DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2026.16.023

不同叶色茶树芽叶制绿茶滋味特征组分分析

郝思琪[1,2],张贱根[1],江新凤[1*],童艺雯[3],王礼献[1],李琛[1],张春云[1]
(1.江西省经济作物研究所/特色果树茶叶种植与高值利用江西省重点实验室,江西 南昌 330006;
2.江西生物科技职业学院,江西 南昌 330006;3.南昌市数字科学研究中心,江西 南昌 330046)

摘　要:以白叶1号(芽叶白化)、紫娟(芽叶紫化)、黄金菊(芽叶黄化)、福鼎大白茶(芽叶呈绿色)4个茶树品种为材料,采用控温摊青、手工炒青、机械揉捻等工艺制作绿茶,结合感官评价、生化成分分析,系统比较其风味品质。结果表明:4个不同叶色茶树品种所制绿茶在感官品质和生化成分上差异显著。白叶1号游离氨基酸含量最高,显著高于黄金菊、福鼎大白茶和紫娟,外形呈针形、纯锋苗,匀齐,嫩白,匀净,滋味鲜爽带花果香、清香馥郁,干茶外形评分最高;紫娟水浸出物(42.59%)、茶多酚(13.69%)含量最高,游离氨基酸(1.57%)含量最低,花香显、带毫香、辛香、滋味尚醇、微涩,制绿茶感官评价总分最低;黄金菊水浸出物、茶多酚、游离氨基酸、儿茶素组分、氨基酸组分含量比例协调,外形针形、显锋苗,匀整,黄绿,匀净,滋味鲜爽、有毫香,感官评价总分最高。黄金菊绿茶中甘氨酸、蛋氨酸、磷酸丝氨酸Z-score值较高。黄金菊、白叶1号所制绿茶外形优美、滋味鲜爽,适于制备新型绿茶产品,福鼎大白茶制作绿茶滋味浓醇、毫韵显,适于制备传统绿茶;紫娟内含成分丰富,但高酚氨比影响其滋味品质,更适于开发功能型绿茶产品。

关键词:特异芽叶;茶树;黄金菊;白叶1号;紫娟;风味品质

Analysis of Taste Characteristic Components of Green Tea Processed from Tea Varieties with Different Leaf Colors

HAO Siqi[1,2],ZHANG Jiangen[1],JIANG Xinfeng[1*],TONG Yiwen[3],WANG Lixian[1],LI Chen[1],ZHANG Chunyun[1]
(1.Jiangxi Institute of Cash Crops/The Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control in Jiangxi Province,Nanchang 330006,Jiangxi,China;2.Jiangxi Biotech Vocational College,Nanchang 330006,Jiangxi,China;3.Nanchang Digital Science Research Center,Nanchang 330046,Jiangxi,China)

Abstract:By using four tea varieties,namely Baiye No.1 (white-leafed),Zijuan (purple-leafed),Huangjinju (yellow-leafed),and Fuding Dabai Tea (green-leafed),as materials,green teas were produced through processes such as temperature-controlled withering,manual pan-firing,and mechanical rolling. Sensory evaluation and biochemical component analysis were combined to systematically compare their flavor quality. The results showed significant differences in sensory quality and biochemical components among the green teas processed from the four tea varieties. Baiye No.1 exhibited the highest amino acid content,which was significantly higher than that of Huangjinju,Fuding Dabai Tea,and Zijuan. Its appearance was needle-shaped with pure sharp tips,uniform,tender white,and clean,with a fresh and fruity aroma,high fragrance,and fresh taste,achieving the highest score for dry tea appearance. Zijuan had the highest contents of water extracts (42.59%) and tea polyphenols (13.69%) but the lowest free amino acid content (1.57%). It displayed a floral aroma,downy fragrance,and spicy notes,with a taste that was relatively mellow but slightly astringent,resulting in the lowest sensory score. Huangjinju showed a coordinated ratio of water extracts,tea polyphenols,free amino acids,catechin components,and amino acid components. Its appearance was needle-shaped with prominent sharp tips,uniform,yellow-green,and clean,with a fresh taste and downy fragrance,achieving the highest sensory score. The Z-scores of glycine,methionine,and phosphoserine in Huangjinju green tea were relatively high. The

基金项目:国家自然科学基金项目(32460785);江西省茶叶产业技术体系(JXARS-06);江西省重点研发计划项目(20252BCF320037);特色果树茶叶种植与高值利用江西省重点实验室(20241ZDD02045)

作者简介:郝思琪(1993—),女(汉),硕士研究生,研究方向:茶叶加工。
*通信作者:江新凤(1985—),男(汉),副研究员,博士,研究方向:茶树栽培与资源利用。

green teas produced from Huangjinju and Baiye No. 1 possessed an elegant appearance and fresh taste, making them suitable for the preparation of novel green tea products. Fuding Dabai Tea produced green tea with rich flavor and prominent Pekoe flavor, suitable for the preparation of traditional green tea. Zijuan contained abundant internal components, but the high ratio of polyphenols to amino acids affected its flavor quality, making it more suitable for developing functional green tea products.

Key words: specific bud leaf; tea plant; Huangjinju; Baiye No. 1; Zijuan; flavor quality

引文格式：
郝思琪，张贱根，江新凤，等 . 不同叶色茶树芽叶制绿茶滋味特征组分分析[J]. 食品研究与开发，2026，47(16)：179-187.
HAO Siqi, ZHANG Jiangen, JIANG Xinfeng, et al. Analysis of Taste Characteristic Components of Green Tea Processed from Tea Varieties with Different Leaf Colors[J]. Food Research and Development, 2026, 47(16): 179-187.

茶产业在江西省农业经济、农民脱贫致富奔小康、乡村产业振兴、社会经济稳定和谐的过程中发挥重要作用[1-2]。江西茶业历史悠久，在我国茶业发展史上具有重要地位。茶叶流传至江西地区后，优越的自然环境和辛勤的劳动人民使茶叶种植和加工产业逐渐壮大。江西不仅产出庐山云雾茶、浮梁茶、婺源茶等名优绿茶，境内铅山、浮梁也是著名的茶商汇聚地[3]。

白化品种属于温度敏感型品种，温度对于白化品种茶叶的返白具有重要影响，温度过低或过高都不利于其白化；黄化品种属于光照敏感型品种，光照不足会导致芽叶不够黄[4]。白化和黄化品种茶叶具有高游离氨基酸、低茶多酚的品质特性，茶汤明亮鲜爽，兼具观赏与饮用价值，深受消费者的青睐[5]。紫娟是由云南大叶群体国家级茶树良种——勐海大叶茶中单株培育而成，富含花青素，具有优于云南大叶群体种绿茶的降压效果[6]。随着现代生活水平的提高，消费者更加追求叶色特异的茶树制作的绿茶产品，尤其是白色和黄色变异茶树品种因氨基酸含量高、外形独特、滋味鲜爽深受消费者喜爱，紫芽茶因富含抗氧化、抗癌、保护视力的花青素而受到消费者青睐[7]。刘义富等[8]研究不同绿茶干茶化学成分间的差异，发现我国市场上不同茶树品种制作的绿茶品种丰富、化学成分变异较大、茶叶品质形成复杂，选育时需明确影响品质的主要因素。江新凤等[9-10]研究不同季节黄金菊制作的绿茶、红茶的品质成分，结果表明，黄金菊茶树的酚氨比为 8.09，是红绿兼制茶树品种，推荐春季采摘其鲜叶，该品种更适合制作绿茶。杨培迪等[11]分析不同茶树品种绿茶干茶色泽及香气，结果表明绿茶中叶绿素 b 和类胡萝卜素含量与 a^*值、b^*值和 C 值呈正相关，与 L^*值呈负相关，即叶绿素 b 和类胡萝卜素含量的增加，会使叶片红、蓝色调及整体彩度升高，明度和绿、黄色调降低。对干茶色泽的影响能力为叶绿素 a>叶绿素 b>类胡萝卜素。色泽和品质成分是评价绿茶品质的重要指标，通常采用的感官评价方法易受外界环境和评茶员主观因素影响[12]。因此，采用现代分析技术结合感官评价方法研究不同颜色茶树鲜叶色素含量以及制成绿茶干茶的品质成分，分析不同茶树间的品质成分变化、滋味特点等，以期为了解江西省引种的特异性茶树品种适制性及绿茶品质化学评价提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料

茶树品种为白叶 1 号、紫娟、黄金菊、福鼎大白茶（对照茶树品种）。茶树种植于江西省景德镇市浮梁县，绿茶样品加工时间为 2025 年 3 月–4 月。白叶 1 号（芽叶白化），芽叶生育力中等，持嫩性强，春季幼嫩芽叶呈玉白色，叶脉为淡绿色，随着叶片成熟和气温升高逐渐转为浅绿色，夏秋季芽叶均为绿色；紫娟（芽叶紫化），柳叶形，叶色紫，叶质较硬；黄金菊（芽叶黄化），芽叶生育力和持嫩性强，新梢为黄绿色，肥壮，茸毛较多；福鼎大白茶（芽叶呈绿色），芽叶生育力强，发芽整齐，密度大，持嫩性强，黄绿色，茸毛较多。2025 年采摘春季一芽二叶新梢，微波固样后备份待检测，其余鲜叶按鲜叶→摊凉（60 min）→杀青（260 ℃）→回潮（15 min）→揉捻（15 min）→烘干（80 ℃、120 min）→回潮（15 min）→提香（90 ℃、60 min）工序加工为绿茶后待测。

试验茶样春季新梢表型见图 1。

从左到右依次为白叶 1 号、紫娟、黄金菊、福鼎大白茶。

图 1 试验茶样春季新梢表型

Fig.1 Phenotypic characteristics of spring shoots of test tea varieties

1.2 试剂与仪器

乙腈、甲醇、氯仿、乙酸乙酯、甲醇、碳酸氢钠、碳酸钠、草酸、正丁醇、茚三酮、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、浓硫酸、氯化亚锡、三氯化铝、冰乙酸(均为分析纯)、福林酚试剂(生物试剂):国药集团化学试剂有限公司;儿茶素组分标准品、氨基酸组分标准品(纯度均≥99%):上海纯优生物科技有限公司;石英砂、碳酸钙粉(纯度≥98%):成都曼思特生物科技有限公司;纯水:屈臣氏集团(香港)有限公司。

ME104电子天平:赛多利斯科学仪器(上海)有限公司;UV-2550紫外可见分光光度计:日本岛津仪器有限公司;TG16-WS离心机:常州金坛良友仪器有限公司;1100VL高效液相色谱仪[配备可变波长探测器(variable wavelength detector,VWD)检测器]:美国安捷伦有限公司;Hypersul BDS C18色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm):美国赛默飞世尔科技公司;Nova-Pak TM C18色谱柱(150 mm×4.6 mm,4 μm)色谱柱:美国沃特世公司;DHP-9032T恒温培养箱:上海一恒科学仪器有限公司。

1.3 测定方法

1.3.1 感官评价

由5名按照GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》培训的专业评茶员(所有评茶员具备10年以上的茶叶审评经验)组成评价小组,感官审评工作在标准感官审评室中进行,审评程序参照GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》和GB/T 14487—2017《茶叶感官审评术语》的相关要求进行,并参考文献[13-14]对茶叶的滋味进行归类。

1.3.2 主要生化成分测定

水浸出物含量的测定参照GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定》;茶多酚含量的测定参照GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》;游离氨基酸含量的测定参照GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》;咖啡碱含量的测定参照GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》中的紫外分光光度法[15]。

参考尹军峰等[16]的方法,采用高效液相色谱仪测定儿茶素组分。流动相A为0.3%冰乙酸水溶液,流动相B为乙腈;流动相A的梯度变化为0~5 min,95%~92%;5~15 min,92%~88%;15~30 min,88%~80%;30~31 min,88%~0%;31~35 min,0%;流动相B的梯度变化为0~5 min,5%~8%;5~15 min,8%~12%;15~30 min,12%~20%;30~31 min,20%~100%;31~35 min,100%;进样量:10 μL;流速:1 mL/min;柱温:35 ℃;检测波长:278 nm[17]。

氨基酸组分参照江新凤[15]的方法,采用高效液相色谱仪测定。色谱柱:Nova-PakTM C18;流动相A为10%磷酸缓冲盐溶液,流动相B为100%乙腈,流动相C为纯水。线性变化范围:0~17 min(A相100%);17~24 min(A相91%,B相5%,C相4%);24~32 min(A相80%,B相17%,C相3%);32~35 min(A相68%,B相20%,C相12%);35~38 min(A相0%,B相60%,C相40%);38~45 min(A相100%)。进样量:10 μL;流速:1 mL/min;柱温:37 ℃;检测波长:250 nm。

1.3.3 鲜叶色素成分测定

叶绿素含量测定参考文献[18]。称取0.2 g茶树鲜叶(去梗、去主脉),剪碎放入研钵中,加少量石英砂和碳酸钙粉,加入3 mL 95%乙醇充分研磨匀浆,再加入10 mL 95%乙醇,充分研磨至组织变白。避光静置5 min,过滤至25 mL棕色容量瓶中,95%乙醇定容至25 mL,摇匀。以95%乙醇为空白,在波长663、645 nm和470 nm下测定吸光度。叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素含量按照下列公式计算。

$$a = \frac{(12.7 \times D_{663} - 2.69 \times D_{645}) \times 10}{M} \quad (1)$$

$$b = \frac{(22.9 \times D_{645} - 4.68 \times D_{663}) \times 10}{M} \quad (2)$$

$$C = \frac{\frac{10\,000 \times D_{470}}{M} - 3.27 \times a - 104 \times b}{198} \quad (3)$$

式中:a为叶绿素a含量,mg/g;b为叶绿素b含量,mg/g;C为类胡萝卜素含量,mg/g;D_x为吸光度x(663、645、470 nm)下对应标准曲线上的浓度,mg/g;M为样品干质量,mg;12.7、22.9为正向贡献系数;2.69、4.68、3.27、104为干扰扣除系数;198为比吸收系数。

花青素含量测定参照于晓南[19]、吉庆勇等[20]的方法。将茶树成熟叶片(鲜叶)剪为1~2 mm碎片,准确称量1.00 g,置于50 mL三角瓶,加入10 mL/L盐酸溶液后用保鲜膜密封。于32 ℃恒温培养箱中浸提4 h,培养期间每隔0.5 h振荡1次,滤液待测。用1 cm石英比色杯于紫外可见分光光度计(波长530 nm)测定吸光度(A),以0.1 mol/L盐酸溶液作为空白对照。设每克样品在10 mL/L盐酸溶液中的浸提液吸光度A=0.1个花青素单位,以此计算花青素含量。

1.3.4 绿茶品质指数

儿茶素品质指数(catechin quality index,CQI)是衡量茶叶品质和选育高表没食子儿茶素没食子酸酯[(−)-epigallocatechin gallate,EGCG]茶树品种及评价茶叶功效指标之一,是表达茶叶品质的经验参数,CQI越大说明嫩度和品质越好,绿茶品质越好[21-23]。CQI(Q)计算公式如下。

$$Q = \frac{a + b}{c} \times 100 \quad (4)$$

式中:a为EGCG含量,%;b为表儿茶素没食子酸酯[(−)-epicatechin gallate,ECG]含量,%;c为表没食子

儿茶素[(−)-epigallocatechin,EGC]含量,%。

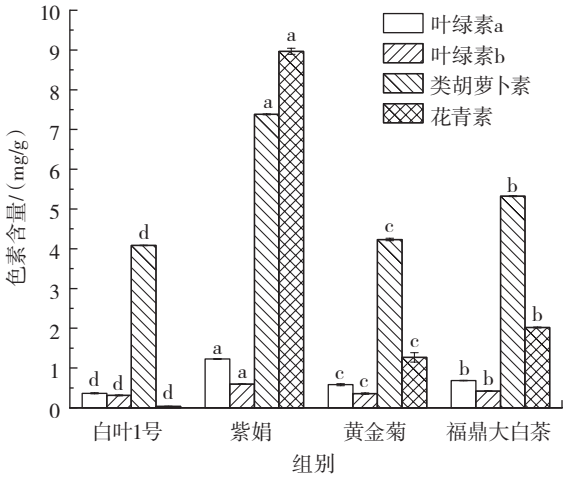
1.4 数据处理

指标测定均进行 3 次重复,数据采用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS Statistics 26.0 软件进行记录和统计分析,利用 Origin 2024 对统计的数据作图分析,其中选择感官指标与浮梁绿茶的主要化学成分作相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同茶树品种鲜叶色素及主要生化成分分析

4 种茶树新梢(芽下第二叶)的色素含量见图 2。



同一指标不同小写字母表示差异显著(p<0.05)。

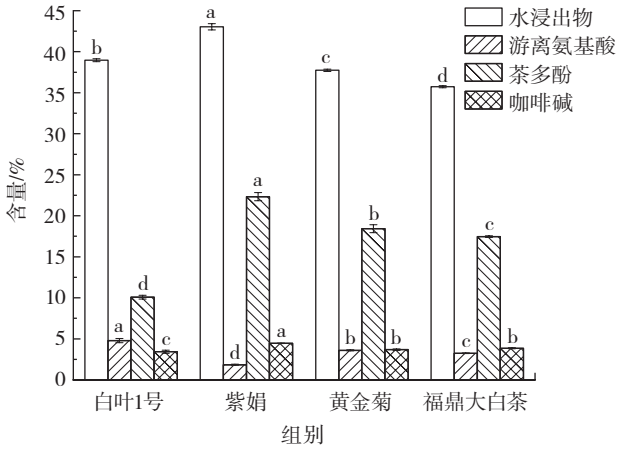
图 2 不同茶树鲜叶色素含量

Fig.2 Pigment contents in fresh leaves of different tea varieties

由图 2 可知,叶绿素 a 含量最高的为紫娟(1.23 mg/g),其次是福鼎大白茶、黄金菊,含量最低的是白叶 1 号,仅为紫娟的 29.62%,4 种茶树新梢叶绿素 a 含量差异显著(p<0.05)。4 个品种茶树新梢叶绿素 b 含量为 0.31~0.59 mg/g,平均含量 0.42 mg/g,最高的为紫娟,显著高于福鼎大白茶(0.42 mg/g)、黄金菊(0.36 mg/g)和白叶 1 号(0.31 mg/g),含量最低的白叶 1 号仅为紫娟的 52.54%。类胡萝卜素含量为 4.08~7.38 mg/g,平均值为 5.26 mg/g,组间差异性与叶绿素 a、叶绿素 b 含量组间差异性一致(p<0.05)。花青素含量为 0.03~8.97 mg/g,平均值 3.07 mg/g,紫娟含量最高,为 8.97 mg/g,白叶 1 号最低(0.03 mg/g),4 种茶树新梢花青素含量组间差异显著(p<0.05)。

不同茶树新梢生化成分含量见图 3。

水浸出物含量高低反映茶叶中可溶性物质的多少,一般认为水浸出物含量直接影响茶汤厚薄、茶汤滋味浓强等,是茶叶品质评价的重要指标[24-25]。由图 3 可以看出,4 种不同芽叶颜色的茶树新梢水浸出物含量为 35.74%~43.04%,最大值为紫娟(43.04%),最小值为福鼎大白茶(35.74%),4 个品种茶树新梢水浸出物含量组间差异显著(p<0.05),含量顺序为紫娟>白叶 1 号>黄金菊>福鼎大白茶。茶树新梢游离氨基酸含量为 1.84%~4.78%,最高为白叶 1 号(4.78%),其次是黄金菊(3.60%)、福鼎大白茶(3.24%),最低为紫娟(1.84%),白叶 1 号游离氨基酸含量是紫娟游离氨基酸含量的 2.60 倍,且 4 个品种茶树新梢游离氨基酸含量组间差异显著(p<0.05)。茶多酚含量为 10.08%~22.33%,含量最高的为紫娟,含量最低的为白叶 1 号,4 个品种组间具有显著性差异(p<0.05)。咖啡碱含量为 3.43%~4.45%,酚氨比(茶多酚含量与游离氨基酸含量比值)为 2.11~12.12,酚氨比最高的为紫娟(12.12),其次是福鼎大白茶(5.38)、黄金菊(5.12),最低为白叶 1 号(2.11),咖啡碱、酚氨比二者变化趋势相同。从生化成分来看,白叶 1 号最适合制作绿茶,其次为黄金菊、福鼎大白茶、紫娟。

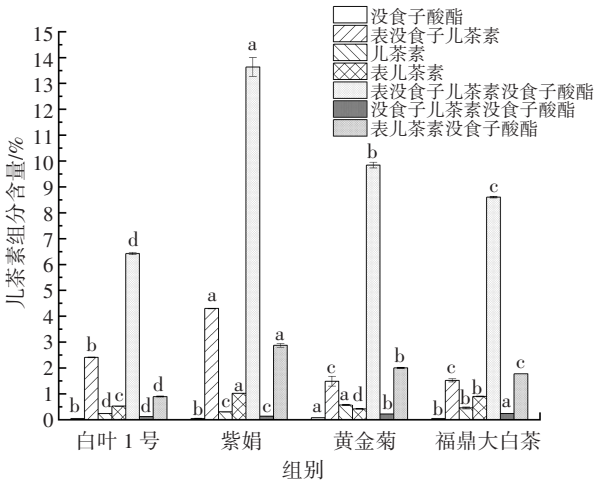


同一指标不同小写字母表示差异显著(p<0.05)。

图 3 不同茶树鲜叶生化成分含量

Fig.3 Biochemical component contents in fresh leaves of different tea varieties

不同茶树新梢儿茶素组分含量见图 4。



同一指标不同小写字母表示差异显著(p<0.05)。

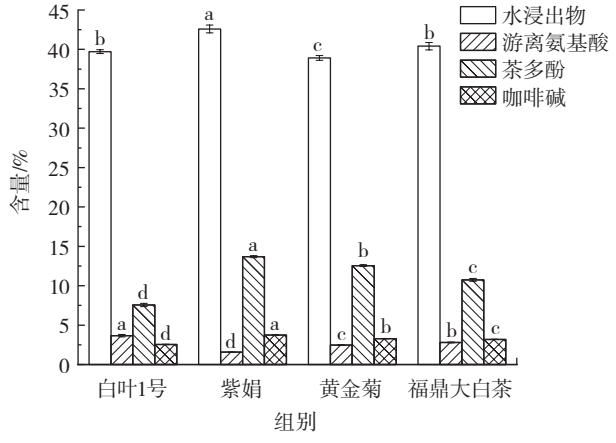
图 4 不同颜色茶树鲜叶儿茶素组分含量

Fig.4 Contents of catechin components in fresh leaves of tea varieties with different colors

由图4可知，没食子酸酯（gallate，GA）含量为0.04%~0.07%，黄金菊含量最高，是白叶1号、紫娟、福鼎大白茶的1.97倍、1.69倍、1.83倍；表没食子儿茶素[(−)-epigallocatechin，EGC]含量为1.49%~4.30%，含量最高的为紫娟，最低为黄金菊，紫娟显著高于其他组鲜叶样，黄金菊、福鼎大白茶组间无显著性差异；儿茶素[(±)-catechin，C]含量排序为黄金菊（0.57%）>福鼎大白茶（0.45%）>紫娟（0.30%）>白叶1号（0.24%），4个茶样间差异显著（p<0.05）；表儿茶素[(−)-epicatechin，EC]的含量为0.41%~1.01%，大小顺序为紫娟（1.01%）>福鼎大白茶（0.90%）>白叶1号（0.52%）>黄金菊（0.41%），组间差异显著（p<0.05），表没食子儿茶素没食子酸酯[(−)-epigallocatechin gallate，EGCG]是4个鲜叶样品儿茶素组分中含量最高的单体成分，含量为6.42%~13.63%，最高为紫娟，最低为白叶1号，说明紫色芽叶茶树品种的EGCG明显高于白色、黄色、绿色芽叶的茶树品种，4个组间EGCG含量差异显著（p<0.05），最高值是最低值的2.12倍；没食子儿茶素没食子酸酯（gallocatechin gallate，GCG）含量为0.12%~0.24%，含量均较低，但4个组间差异显著（p<0.05），最高为福鼎大白茶，最低为白叶1号；表儿茶素没食子酸酯[(−)-epicatechin gallate，ECG]含量为0.89%~2.87%，含量高低顺序为紫娟>黄金菊>福鼎大白茶>白叶1号，4个组间ECG含量差异显著（p<0.05）。

2.2　不同颜色茶树品种制绿茶品质分析

将4种不同颜色的茶树新梢（一芽二叶）制成绿茶，并对其进行品质分析，结果见图5和图6。

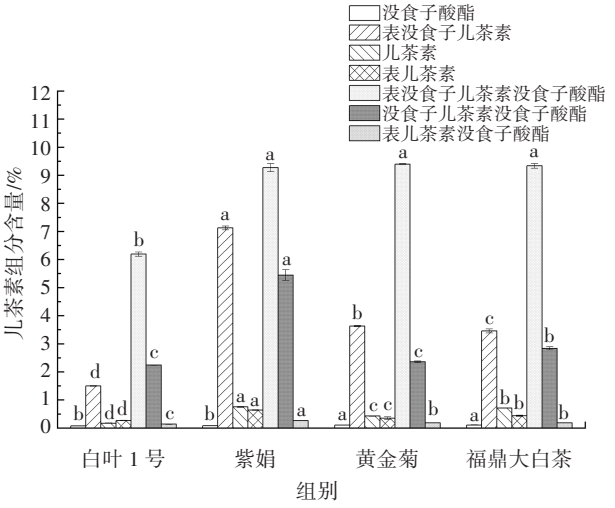


同一指标不同小写字母表示差异显著（p<0.05）。

图5　不同绿茶品质成分含量

Fig.5　Contents of quality components in different green teas

由图5可以看出，4种不同芽叶颜色的茶树制成的绿茶水浸出物含量为38.92%~42.59%，最高为紫娟（42.59%），最低为黄金菊（38.92%），4个品种绿茶水浸出物含量组间差异明显，含量高低顺序为紫娟>福鼎大白茶>白叶1号>黄金菊。游离氨基酸含量为1.57%~3.67%，最高为白叶1号，其次是福鼎大白茶、黄金菊，最低为紫娟（1.57%），白叶1号游离氨基酸含量是紫娟的2.34倍，4个品种绿茶游离氨基酸含量组间差异显著（p<0.05）。茶多酚含量为7.55%~13.69%，最高为紫娟，最低为白叶1号，组间有显著性差异（p<0.05）。咖啡碱含量为2.55%~3.75%，酚氨比为2.06~8.72，咖啡碱、酚氨比二者间变化趋势相同，最高均为紫娟，最低均为白叶1号。



同一指标不同小写字母表示差异显著（p<0.05）。

图6　不同绿茶儿茶素组分含量

Fig.6　Contents of catechin components in different green teas

由图6可知，没食子酸酯（GA）含量为0.08%~0.11%，黄金菊、福鼎大白茶含量最高，均为0.11%，二者显著高于白叶1号、紫娟；表没食子儿茶素（EGC）含量为1.50%~7.13%，最高为紫娟（7.13%），最低为白叶1号（1.50%），紫娟显著高于其他组茶样，黄金菊、福鼎大白茶、白叶1号组间差异显著（p<0.05）；儿茶素（C）含量排序为紫娟>福鼎大白茶>黄金菊>白叶1号，4个茶样间差异显著（p<0.05），其中黄金菊的儿茶素含量是白叶1号的4.35倍；表儿茶素（EC）含量为0.27%~0.64%，大小顺序为紫娟>福鼎大白茶>黄金菊>白叶1号，组间差异显著（p<0.05），其中紫娟是白叶1号的2.37倍；表没食子儿茶素没食子酸酯（EGCG）是4个茶样儿茶素组分含量最高的单体成分，4个绿茶样的EGCG含量为6.20%~9.40%，最高为紫娟，最低为白叶1号，说明紫色、黄色、绿色芽叶绿茶的EGCG要明显高于白色芽叶的绿茶；没食子儿茶素没食子酸酯（GCG）含量为2.24%~5.45%，最高为紫娟（5.45%），白叶1号、黄金菊分别为2.24%、2.36%，福鼎大白茶为2.84%，4个组间差异明显；表儿茶素没食子酸酯（ECG）含量为0.14%~0.27%，含量高低顺序为紫娟>黄金菊=福鼎大白茶>白叶1号。经计算得出：CQI为133.91~421.51，最高为白叶1号（421.51），其次依次为福鼎大白茶（275.51）、黄金菊（263.85）、紫娟（133.91），4个绿茶茶样CQI间差异明显，说明白叶1号茶树嫩度和品质更好，所制绿茶品质最好。

游离氨基酸作为茶汤中甜、鲜爽滋味的主要来源，对茶汤的滋味、香气的形成起到重要作用[26-27]。绿茶鲜爽醇的风味特征与其所含的丰富游离氨基酸有关。本文依据氨基酸的呈味特征，将绿茶所含游离氨基酸分为鲜味氨基酸（天冬氨酸、谷氨酸、茶氨酸）、甜味氨基酸（苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸）、苦味氨基酸（蛋氨酸、亮氨酸、组氨酸）、涩味氨基酸（γ-氨基丁酸）四大类。不同绿茶氨基酸组分聚类热图见图 7。

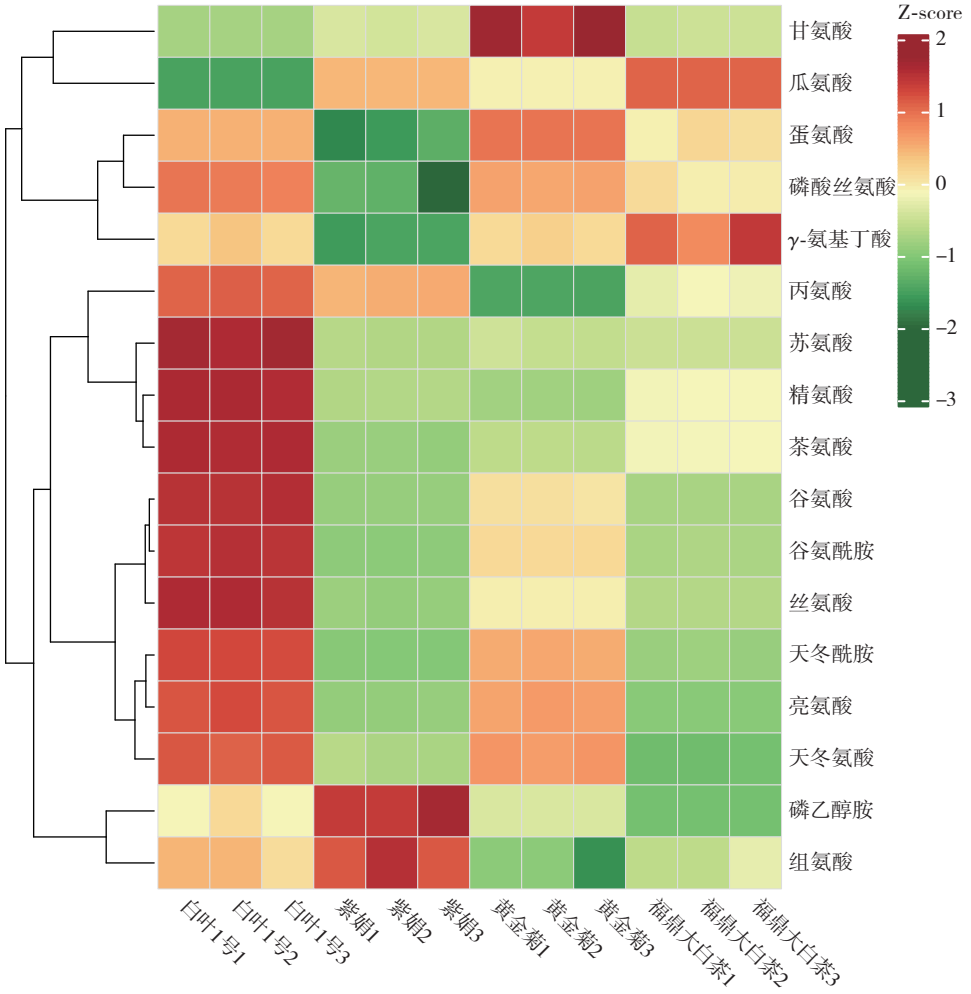
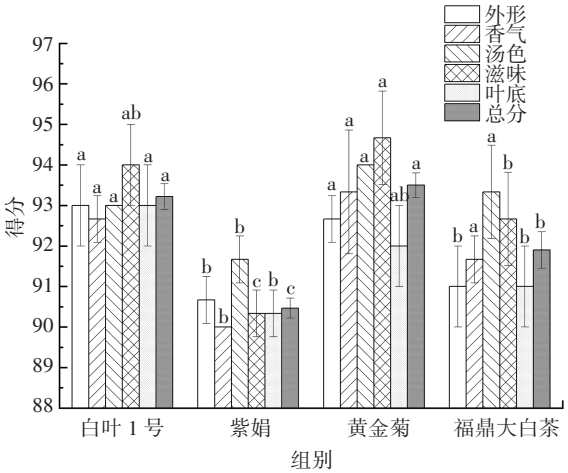


图 7　不同绿茶氨基酸组分聚类热图

Fig.7　Clustering heat map of amino acid components in different green teas

从图 7 可以看出，白叶 1 号绿茶中富含苏氨酸、精氨酸、茶氨酸、谷氨酸、谷氨酰胺、丝氨酸，除甘氨酸、瓜氨酸外，其余检出的氨基酸组分 Z-score 值均在 0 以上；紫娟品种制作的绿茶中磷乙醇胺、组氨酸 Z-score 值较高；黄金菊绿茶中甘氨酸、蛋氨酸 Z-score 值较高；福鼎大白茶中 γ-氨基丁酸、瓜氨酸 Z-score 值较高，这些氨基酸组分 Z-score 值差异也是形成不同风味的基础。茶叶中的氨基酸是茶树氮代谢的产物，是茶树新梢生长期间吸收的氮素经过氮代谢转化而成，土壤中的铵态氮或者硝态氮经过茶树根系吸收后，转化成氨再通过酮戊二酸的还原作用形成各种氨基酸。氨基酸组分含量的高低与茶多酚、咖啡碱的代谢密切相关，相互制约，是茶树新陈代谢旺盛的主要表现，也与茶叶品质、滋味密切相关。

4 种不同颜色芽叶制作的绿茶感官评分见图 8。



同一指标不同小写字母表示差异显著（$p<0.05$）。

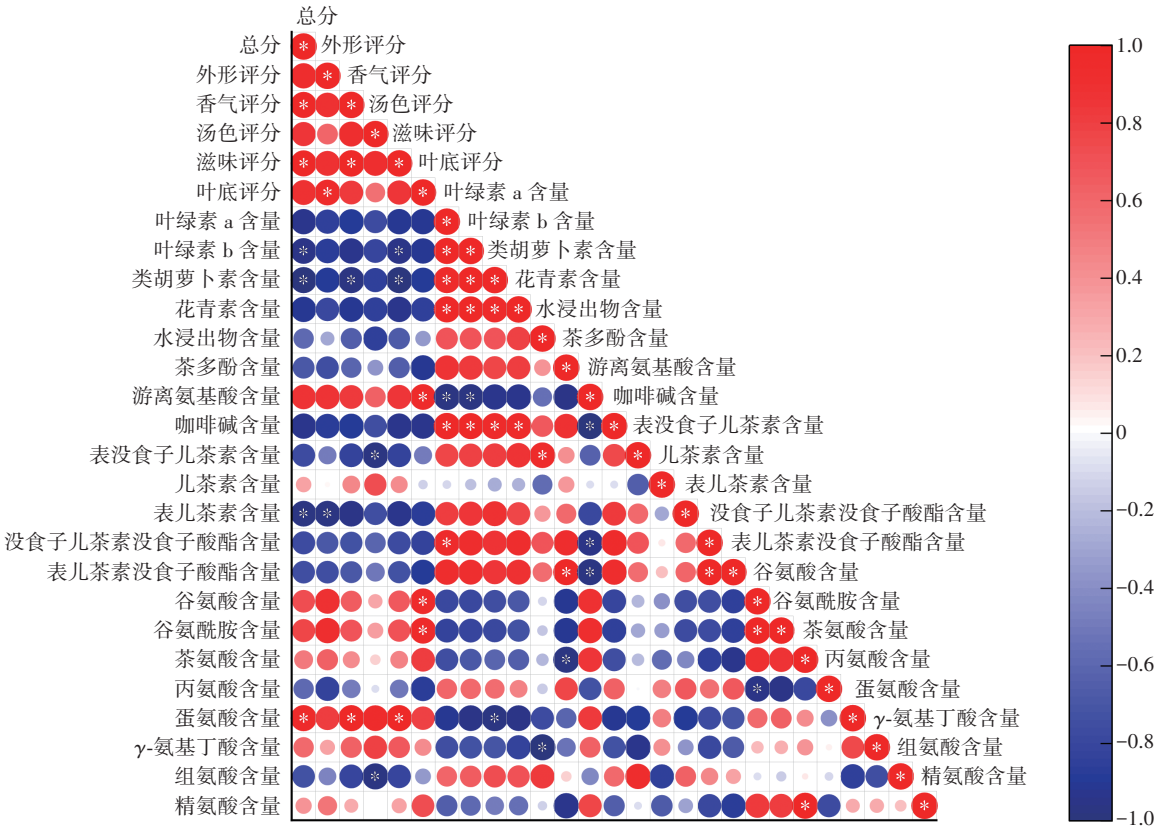
图 8　不同绿茶感官评分

Fig.8　Sensory evaluation scores of different green teas

由图 8 可知，从干茶外形来看，制成的绿茶以针形为主，白叶 1 号针形、纯锋苗，匀齐，嫩白，匀净，紫娟靛青多锋苗，匀净，黄金菊针形、显锋苗，匀整，黄绿，匀净，福鼎大白茶毫心肥大，匀整，灰绿，外形评分最高的为白叶 1 号(93.00)，最低为紫娟(90.67)，白叶 1 号、黄金菊与紫娟、福鼎大白茶间差异显著(p<0.05)；香气方面，白叶 1 号花果香、清香馥郁，紫娟花香显、带毫香、辛香，黄金菊花果香馥郁，福鼎大白茶花香、毫香显露，香气评分最高为黄金菊(93.33)，最低为紫娟(90.00)，黄金菊、白叶 1 号、福鼎大白茶与紫娟间差异显著(p<0.05)；汤色方面，白叶 1 号浅黄明亮，紫娟靛黄明亮，黄金菊杏黄明亮，福鼎大白茶杏黄明亮，汤色评分最高为黄金菊(94.00)，最低为紫娟(91.67)，黄金菊、白叶 1 号、福鼎大白茶与紫娟间差异显著(p<0.05)；滋味方面，白叶 1 号鲜爽，紫娟尚醇、微涩，黄金菊鲜爽、有毫香，福鼎大白茶醇厚，滋味评分最高为黄金菊(94.67)，最低为紫娟(90.33)；叶底方面，白叶 1 号嫩黄白、匀整，紫娟靛青、明亮，黄金菊嫩黄、匀整，福鼎大白茶肥嫩、较匀整、显摊张，叶底评分最高为白叶 1 号(93.00)，最低为紫娟(90.33)。根据 GB/T 23776—2018 要求，外形评分占比 25%，香气评分占比 25%，汤色评分占比 10%，滋味评分占比 30%，叶底评分占比 10%，故加权后各绿茶感官评价总分为白叶 1 号(93.22)、紫娟(90.47)、黄金菊(93.50)、福鼎大白茶(91.90)，通过感官审评的比较分析，发现黄色茶树品种黄金菊、白色茶树品种白叶 1 号制作的绿茶感官评分显著高于绿色茶树品种福鼎大白茶、紫色茶树品种紫娟，说明制作绿茶的茶树原料很重要，特异性茶树品种更适合制作绿茶。

2.3　相关性分析

对茶树鲜叶中的成分含量与审评因子建立相关性分析，结果见图 9。



*表示相关性显著，p<0.05。

图 9　浮梁绿茶主要品质化合物相关性

Fig.9　Correlation of main quality compounds in Fuliang green tea

由图 9 可知，制茶品质感官评价总分与香气评分、滋味评分、蛋氨酸含量呈显著正相关，与叶绿素 b、类胡萝卜素、表儿茶素含量呈显著负相关；香气评分与滋味评分、蛋氨酸含量呈显著正相关，与类胡萝卜素含量呈显著负相关；汤色评分与表没食子儿茶素、组氨酸含量呈显著负相关；滋味评分与蛋氨酸含量呈显著正相关，与叶绿素 b、类胡萝卜素含量呈显著负相关。叶底评分与外形评分、蛋氨酸含量呈显著正相关，与叶绿素 b、类胡萝卜素含量呈显著负相关。可以推测，鲜叶色素含量与茶叶审评中的香气、汤色、滋味评分影响较大，即叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、花青素含量高的茶树品种可能外形、香气、汤色、滋味评分均不高。

不同颜色茶树新梢的色素含量、鲜叶主要生化成分、部分儿茶素组分、部分氨基酸组分与感官评价总

分、干茶的外形、香气、滋味评分呈高度相关性，叶绿素 a 含量与叶绿素 b、类胡萝卜素、花青素、咖啡碱、没食子儿茶素没食子酸酯含量呈显著正相关；叶绿素 b、类胡萝卜素、表儿茶素等含量与茶叶感官评分呈显著负相关，游离氨基酸、谷氨酸、谷氨酰胺、蛋氨酸等含量与茶叶感官评分呈正相关，这也说明游离氨基酸、谷氨酸、谷氨酰胺、蛋氨酸、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯含量对浮梁绿茶“色艳、香郁、味醇、形美”品质形成起到至关重要的作用。咖啡碱、茶多酚的形成与游离氨基酸的形成关系重大，咖啡碱、茶多酚、游离氨基酸、表儿茶素、γ-氨基丁酸等化合物是浮梁茶形成独特品质的关键。

3 讨论与结论

浮梁绿茶感官评价结果显示，除紫娟品种外，白叶 1 号、黄金菊、福鼎大白茶绿茶均符合浮梁当地绿茶特色，具备浮梁绿茶“条索紧细、色泽嫩绿、汤色清澈、清香持久、滋味鲜醇爽口、叶底嫩绿明亮显芽”的独特风味。这些优良的感官品质形成，可能与浮梁县得天独厚的地理环境密不可分，良好的环境促使茶树内含物质的丰盈，极大促进了茶叶滋味、香气的提升[28-29]。评价结果显示，黄色茶树品种制作绿茶品质最好，其次是白叶 1 号、福鼎大白茶，紫色茶树品种紫娟制作成的绿茶绿感官评分最低，说明茶树芽叶色泽或者色素含量的不同对绿茶品质等级的影响至关重要，这与 Wang 等[30]、Li 等[31]研究结果一致。

儿茶素、茶多酚、游离氨基酸、水浸出物、儿茶素组分、氨基酸组分等是茶叶中基本呈味物质，以上 4 种不同叶色的茶树品种制成的绿茶内含物成分从鲜叶到成品的过程中茶多酚、游离氨基酸、咖啡碱等成分都有不同程度的下降。加工工艺是连接鲜叶与干茶品质的桥梁，通过控制酶活性、氧化反应和水分变化，将鲜叶的潜在品质转化为浮梁绿茶的典型特征。4 个不同叶色的茶树品种制成绿茶后，儿茶素组分变化巨大，不同叶色茶树品种所含的儿茶素组分不同，加工过程中转化数量和机理可能也不相同，白叶 1 号、黄金菊苦涩味物质转化较多，紫娟因自身苦味物质含量更高，转化后剩余的苦味物质也更多。通过相关性分析发现，浮梁绿茶品质化学成分、部分儿茶素组分、部分氨基酸组分与感官评价总分呈高度的相关性。

通过对 4 个不同叶色茶树品种制作的绿茶品质成分分析对比发现，高水浸出物、游离氨基酸，适量的茶多酚、咖啡碱，合适比例的儿茶素组分、氨基酸组分共同形成了浮梁绿茶“色绿、香显、味鲜、形美”品质特征，后期可结合气相色谱-质谱等技术手段对绿茶开展分析，充分探究绿茶特征香气形成的品质特点，为指导浮梁绿茶的生产加工和茶叶的提质增效提供科学的数据支撑。

参考文献：

[1] 江新凤, 童忠飞, 欧阳雪灵, 等 . 南昌县茶园土壤质量状况调查[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(10): 76-80.
JIANG Xinfeng, TONG Zhongfei, OUYANG Xueling, et al. Investigation of tea plantation soil quality status in Nanchang County[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2018, 46(10): 76-80.

[2] 江新凤, 孙永明, 童忠飞, 等 . 菜籽饼肥施用深度对茶叶产量、品质和氮素利用的影响[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(12): 172-178.
JIANG Xinfeng, SUN Yongming, TONG Zhongfei, et al. Effects of base application depths of rapeseed cake fertilization on tea yield, quality and nitrogen utilization[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(12): 172-178.

[3] 涂纬地 . 茶业与江西采茶戏的关系研究[J]. 福建茶叶, 2022, 44(1): 281-283.
TU Weidi. Study on the relationship between tea industry and Jiangxi tea-picking opera[J]. Tea in Fujian, 2022, 44(1): 281-283.

[4] 马立锋, 陈晓辉, 王涛, 等 . 特异茶树品种(白化品系、黄化品系)高效施肥模式[J]. 中国茶叶, 2020, 42(1): 45-46.
MA Lifeng, CHEN Xiaohui, WANG Tao, et al. Efficient fertilization mode for specific tea cultivars(albino or yellowing cultivars)[J]. China Tea, 2020, 42(1): 45-46.

[5] 王龙平 . 宣城市白化、黄化品种茶产业发展现状及建议[J]. 茶业通报, 2021, 43(4): 163-165.
WANG Longping. Present situation and suggestions on the development of albino and yellowed tea industry in Xuancheng city[J]. Journal of Tea Business, 2021, 43(4): 163-165.

[6] 许燕, 孙云南, 玉香甩, 等 . 紫娟茶与勐海地区紫芽茶生化成分含量分析[J]. 湖南农业科学, 2014(17): 16-17.
XU Yan, SUN Yunnan, YU Xiangshuai, et al. Biochemical component content analysis of a tea variety zijuan and purple bud tea in Menghai[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2014(17): 16-17.

[7] 张向娜, 熊立瑰, 温贝贝, 等 . 茶树叶色变异研究进展[J]. 植物生理学报, 2020, 56(4): 643-653.
ZHANG Xiangna, XIONG Ligui, WEN Beibei, et al. Advances in leaf color variation of tea plant (*Camellia sinensis*)[J]. Plant Physiology Communications, 2020, 56(4): 643-653.

[8] 刘义富, 王加真, 单敏, 等 . 不同绿茶干茶化学成分含量比较分析[J]. 现代农业科技, 2021(8): 206-210, 222.
LIU Yifu, WANG Jiazhen, SHAN Min, et al. Comparison and analysis of contents of chemical composition in different dry green teas [J]. XianDai NongYe KeJi, 2021(8): 206-210, 222.

[9] 江新凤, 李琛, 石旭平, 等 . 高效液相色谱法对“黄金菊”茶中儿茶素和氨基酸组分含量的测定[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(5): 172-176.
JIANG Xinfeng, LI Chen, SHI Xuping, et al. HPLC determination of catechin and amino acid components in *Camellia sinensis*′huangjinju′[J]. Food Research and Development, 2021, 42(5): 172-176.

[10] 江新凤, 李延升, 石旭平, 等 . 茶树资源 “黄金菊” 适制性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(13): 4217-4221.
JIANG Xinfeng, LI Yansheng, SHI Xuping, et al. Suitability of ′huangjinju′ (*C.sinensis*) for manufacture[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(13): 4217-4221.

[11] 杨培迪, 刘振, 赵洋, 等 . 不同茶树品种绿茶干茶色泽及香气分析[J]. 分子植物育种, 2020, 18(15): 5115-5126.
YANG Peidi, LIU Zhen, ZHAO Yang, et al. Analysis of color and aroma of green tea among different tea varieties[J]. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(15): 5115-5126.

[12] 蔡华君, 丁珎, 涂津鹏, 等 . 冲泡用水对茶汤感官品质与理化指

标的影响[J]. 中国茶叶, 2022, 44(1): 62-65.
CAI Huajun, DING Zhen, TU Jinpeng, et al. Effects of brewing water on the sensory quality and physicochemical properties[J]. China Tea, 2022, 44(1): 62-65.
[13] 张贱根, 刘均华, 刘知远, 等 . 基于相关性和主成分分析的上犹名优绿茶品质评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(3): 285-292.
ZHANG Jiangen, LIU Junhua, LIU Zhiyuan, et al. Quality analysis of Shangyou famous green tea based on correlation and principal component analysis[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(3): 285-292.
[14] 江新凤, 李琛, 曹挥华, 等 . 黄化茶树黄金菊的叶绿体结构透射电镜观察[J]. 江西农业学报, 2022, 34(6): 52-57.
JIANG Xinfeng, LI Chen, CAO Huihua, et al. Transmission electron microscopic study of chloroplast structure of yellow tea cultivar huangjinju[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2022, 34(6): 52-57.
[15] 江新凤 . 江西特异茶树资源评价、鉴定及“黄金菊”新梢黄化的多组学分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
JIANG Xinfeng. Identification and evaluation of specific tea germplasm resources in Jiangxi Province and multiomics analysis of shoot etiolation in *Camellia sinensis* Var. Huangjinju[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021.
[16] 尹军峰, 闵航, 许勇泉, 等 . 摊放环境对名优绿茶鲜叶茶多酚及儿茶素组成的影响[J]. 茶叶科学, 2008, 28(1): 22-27.
YIN Junfeng, MIN Hang, XU Yongquan, et al. Effects of spreading environment on tea polyphenols and catechin components in tea fresh leaves of high quality green tea[J]. Journal of Tea Science, 2008, 28(1): 22-27.
[17] 王治会, 岳翠男, 李琛, 等 . 江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(1): 172-179.
WANG Zhihui, YUE Cuinan, LI Chen, et al. Diversity analysis and evaluation of chemical characteristics of tea germ-plasms in Jiangxi Province[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2020, 36(1): 172-179.
[18] JIANG X F, ZHAO H, GUO F, et al. Transcriptomic analysis reveals mechanism of light-sensitive albinism in tea plant *Camellia sinensis* 'Huangjinju'[J]. BMC Plant Biology, 2020, 20(1): 216.
[19] 于晓南 . 植物叶片中花青素的分析与研究[J]. 现代仪器, 2000, 6(4): 37-38.
YU Xiaonan. Study and analysis of anthocyanin in leaves of plants [J]. Modern Instruments, 2000, 6(4): 37-38.
[20] 吉庆勇, 娄艳华, 何卫中, 等 . 65 份叶色紫化茶树种质资源生化成分分析[J]. 茶叶通讯, 2021, 48(1): 20-27.
JI Qingyong, LOU Yanhua, HE Weizhong, et al. Analysis of biochemical components of 65 tea germplasm resources with purple leaf color[J]. Tea Communication, 2021, 48(1): 20-27.
[21] 莫岚, 黄亚辉, 赵文芳, 等 . 金秀野生茶树群体中儿茶素和氨基酸组分含量分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(4): 690-695.
MO Lan, HUANG Yahui, ZHAO Wenfang, et al. Contents of catechin and amino acid of wild tea colonies in Jinxiu[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2018, 33(4): 690-695.
[22] 陈宗懋 . 中国茶叶大辞典[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
CHEN Zongmao. China tea dictionary[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2008.
[23] 施兆鹏, 刘仲华 . 夏茶苦涩味化学实质的数学模型探讨[J]. 茶叶科学, 1987, 7(2): 7-12.
SHI Zhaopeng, LIU Zhonghua. Probe into mathematical model of chemical essence of bitterness and astringency in summer green tea [J]. Journal of Tea Science, 1987, 7(2): 7-12.
[24] 江新凤, 杨普香, 李延升, 等 . 不同时期茶树鲜叶活性成分研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(18): 15-18.
JIANG Xinfeng, YANG Puxiang, LI Yansheng, et al. Study in different periods of fresh tea leaves active ingredients[J]. Food Research and Development, 2015, 36(18): 15-18.
[25] 雷亚兰, 周志梅, 李瑾, 等 . 基于主成分分析和聚类分析方法评价宝庆桂丁绿茶品质特性[J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 269-277.
LEI Yalan, ZHOU Zhimei, LI Jin, et al. Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(6): 269-277.
[26] ZHANG L, CAO Q Q, GRANATO D, et al. Association between chemistry and taste of tea: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 101: 139-149.
[27] 雷鑫, 陈秋月, 李春莲, 等 . 临沧茶区晒青茶滋味特征性组分分析[J]. 中国茶叶加工, 2025(2): 31-38.
LEI Xin, CHEN Qiuyue, LI Chunlian, et al. Analysis of the characteristic taste components of sun-dried green tea of tea area from Lincang tea area[J]. China Tea Processing, 2025(2): 31-38.
[28] 雷鑫, 叶雅萍, 沙艮, 等 . 不同年份景谷大白茶品质变化分析[J]. 中国茶叶加工, 2025(2): 62-72.
LEI Xin, YE Yaping, SHA Gen, et al. Quality changes of Jinggu big white tea during different aging years[J]. China Tea Processing, 2025(2): 62-72.
[29] MOHANPURIA P, KUMAR V, YADAV S K. Tea caffeine: Metabolism, functions, and reduction strategies[J]. Food Science and Biotechnology, 2010, 19(2): 275-287.
[30] WANG C, HAN J X, PU Y T, et al. Tea (*Camellia sinensis*): A review of nutritional composition, potential applications, and omics research[J]. Applied Sciences, 2022, 12(12): 5874.
[31] LI W Y, FU Z P, CHEN L Y, et al. Composition characteristics of amino acids in Chinese teas based on large-scale samples: Origin, tea category, and harvest season[J]. Food Research International, 2025, 222: 117616.

责任编辑:冯娜
收稿日期:2026-01-21