389/FPLS.2021.756433.
- [40] HAI P L, WEI D D, JUN F T, et al. Identification of the anthocyanins from the purple leaf coloured tea cultivar Zijuan (*Camellia sinensis* var. *assamica*) and characterization of their antioxidant activities[J]. Journal of Functional Foods, 2015, 17: 449-458. DOI:10.1016/j.jfff.2015.05.043.