# 白茶滋味与色泽化学特征的品种差异

谢晨昕[1]，林雨[2]，胡文娇[3,4]，胡晓俊[3]，王丽鸳[1]，胡善树[3]，林智[1*]，郭丽[1*]

（1. 中国农业科学院茶叶研究所，浙江杭州 310008）（2. 台州市农业技术推广中心，浙江台州 318000）
（3. 三门绿毫茶叶专业合作社，浙江三门 317103）（4. 浙江善树茶业科技有限公司，浙江三门 317103）

**摘要：**将不同品种茶树鲜叶按传统工艺加工成白茶，采用感官审评法、分光光度计法、气相色谱－质谱法和超高液相色谱法分析分析白茶的品质特征及其脂溶性色素和滋味成分，探析不同品种白茶的呈味呈色特征差异。结果表明：白茶的感官品质存在品种差异，‘中茗 7 号’、‘中茶 108’ 和 ‘中茶 302’ 绿翠且有白毫，‘福鼎大毫茶’、‘中茶 302’ 与 ‘鸠坑’ 的汤色与滋味因子得分超过 90 分。‘鸠坑’ 和 ‘中茶 302’ 的类胡萝卜素与叶绿素比值接近 ‘福鼎大毫茶’（2.3），小于 ‘中黄 1 号’（3.3）；‘中茶 108’ 的有机酸和糖类化合物含量分别比其它品种高 2.9 mg/g 和 11.6 mg/g，‘福鼎大毫茶’ 的氨基酸类化合物在的含量较其它品种高，达到 22.3 mg/g；同一品种中，糖类化合物的含量高于有机酸和氨基酸类化合物，蔗糖、半乳糖醇、果糖和肌醇等组分的含量较高，高达 15.1 mg/g；儿茶素在 ‘鸠坑’ 中的总量高于其他品种，且比 ‘福鼎大毫茶’ 高了 40.3%。由此可见，白茶滋味、色泽品质及其表征成分存在明显的品种特色，可为开发白茶新产品提供参考资料。

**关键词：**白茶；色素；有机酸；氨基酸；糖；气相色谱－质谱；儿茶素

**文章编号：**1673-9078(2024)08-302-310 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.8.0897

# Differences in the Taste- and Color-related Chemical Characteristics of White Tea Between Varieties

**XIE Chenxin[1], LIN Yu[2], HU Wenjiao[3,4], HU Xiaojun[3], WANG Liyuan[1], HU Shanshu[3], LIN Zhi[1*], GUO Li[1*]**

(1.Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China)
(2.Taizhou Agricultural Technology Extension Center, Taizhou 318000, China) (3.Sanmen Lyuhao Tea Specialized Cooperatives, Sanmen 317103, China) (4.Zhejiang Shanshu Tea Science and Technology Co. Ltd., Sanmen 317103, China)

**Abstract:** The fresh leaves of different varieties of tea plants were processed into white tea according to the traditional process. The quality characteristics, lipid-soluble pigments and taste components of the white tea samples were examined through sensory evaluation spectrophotometric measurements, and gas chromatography-mass spectrometry and ultra-high performance liquid chromatography (UPLC) analyses, respectively, to analyze the differences in flavor and color characteristics among the different varieties of white tea. Results showed that the sensory quality of white tea differed among

引文格式：

谢晨昕,林雨,胡文娇,等.白茶滋味与色泽化学特征的品种差异[J].现代食品科技,2024,40(8):302-310.

XIE Chenxin, LIN Yu, HU Wenjiao, et al. Differences in the taste- and color-related chemical characteristics of white tea between varieties [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(8): 302-310.

收稿日期：2023-07-25

基金项目：中国农业科学院科技创新工程（CAAS-ASTIP-2014-TRICAAS）；国家茶叶产业技术体系（CARS-19）；浙江省茶叶产业技术项目（浙农科发〔2022〕10 号）

作者简介：谢晨昕（2000-），女，硕士研究生，研究方向：茶叶加工与质量控制，E-mail：xiechenxin@tricaas.com

通讯作者：林智（1965-），男，博士，研究员，研究方向：茶叶加工与品质化学，E-mail：Linz@tricaas.com；共同通讯作者：郭丽（1981-），女，博士，高级农艺师，研究方向：茶叶加工与质量控制，E-mail：guoli@tricaas.com



现代食品科技

varieties. Zhongming 7, Zhongcha 108 and Zhongcha 302 white tea samples were green in color and contained white “pekoe” hairs. Fuding Dahao, Zhongcha 302 and Jiukeng white tea samples had soup color and taste scores above 90. The ratios of carotenoids to chlorophylls of Jiukeng and Zhongcha 302 were close to those of Fuding Dahao (2.3) but lower that those of Zhonghuang 1 (3.3). The contents of organic acids and carbohydrates of Zhongcha 108 were higher than other varieties by 2.9 mg/g and 11.6 mg/g, respectively. The content of amino acids of Fuding Dahao was higher than those of other varieties, reaching 22.3 mg/g. For the same variety, the content of carbohydrate was higher than the contents of organic acids and amino acids, and the contents of sucrose, dulcitol, fructose and inositol were relatively high, reaching 15.1 mg/g. The total content of catechins of Jiukeng white tea was higher than those of other varieties, and 40.3% higher than that of Fuding Dahao. Therefore, the taste and color quality of white teas as well as their characterized components showed obvious variety-dependent characteristics, which can provide a reference for the development of new white tea products.

**Key words:** white tea; pigment; organics acid; amino acid; sugar; gas chromatography-mass spectrometry (gc-ms); catechins

中国六大茶类中不炒不揉的白茶制法独特，形佳质优，宜品赏，故美名曰“白雪公主”。白茶的高颜值与精湛的加工技术有关[1,2]，工艺至精，制法却不简单。虽然萎凋是白茶、乌龙茶、红茶加工的共性关键技术，但不同茶类的萎凋适度各异，以白茶萎凋最为复杂——历时较长，失水较多，更易受环境条件的影响[3]。目前，白茶的萎凋技术研究已取得很好的进展，不但筛选出最佳的萎凋工艺及参数，研制出自动化萎凋装备[4]，而且探明了萎凋过程中主要品质化学成分的形成规律[5]，可为加工高质量白茶提供重要的理论参考。

白茶品质既受加工技术的影响，又与茶鲜叶特性有关，尤其是茶树品种。目前，除国家标准中提及大白茶、水仙、群体种等常规品种外[6]，新兴白茶产区云南、贵州、浙江等省也采用其他茶树品种试制白茶，如云南大叶种[7]和绿茶主产区的中小叶种茶树。以‘瑞香’、‘梅占’、‘紫玫瑰’等乌龙茶品种茶树鲜叶加工的白茶[8]，外形不及‘福鼎大白茶’，但‘瑞香’、‘梅占’、‘紫玫瑰’制得白茶的花香特征明显[9]。由‘浙农 113’、‘春雨 1 号’、‘春雨 2 号’等茶树鲜叶加工成的白茶[10]，鲜味、苦味、涩味强度不及‘福鼎大毫茶’，但‘春雨 1 号’的滋味特征接近‘福鼎大毫茶’；金阳等[11]认为‘迎霜’茶树鲜叶也适于加工白茶，且感官品质优于‘福鼎大白茶’。由此可见，这些新品种白茶的创制，不仅丰富了白茶花色品类，还为消费者提供了更多的选择机会。

近年来，茶叶消费者的健康意识增强，选购白茶不再是单纯地追求“好喝”，而是要“喝好”，实际上就是“喝健康好茶”。虽然白茶中呈香呈味的次级代谢产物包括黄酮类化合物、生物碱等以及标识性的陈化成分已探明[10,12-15]，但是影响白茶质量的有机酸、糖类等初级代谢产物尚未明晰，不利于系统解析白茶的滋味化学特征。目前，新兴的小叶种白茶与大叶种白茶不仅在风味特征上有差异，在色泽品质也有明显区别，但是二者呈色的化学基础仍未明确。于此，本研究拟采用不同品种茶树鲜叶制备白茶样，比较白茶的感官品质，分析白茶的有机酸、氨基酸、糖类化合物、儿茶素等滋味物质，探究白茶呈色呈味成分的品种差异，为将来开发白茶新产品提供重要的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

‘中茶 108’、‘中茶 302’、‘中黄 1 号’、‘龙井 43’、‘中茗 7 号’、‘鸠坑’和‘福鼎大毫茶’（对照）的鲜叶于 2021 年秋季采自中国农业科学院茶叶研究茶树种植园，采摘标准均为一芽一叶。

叶绿素试剂盒，南京建成生物工程研究所；无水乙醇、丙酮、甲氧胺、*N*,*O*- 双（三甲基硅烷基）三氟乙酰胺、吡啶和香草酸，Sigma 公司；草酸、琥珀酸、富马酸、苹果酸、酒石酸、柠檬酸、L- 丙氨酸、L- 天冬氨酸、L- 谷氨酸、甘氨酸、L- 异亮氨酸、L- 亮氨酸、L- 赖氨酸、L- 蛋氨酸、L- 苯丙氨酸、L- 丝氨酸、L- 苏氨酸、L- 酪氨酸、L- 缬氨酸、阿拉伯糖、木糖、核糖、木糖醇、鼠李糖、核糖醇、果糖、阿洛糖、果糖、半乳糖、葡萄糖、甘露糖、乳糖、麦芽糖等（纯度 98%），深圳市益百顺科技有限公司；GC、EGC、EGCG、GCG、ECG 和 CG（纯度 98%），上海源叶生物科技有限公司。

UV3600 紫外－可见分光光度计，日本岛津公司；

5810R 离心机，德国艾本德股份公司；6CH-54 烘焙提香机，福建佳友茶叶机械智能科技股份有限公司等。

## 1.2 方法

### 1.2.1 茶样制备

小叶种白茶的加工工艺流程：鲜叶—萎凋—干燥。鲜叶采用控温控湿萎凋方式处理，直至萎凋叶含水率在 18%~20%，然后在同一条件下干燥，使成品茶含水率降至 5% 左右。其中，萎凋室的温度与相对湿度分别在 20~22 ℃和 45%~50%，萎凋叶在 50~60 ℃烘至足干。

### 1.2.2 茶样感官审评

样品的感官品质分析参考 GB/T 23776-2018 法（茶叶感官审评方法），由 5 名专业评茶员评定。

### 1.2.3 茶叶色素的分析方法

参考试剂盒法测定茶叶中的叶绿素和类胡萝卜素，具体操作方法：50 mg 茶样中加入提取液 10 mL（水、乙醇和丙酮的体积比为 1:3:6），避光浸提 3 h，摇匀后离心 10 min（转速 1 500 r/min）；取上清液，分别在 470、645、663 nm 下测定吸光度，按公式计算各色素含量：

$$C_a = 12.7\times A_1 - \frac{2.69\times A_2\times V\times n}{m\times 1\,000} \quad (1)$$

$$C_b = 22.9\times A_2 - \frac{4.68\times A_1\times V\times n}{m\times 1\,000} \quad (2)$$

$$C_{总} = 20.21\times A_2 - \frac{8.02\times A_1\times V\times n}{m\times 1\,000} \quad (3)$$

$$C_{类} = 1\,000\times A_3 - 2.05\times A_2 - \frac{114.8\times A_1}{245} \quad (4)$$

式中：

$C_a$、$C_b$、$C_{总}$和 $C_{类}$——分别为叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素的含量，mg/g；

$A_1$、$A_2$、$A_3$——分别为 663、645、470 nm 下测定的吸光值；

$V$——提取液的体积，mL；

$n$——稀释倍数；

$m$——样本质量，g。

### 1.2.4 茶叶中有机酸、氨基酸、糖类化合物的GC-MS分析法

参考文献[16]，略作改动，具体为：20 mg 茶样中加入 1 mL 的 80% 甲醇和 10 μL 的 4.92 mg/mL 香草酸，超声萃取 25 min 后振荡摇匀，再离心 5 min（转速 9 000 r/mim）；取上清液 300 μL，过 0.22 μm 针式过滤膜后离心浓缩至干，加入 80 μL 的 20 mg/mL 甲氧胺溶液，在 40 ℃加热 1.5 h；添加 80 μL 的 *N*,*O*-双（三甲基硅烷基）三氟乙酰胺溶液，在 70 ℃反应 1.5 h 后加入 400 μL 吡啶，待进入 GC-MS 分析。

GC-MS 的分析条件：色谱柱为 DB-5（30 m×0.25 mm×0.25 μm），分流模式进样，分流比为 1:5；进样量为 1 μL，进样口温度 280 ℃。柱温箱升温程序：初始温度 60 ℃，保持 3 min；以 10 ℃ /min 速率升至 210 ℃并保持 2 min；最后以 7 ℃ /min 速率升至 290 ℃，保持 5 min。溶剂延迟 6.5 min，离子源温度 260 ℃。

### 1.2.5 茶叶中儿茶素和咖啡碱的UPLC分析法

参照 Yang 等[17]的方法，测定茶样的儿茶素和咖啡碱含量。

## 1.3 数据分析

茶叶滋味成分的定性分析依据标准样品、NIST14 数据库及相关文献，定量分析采用内标法。每个样品数据表示为均值 ± 偏差。

# 2 结果与分析

## 2.1 白茶感官品质的品种差异

不同品种白茶感官品质相近，‘中茗 7 号’、‘中黄 1 号’、‘龙井 43’、‘中茶 302’的总分略高于‘鸠坑’（表 1）。从外形上看，‘福鼎大毫茶’的芽叶更肥壮，‘中茗 7 号’、‘中茶 108’与‘中茶 302’的色泽绿翠，‘中黄 1 号’、‘龙井 43’、‘鸠坑’出现泛红现象，因而‘福鼎大毫茶’外形分数超过比‘中茶 108’和‘鸠坑’高，比‘中茗 7 号’和‘龙井 43’低；从汤色上看，‘福鼎大毫茶’、‘中茗 7 号’、‘中茶 302’与‘鸠坑’得分高于 90 分，汤色嫩黄或嫩绿且明亮，但其他品种的汤色亮度欠佳；从香气上看，白茶样均呈现甜香特征，且‘中茗 7 号’、‘鸠坑’与‘福鼎大毫茶’兼现果香特征；‘中黄 1 号’的香气达到 92 分，比次之的‘中茶 302’高 2.5 分，比‘龙井 43’高 6 分；从滋味上看，‘福鼎大毫茶’与‘中黄 1 号’、‘龙井 43’、‘中茶 108’和‘鸠坑’具有较佳的甜度和醇度，得分在 90 分以上；比较叶底质量，发现各白茶样的成熟度相近，有芽且带茎，但叶色有明显差异。综合来看，白茶感官质量与所用茶树品种有关，‘福鼎大毫茶’、‘中茶 302’和‘鸠坑’等的汤色和滋味得分在 90 分以上，仅‘中黄 1 号’香气得分高于 90 分。

现代食品科技

表 1 白茶的感官品质

Table 1 Sense quality of white tea

| 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 | |
| 中茗 7 号 ZM7 | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、绿翠 | 87.20 | 嫩黄、明 | 90.08 | 有甜果香、微青 | 88.30 | 尚甘醇、微青 | 89.04 | 尚软、有芽、带茎、青绿 | 86.25 | 88.10 |
| 中黄 1 号 ZH1 | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、黄绿泛红 | 86.40. | 杏黄、明 | 89.25 | 有甜香、微有蜜香 | 92.00 | 较甘醇、微青 | 91.09 | 尚软、有芽、带茎、黄绿泛红 | 87.40 | 89.40 |
| 龙井 43 LJ43 | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、深绿泛红 | 87.32 | 杏黄、明 | 89.23 | 有甜香、略闷、生青 | 86.10 | 较甘醇、略青 | 90.28 | 尚软、有芽、带茎、褐绿泛红 | 87.20 | 88.10 |
| 中茶 108 ZC108 | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、较绿翠 | 85.13 | 黄、明 | 87.40 | 有甜香、微青 | 88.34 | 较甘醇、微青 | 88.24 | 尚软、有芽、带茎、青绿微泛红 | 86.10 | 87.01 |
| 中茶 302 ZC302 | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、绿翠 | 86.20 | 嫩黄、明亮 | 91.30 | 较清甜 | 89.50 | 尚甘醇、微青 | 91.38 | 尚软、有芽、带茎、较绿泛红 | 86.10 | 88.90 |
| 鸠坑 JK | 花朵形、芽叶连枝、微有毫、深绿泛红 | 84.38 | 浅嫩黄、较明亮 | 92.05. | 有甜果香、微青 | 88.06 | 较甘醇、微青涩 | 90.54 | 尚软、有芽、带茎、青绿泛红 | 84.04 | 87.81 |
| 福鼎大毫茶 FDDH | 花朵形、芽叶连枝、较肥壮、微有毫、深绿 | 86.00 | 较嫩绿、较明亮 | 93.10 | 有甜果香、微青 | 88.37 | 较甘醇、微青 | 91.50 | 尚软、有芽、带茎、青绿泛红 | 85.10 | 87.80 |

注：ZM7、ZH1、LJ43、ZC108、ZC302、JK、FDDH 分别是茶树品种 Zhongming7、Zhonghua1、Lingjing43、Zhongcha108、Zhongcha302、Jiukeng、FudingDahao 的缩写。表 2 同。

表 2 白茶中脂溶性色素的含量

Table 2 Lipid-soluble pigment contents of white tea

| 样品名称 | 叶绿素 a/(mg/g) | 叶绿素 b/(mg/g) | 总叶绿素/(mg/g) | 类胡萝卜素/(mg/g) | 类胡萝卜/叶绿素 |
|---|---|---|---|---|---|
| 中茗 7 号 ZM7 | 0.88 ± 0.14 | 0.45 ± 0.04 | 1.34 ± 0.18 | 2.73 ± 0.25 | 2.04 |
| 中黄 1 号 ZH1 | 0.16 ± 0.02 | 0.12 ± 0.01 | 0.29 ± 0.03 | 0.96 ± 0.10 | 3.31 |
| 龙井 43LJ43 | 0.42 ± 0.03 | 0.25 ± 0.02 | 0.66 ± 0.04 | 1.83 ± 0.06 | 2.77 |
| 中茶 108ZC108 | 0.50 ± 0.01 | 0.31 ± 0.00 | 0.81 ± 0.01 | 2.20 ± 0.06 | 2.72 |
| 中茶 302ZC302 | 0.37 ± 0.01 | 0.20 ± 0.01 | 0.57 ± 0.02 | 1.44 ± 0.01 | 2.53 |
| 鸠坑 JK | 0.81 ± 0.02 | 0.44 ± 0.01 | 1.24 ± 0.03 | 3.00 ± 0.01 | 2.42 |
| 福鼎大毫茶 FDDH | 0.96 ± 0.00 | 0.47 ± 0.01 | 1.43 ± 0.01 | 3.24 ± 0.06 | 2.27 |

## 2.2 白茶中脂溶性色素的组成特征

叶绿素和类胡萝卜素为茶叶的主要呈色成分，在不同品种白茶中的含量有一定差异（表 2）。‘福鼎大毫茶’中叶绿素总量较高，比其他品种高了 6.7%~393.1%；叶绿素 a 的含量高于叶绿素 b，二者在茶样中的高低顺序一致，即‘福鼎大毫茶’最高，‘中茗 7 号’和‘鸠坑’次之，‘中黄 1 号’最低。类胡萝卜素在白茶中含量高于叶绿素，在‘福鼎大毫茶’中的含量高达 3.2mg/g，是‘中黄 1 号’的 3.4 倍；其在‘鸠坑’中的含量为 3.0 mg/g，分别比‘中茗 7 号’、‘龙井 43’、‘中茶 108’和‘中茶 302’高了 9.9%、63.9%、36.4% 和 108.3%。不同品种白茶中叶绿素与类胡萝卜素比值最小的是‘中茗 7 号’，其次是‘福鼎大毫茶’，最大的是‘中黄 1 号’；‘中茗 7 号’、‘中茶 302’和‘鸠坑’的叶绿素与类胡萝卜素比值与‘福鼎大毫茶’接近，可能与其汤色质量有关。

现代食品科技

### 2.3 白茶中有机酸、氨基酸、糖类等化合物的组成特点

采用 GC-MS 法分析白茶的初级代谢产物，从供试茶样中鉴定出 11 种有机酸、20 种氨基酸和 29 种糖及其衍生物（图 1）。茶样中有机酸含量在 10.0~16.1 mg/g，在品种间的差异很明显，如‘福鼎大毫茶’与‘鸠坑’的有机酸含量差异达到显著水平（$P<0.05$），与‘中茗 7 号’和‘中茶 108’的差异达到极显著水平（$P<0.01$）；‘中茶 108’的有机酸含量较高，分别比‘鸠坑’和‘福鼎大毫茶’高了 76.4% 和 39.7%；‘龙井 43’的有机酸含量也比‘福鼎大毫茶’高，但‘福鼎大毫茶’的有机酸含量高于‘中黄 1 号’与‘中茗 7 号’，且含量较低的是‘中茗 7 号’。相比有机酸，不同品种茶样中氨基酸总量的变化幅度较大，仅‘中茶 302’的氨基酸总量与‘福鼎大毫茶’的差异不显著（$P>0.05$）；氨基酸在‘福鼎大毫茶’中的含量较高，在‘中茶 302’和‘龙井 43’的含量次之，在‘中茶 108’的含量较低。糖类化合物的总量比有机酸和氨基酸化合物高，均值为 39.7 mg/g；不同品种白茶的糖类化合物含量差异明显，‘中茶 108’的糖类化合物含量高于其他品种，达 57.2 mg/g；‘福鼎大毫茶’的糖类化合物次于‘中茶 108’，较‘鸠坑’高了 34.6%，而‘鸠坑’与‘中茶 302’的糖类化合物含量相近。

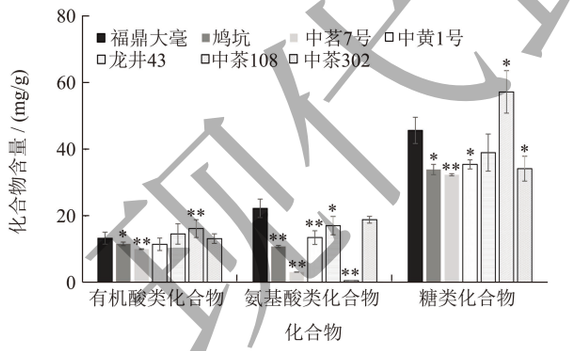


**图 1 不同品种白茶中的初级代谢产物比较**

**Fig.1 Compare primary metabolites of different white teas**

注：* 和 ** 分别表示‘福鼎大毫茶’与其他品种白茶的化合物含量在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的差异。

#### 2.3.1 有机酸

茶叶中有机酸的检出量既与分析方法有关，又与茶叶种类有关[18]。除‘福鼎大毫茶’外，白茶中奎宁酸的含量较高，没食子酸的含量次之，丙酮酸和乙醇酸的含量较低（表 3）。供试白茶中奎宁酸含量最高和最低的品种分别是‘中茶 108’和‘福鼎大毫茶’。柠檬酸在‘福鼎大毫茶’中的含量明显高于其他品种，但在‘中茶 108’中未检出。没食子酸在‘福鼎大毫茶’中的含量不及柠檬酸高，但在‘中黄 1 号’与‘龙井 43’中的含量相近，且略高于其他品种。琥珀酸与甘油酸的含量相当，均低于 1.0 mg/g。草酸与琥珀酸在‘中茶 108’中未检出，但在‘中黄 1 号’、‘龙井 43’和‘中茶 302’的含量相近，由此可见白茶的有机酸组成特征与茶树品种有关。

#### 2.3.2 氨基酸类化合物

氨基酸是茶叶中重要的呈味成分，在供试茶样未检出茶氨酸，这与氨基酸的分析方法有关[15]。由表 4 可知，白茶中检出的氨基酸组分与茶树品种有关。‘福鼎大毫茶’和‘鸠坑’中检出 19 种氨基酸，‘中茗 7 号’中检出 9 种氨基酸即比‘中茶 108’多 4 种，且检出 L- 蛋氨酸；‘中黄 1 号’、‘龙井 43’和‘中茶 302’中检出 18 种氨基酸，且种类相同。比较氨基酸含量，发现不同品种白茶中 L- 谷氨酰胺含量较高，L- 丝氨酸次之，L- 缬氨酸含量较低；L- 谷氨酰胺含量较高的‘福鼎大毫茶’中 L- 丙氨酸、甘氨酸、L- 丝氨酸、L- 苏氨酸、γ- 氨基丁酸、L- 谷氨酸等的含量高于其他品种；L- 丝氨酸含量较高的品种也是‘福鼎大毫茶’，是‘鸠坑’的 2.2 倍；甘氨酸仅在‘福鼎大毫茶’和‘鸠坑’中检出，含量甚微。

#### 2.3.3 糖类化合物

白茶中糖类化合物的组成及含量因茶树品种不同而各异（如表 5）。糖类化合物检出较多的品种是‘鸠坑’，其次是‘龙井 43’、‘中茶 302’，最少的是‘中茶 108’和‘中茗 7 号’；‘福鼎大毫茶’与‘中黄 1 号’中检出 27 种糖类化合物，比‘鸠坑’少 2 种，比‘龙井 43’、‘中茶 302’少 1 种。蔗糖、半乳糖醇、果糖和肌醇等是白茶中含量较高的糖类化合物，他们在品种间存在明显差异；蔗糖为二糖，在白茶样中的含量较高，高低顺序为：福鼎大毫茶＞鸠坑＞中茶 108 ＞中茗 7 号＞中黄 1 号＞龙井 43＞中茶 302；果糖的甜度大于蔗糖，在‘中茶 108’和‘中茶 302’中的含量较高，在‘福鼎大毫茶’和‘中茗 7 号’中的含量较低；苏糖醇为糖的衍生物，含量低，仅在‘福鼎大毫茶’和‘鸠坑’中检出；苏糖酸在所有茶样中均有检出，含量高于苏糖醇，且其在‘中黄 1 号’中的含量高于其他品种。

现代食品科技

表 3 不同品种白茶中有机酸的含量

Table 3 Organic acid contents of different white teas (mg/g)

| 保留时间 /min | 有机酸 | 福鼎大毫茶 FDDH | 鸠坑 JK | 中茗 7 号 ZM7 | 中黄 1 号 ZH1 | 龙井 43 LJ43 | 中茶 108 ZC108 | 中茶 302 ZC302 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.05 | 乙醇酸 | 0.04 ± 0.00 | 0.02 ± 0.00 | 0.07 ± 0.00 | 0.05 ± 0.00 | 0.06 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | 0.05 ± 0.00 |
| 8.25 | 丙酮酸 | 0.01 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00 | 0.03 ± 0.00 | 0.03 ± 0.00 | 0.02 ± 0.00 | 0.06 ± 0.02 | 0.01 ± 0.00 |
| 9.11 | 草酸 | 0.14 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | 0.30 ± 0.01 | 0.73 ± 0.04 | 0.76 ± 0.07 | ND | 0.71 ± 0.05 |
| 11.64 | 琥珀酸 | 0.21 ± 0.05 | 0.11 ± 0.00 | 0.14 ± 0.00 | 0.13 ± 0.01 | 0.15 ± 0.02 | ND | 0.15 ± 0.02 |
| 11.97 | 甘油酸 | 0.24 ± 0.02 | 0.10 ± 0.01 | 0.36 ± 0.01 | 0.19 ± 0.01 | 0.29 ± 0.03 | 0.19 ± 0.05 | 0.17 ± 0.01 |
| 14.03 | 苹果酸 | 0.52 ± 0.09 | 0.24 ± 0.02 | 0.26 ± 0.01 | 0.26 ± 0.02 | 0.30 ± 0.03 | 0.35 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 |
| 14.70 | 焦棓酸 | 1.00 ± 0.05 | 0.08 ± 0.00 | 0.22 ± 0.01 | 0.15 ± 0.01 | 0.15 ± 0.01 | 0.11 ± 0.04 | 0.10 ± 0.00 |
| 17.74 | 莽草酸 | 1.22 ± 0.11 | 0.68 ± 0.01 | 0.42 ± 0.01 | 0.43 ± 0.03 | 0.92 ± 0.11 | 1.01 ± 0.02 | 0.81 ± 0.08 |
| 17.90 | 柠檬酸 | 7.82 ± 0.31 | 0.72 ± 0.05 | 0.90 ± 0.03 | 0.73 ± 0.10 | 0.80 ± 0.12 | ND | 0.60 ± 0.04 |
| 18.42 | 奎宁酸 | 0.98 ± 0.01 | 8.37 ± 0.32 | 6.11 ± 0.18 | 6.66 ± 0.60 | 8.96 ± 0.89 | 12.56 ± 0.91 | 9.24 ± 0.35 |
| 19.45 | 没食子酸 | 1.15 ± 0.05 | 1.21 ± 0.08 | 1.23 ± 0.04 | 2.14 ± 0.18 | 2.18 ± 0.19 | 1.84 ± 0.05 | 1.16 ± 0.06 |

注：ND 表示未检出。表 4、5 同。

表 4 不同品种白茶中氨基酸含量

Table 4 Amino acid contents of different white teas (mg/g)

| 保留时间 /min | 氨基酸 | 福鼎大毫茶 FDDH | 鸠坑 JK | 中茗 7 号 ZM7 | 中黄 1 号 ZH1 | 龙井 43 LJ43 | 中茶 108 ZC108 | 中茶 302 ZC302 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.49 | L- 丙氨酸 | 0.95 ± 0.05 | 0.40 ± 0.05 | ND | 0.35 ± 0.06 | 0.43 ± 0.04 | ND | 0.68 ± 0.04 |
| 10.27 | L- 缬氨酸 | 0.78 ± 0.04 | 0.55 ± 0.01 | 0.02 ± 0.00 | 0.76 ± 0.07 | 0.85 ± 0.06 | ND | 0.93 ± 0.01 |
| 10.87 | 乙醇胺 | 0.18 ± 0.02 | 0.10 ± 0.01 | ND | 0.15 ± 0.01 | 0.15 ± 0.02 | ND | 0.20 ± 0.02 |
| 11.09 | L- 亮氨酸 | 0.63 ± 0.03 | 0.47 ± 0.02 | ND | 0.66 ± 0.04 | 0.62 ± 0.05 | ND | 0.72 ± 0.01 |
| 11.43 | L- 异亮氨酸 | 1.45 ± 0.15 | 0.96 ± 0.03 | ND | 1.40 ± 0.07 | 1.38 ± 0.17 | ND | 1.74 ± 0.04 |
| 11.58 | 甘氨酸 | 0.08 ± 0.01 | 0.06 ± 0.01 | ND | ND | ND | ND | ND |
| 12.37 | L- 丝氨酸 | 2.44 ± 0.19 | 1.10 ± 0.02 | 0.01 ± 0.00 | 1.19 ± 0.12 | 1.07 ± 0.12 | ND | 1.56 ± 0.04 |
| 12.73 | L- 苏氨酸 | 0.66 ± 0.05 | 0.38 ± 0.01 | ND | 0.39 ± 0.04 | 0.35 ± 0.03 | ND | 0.41 ± 0.02 |
| 13.54 | 高丝氨酸 | 0.09 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | ND | 0.10 ± 0.01 | 0.13 ± 0.01 | ND | 0.13 ± 0.01 |
| 14.11 | L- 蛋氨酸 | ND | ND | 0.33 ± 0.01 | ND | ND | ND | ND |
| 14.43 | L- 天门冬氨酸 | 0.06 ± 0.00 | 1.16 ± 0.03 | 1.66 ± 0.05 | 1.63 ± 0.12 | 2.31 ± 0.25 | ND | 1.81 ± 0.03 |
| 14.50 | γ- 氨基丁酸 | 2.00 ± 0.17 | 0.59 ± 0.03 | 0.35 ± 0.01 | 1.79 ± 0.06 | 1.62 ± 0.14 | ND | 1.72 ± 0.11 |
| 14.77 | 5- 羟基正缬氨酸 | 0.07 ± 0.01 | 0.20 ± 0.01 | ND | 0.22 ± 0.01 | 0.30 ± 0.03 | 0.04 ± 0.00 | 0.65 ± 0.04 |
| 15.60 | L- 谷氨酸 | 1.36 ± 0.11 | 0.68 ± 0.02 | 0.03 ± 0.00 | 0.69 ± 0.06 | 0.80 ± 0.07 | 0.05 ± 0.00 | 0.95 ± 0.03 |
| 15.68 | L- 苯丙氨酸 | 0.83 ± 0.05 | 0.77 ± 0.01 | 0.08 ± 0.00 | 0.68 ± 0.09 | 0.76 ± 0.10 | ND | 1.11 ± 0.03 |
| 16.21 | 天冬酰胺 | 1.15 ± 0.08 | 1.02 ± 0.02 | 0.36 ± 0.01 | 1.71 ± 0.27 | 2.31 ± 0.23 | 0.43 ± 0.02 | 1.91 ± 0.04 |
| 17.32 | L- 谷氨酰胺 | 7.56 ± 0.58 | 0.77 ± 0.03 | ND | 0.57 ± 0.08 | 1.71 ± 0.19 | 0.07 ± 0.01 | 2.29 ± 0.09 |
| 18.95 | L- 赖氨酸 | 0.40 ± 0.01 | 0.19 ± 0.03 | ND | 0.25 ± 0.07 | 0.31 ± 0.03 | ND | 1.19 ± 0.08 |
| 19.18 | L- 酪氨酸 | 1.36 ± 0.05 | 1.13 ± 0.02 | ND | 0.75 ± 0.15 | 1.54 ± 0.19 | 0.01 ± 0.00 | 0.70 ± 0.06 |
| 23.10 | L- 色氨酸 | 0.14 ± 0.00 | 0.13 ± 0.01 | 0.21 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | 0.32 ± 0.03 | ND | 0.06 ± 0.00 |

现代食品科技

表 5 不同品种白茶中糖类化合物的含量

Table 5 Carbohydrate contents of different white teas (mg/g)

| 保留时间 /min | 糖类化合物 | 福鼎大毫茶 FDDH | 鸠坑 JK | 中茗 7 号 ZM7 | 中黄 1 号 ZH1 | 龙井 43 LJ43 | 中茶 108 ZC108 | 中茶 302 ZC302 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14.35 | 苏糖醇 | 0.04 ± 0.00 | 0.05 ± 0.00 | ND | ND | ND | ND | ND |
| 15.00 | 苏糖酸 | 0.80 ± 0.03 | 0.33 ± 0.01 | 0.58 ± 0.02 | 2.38 ± 0.11 | 0.44 ± 0.04 | 0.26 ± 0.01 | 0.41 ± 0.03 |
| 15.40 | 吡喃半乳糖苷 | 0.02 ± 0.00 | 0.06 ± 0.00 | 0.06 ± 0.00 | 0.05 ± 0.02 | 0.09 ± 0.01 | 0.01 ± 0.00 | 0.08 ± 0.01 |
| 16.41 | 阿拉伯糖 | 0.05 ± 0.00 | 0.02 ± 0.00 | 0.03 ± 0.00 | 0.04 ± 0.01 | 0.05 ± 0.00 | 0.07 ± 0.00 | 0.05 ± 0.00 |
| 16.62 | 木糖醇 | 0.27 ± 0.02 | 0.13 ± 0.01 | 0.14 ± 0.00 | 0.14 ± 0.02 | 0.14 ± 0.01 | 0.17 ± 0.02 | 0.00 ± 0.00 |
| 16.94 | 核糖醇 | 0.28 ± 0.02 | 0.15 ± 0.01 | 0.14 ± 0.00 | 0.13 ± 0.03 | 0.18 ± 0.02 | 0.75 ± 0.01 | 0.17 ± 0.00 |
| 18.56 | 果糖 * | 0.63 ± 0.01 | 0.78 ± 0.04 | 0.15 ± 0.00 | 1.38 ± 0.06 | 1.73 ± 0.14 | 2.10 ± 0.06 | 8.19 ± 0.71 |
| 18.68 | 果糖 * | ND | 0.49 ± 0.04 | 0.55 ± 0.02 | 0.95 ± 0.04 | 1.24 ± 0.06 | 1.61 ± 0.09 | 1.08 ± 0.08 |
| 18.80 | 半乳糖 | 0.29 ± 0.00 | 0.22 ± 0.03 | 0.34 ± 0.01 | 0.42 ± 0.01 | 0.46 ± 0.06 | 2.03 ± 0.21 | 0.74 ± 0.07 |
| 18.88 | 葡萄糖 * | 1.20 ± 0.03 | 1.09 ± 0.04 | 1.11 ± 0.03 | 1.72 ± 0.09 | 2.14 ± 0.17 | 2.99 ± 0.05 | 0.40 ± 0.03 |
| 19.10 | 甘露糖 | 0.55 ± 0.00 | 0.52 ± 0.04 | 0.67 ± 0.02 | 0.86 ± 0.04 | 0.87 ± 0.07 | 0.89 ± 0.06 | 0.41 ± 0.03 |
| 20.18 | 葡萄糖酸 * | 0.14 ± 0.01 | 0.07 ± 0.01 | 0.08 ± 0.00 | 0.11 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | 0.06 ± 0.00 | 1.70 ± 0.08 |
| 20.54 | 葡萄糖酸 * | ND | 0.08 ± 0.03 | 0.11 ± 0.00 | 0.18 ± 0.01 | 0.19 ± 0.02 | ND | 0.11 ± 0.01 |
| 21.57 | 肌醇 * | 6.22 ± 0.45 | 2.75 ± 0.07 | 4.49 ± 0.13 | 4.30 ± 0.25 | 5.45 ± 0.50 | 11.79 ± 0.83 | 0.14 ± 0.01 |
| 21.96 | 阿洛糖 | 0.15 ± 0.00 | 0.13 ± 0.00 | 0.16 ± 0.00 | 0.20 ± 0.01 | 0.22 ± 0.03 | 0.45 ± 0.03 | 5.64 ± 0.39 |
| 22.34 | 塔罗糖 | 0.07 ± 0.00 | 0.07 ± 0.01 | 0.05 ± 0.00 | 0.02 ± 0.00 | 0.12 ± 0.01 | 0.07 ± 0.00 | 0.20 ± 0.01 |
| 23.31 | 葡萄糖 * | 0.10 ± 0.01 | 0.07 ± 0.01 | ND | 0.10 ± 0.01 | 0.07 ± 0.00 | ND | 0.10 ± 0.00 |
| 24.76 | 甘油葡萄糖苷 | 0.09 ± 0.00 | 0.10 ± 0.00 | 0.20 ± 0.01 | 0.11 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.17 ± 0.01 | 0.09 ± 0.01 |
| 25.51 | 半乳糖醛酸 | 0.35 ± 0.03 | 0.20 ± 0.01 | 0.35 ± 0.01 | 0.27 ± 0.01 | 0.33 ± 0.04 | 0.05 ± 0.02 | 0.09 ± 0.01 |
| 25.60 | 葡萄糖苷酸 | 0.11 ± 0.01 | 0.10 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00 | ND | 0.11 ± 0.01 | 0.09 ± 0.00 | 0.32 ± 0.02 |
| 26.03 | 肌醇 * | 0.15 ± 0.02 | 0.09 ± 0.01 | 0.06 ± 0.00 | 0.15 ± 0.02 | 0.15 ± 0.02 | 0.06 ± 0.00 | 0.03 ± 0.00 |
| 26.36 | 葡萄糖醛酸 * | 0.10 ± 0.01 | 0.13 ± 0.00 | 0.18 ± 0.01 | 0.26 ± 0.01 | 0.23 ± 0.02 | 0.04 ± 0.01 | 0.11 ± 0.00 |
| 26.97 | 葡萄糖醛酸 * | 0.13 ± 0.00 | 0.08 ± 0.01 | 0.12 ± 0.00 | 0.10 ± 0.00 | 0.08 ± 0.00 | 0.15 ± 0.01 | 0.16 ± 0.00 |
| 27.18 | 纤维二糖 | 0.23 ± 0.01 | 0.15 ± 0.01 | 0.12 ± 0.00 | 0.12 ± 0.01 | 0.12 ± 0.01 | 0.18 ± 0.01 | 0.10 ± 0.00 |
| 28.01 | 甘露二糖 * | 0.04 ± 0.00 | 0.06 ± 0.00 | 0.11 ± 0.00 | 0.04 ± 0.01 | 0.03 ± 0.00 | 0.74 ± 0.03 | 0.24 ± 0.00 |
| 28.46 | 甘露二糖 * | 0.17 ± 0.01 | 0.31 ± 0.13 | 6.87 ± 0.21 | 0.10 ± 0.01 | 0.07 ± 0.00 | 0.16 ± 0.03 | 0.05 ± 0.00 |
| 28.76 | 蔗糖 | 15.07 ± 0.45 | 11.14 ± 0.32 | 5.91 ± 0.18 | 4.52 ± 0.15 | 3.88 ± 0.28 | 9.87 ± 0.59 | 0.11 ± 0.01 |
| 29.18 | 半乳糖醇 * | 7.91 ± 0.55 | 6.71 ± 0.06 | ND | 7.39 ± 0.31 | 8.55 ± 0.77 | 7.59 ± 0.65 | 6.09 ± 0.19 |
| 29.94 | 半乳糖醇 * | 10.37 ± 0.66 | 7.80 ± 0.69 | 9.72 ± 0.29 | 9.29 ± 0.32 | 11.63 ± 0.93 | 14.75 ± 1.53 | 7.27 ± 0.49 |
| 32.41 | 葡萄糖醛酸 * | 0.12 ± 0.01 | 0.03 ± 0.00 | 0.03 ± 0.00 | 0.09 ± 0.01 | 0.20 ± 0.02 | 0.11 ± 0.02 | 0.11 ± 0.00 |

注：* 表示化合物检测时出现两个以上的峰。

## 2.4 白茶中儿茶素和咖啡碱含量

几种儿茶素在不同品种白茶中的组成及含量存在差异（表 6）。供试白茶中福鼎大毫茶’GC 含量低于其他品种，且与这些品种存在显著差异；‘鸠坑’的 EGCG 含量比其他品种高了 17.1%~86.8%，但‘福鼎大毫茶’的 EGCG 含量高于‘中茗 7 号’、‘龙井 43’、‘中茶 108’和‘中茶 302’，低于‘中黄 1 号’；ECG 在白茶样中的含量低于 GC 和 EGCG，含量较高和较低的品种分别是‘龙井 43’和‘中茗 7 号’。‘福鼎大毫茶’的儿茶素总量达 220.2 μg/mL，与‘龙井 43’相近，略高于‘中茗 7 号’和‘中茶 108’；‘鸠坑’的儿茶素总量高于其他品种，比‘福鼎大毫茶’高 40.3%。咖啡碱是茶叶中的重要滋味成分，在白茶样中的含量低于儿茶素总量，在‘龙井 43’和‘中茶 108’的表现较为突出。

现代食品科技

表 6 不同品种白茶中儿茶素、咖啡碱的含量

Table 6 Catechin, caffeine contents of different white teas (μg/mL)

| 化合物 | 福鼎大毫茶 FDDH | 鸠坑 JK | 中茗 7 号 ZM7 | 中黄 1 号 ZH1 | 龙井 43 LJ43 | 中茶 108 ZC108 | 中茶 302 ZC302 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GC | 48.94 ± 1.38 | 93.50 ± 3.78** | 66.77 ± 1.96** | 78.56 ± 2.30** | 62.36 ± 1.10** | 56.17 ± 1.67* | 67.87 ± 0.80** |
| EGC | 0.01 ± 0.00 | 0.01 ± 0.00* | 7.66 ± 0.19** | 13.29 ± 0.23** | 13.00 ± 0.51** | 15.41 ± 0.71** | 12.36 ± 1.39** |
| EGCG | 140.11 ± 11.20 | 178.69 ± 13.27* | 102.27 ± 4.95* | 152.54 ± 2.00 | 105.76 ± 7.10* | 95.65 ± 7.60* | 135.61 ± 9.56 |
| GCG | 6.23 ± 0.16 | 4.63 ± 0.14** | 0.14 ± 0.00** | 0.62 ± 0.04** | 1.08 ± 0.05** | 0.52 ± 0.02** | 1.70 ± 0.13** |
| ECG | 18.45 ± 0.73 | 25.16 ± 1.14** | 13.50 ± 0.54** | 27.42 ± 0.42** | 29.46 ± 0.97** | 16.58 ± 1.27 | 20.79 ± 0.37* |
| CG | 6.47 ± 0.14 | 6.98 ± 0.25 | 5.00 ± 0.09** | 7.12 ± 0.20 | 8.91 ± 0.35** | 7.22 ± 0.05* | 6.49 ± 0.04 |
| CAF | 119.21 ± 2.12 | 113.97 ± 4.84 | 112.13 ± 2.53 | 119.85 ± 4.43 | 61.48 ± 4.13** | 55.61 ± 4.42** | 110.83 ± 2.08* |

注：* 和 ** 分别表示福鼎大毫茶与其他品种白茶的化合物含量在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的差异。

## 3 讨论

### 3.1 脂溶性色素对白茶色泽的表征作用

色泽是构成茶叶外形、汤色及叶底品质的重要因子，其颜色特征呈现的化学基础主要是色素。茶叶色素中脂溶性成分的呈色作用较大，尤其是叶绿素和类胡萝卜素[19]。研究表明，茶鲜叶加工成茶的过程中叶绿素含量发生了明显变化[20-22]，其代谢产物的组成与含量随干燥方式的更换而改变[23,24]；类胡萝卜素也发生了降解反应，由其衍变产生的化合物种类较多，包括 *β*- 紫罗兰酮、*β*- 大马烯酮、茶螺烯酮等挥发性化合物[25,26]和胡萝卜素类、叶黄素类和类胡萝卜素酯类化合物等非挥发性产物[27,28]，这些色素衍生物在成品茶中的保留量与加工技术有关，也与茶树品种有关。白茶的加工属性有别于其他茶类，色泽特征对制茶进程具有重要的指示作用，但目前鲜有关于白茶色泽化学基础的研究报道。本研究比较不同品种白茶的色素含量，发现白茶的脂溶性色素组成特征因品种而异，叶绿素与类胡萝卜素比值较小和较大的品种分别是‘中茗 7 号’和‘中黄 1 号’，一定程度上反映出茶树叶色特征[29]。

### 3.2 有机酸和糖类化合物对白茶滋味特征的影响

有机酸是白茶的重要呈味物质，其组成及含量受多种因素影响。何水平等建立了白茶中有机酸的 HPLC 分析方法，检出草酸、乙酸、柠檬酸、乳酸、苹果酸、抗坏血酸、琥珀酸、富马酸等 8 种有机酸[30]。进一步优化 HPLC 分析条件，田宇倩等[17]检出了 9 种有机酸，比本研究结果少 2 种，但此差异主要是分析方法不同所致。本研究发现小叶种白茶中有机酸总量在 10.0~16.1 mg/g，各组分含量存在品种间差异，这与刘盼盼等[31]的研究结果一致。不同有机酸对白茶滋味特征有差异，其中丙酮酸与滋味品质呈显著负相关，琥珀酸与滋味品质呈显著正相关，但二者的含量较低，影响力尚待探究。

本研究发现白茶中糖类化合物的种类比有机酸、氨基酸类化合物多，含量亦如此，且存在品种间差异。‘福鼎大毫茶’为适制白茶的良种，但其糖类化合物的含量不及‘中茶 108’，种类也少于‘鸠坑’，可能与茶树栽培管理条件有关[32]。果糖、蔗糖、葡萄糖等可溶性糖是茶汤的主要呈味成分，赋予其甘醇特征，可作为白茶新品种选育的指标[33]。但是，目前茶叶中糖类物质的分析方法多侧重分析少数游离糖[34]，鲜见同步分析糖类衍生　物[16]，探究这类物质与茶叶滋味品质的关系。另外，本研究还发现糖类衍生物如肌醇、半乳糖醇在白茶中的含量高于其他糖类衍生物，且以‘中茶 108’最高，具体原因尚待进一步探究。

## 4 结论

本研究发现白茶的感官品质存在一定品种差异，主要表现在外形、汤色、香气与叶底因子，其中‘福鼎大毫茶’、‘中茶 302’和‘鸠坑’等的汤色和滋味评分高于 90 分。白茶中类胡萝卜素和叶绿素的含量因品种而异，以‘福鼎大毫茶’的含量较高；二者比值接近‘福鼎大毫茶’的白茶样，汤色品质较优如‘鸠坑’、‘中茶 302’等。白茶中有机酸、氨基酸、糖类化合物等的含量也存在品种间差异，有机酸与糖类化合物在‘中茶 108’中的含量较高，分别达到 16.1 mg/g 和 57.2 mg/g；氨基酸类化合物在‘福鼎大毫茶’中的含量占优势，超出

现代食品科技

其他品种 3.4 mg/g。儿茶素与咖啡碱在白茶中的分布也存在品种差异，‘鸠坑’中儿茶素的含量较高，‘龙井 43’、‘中茶 108’中的咖啡碱含量较低。

## 参考文献


[1] 程柱生.略谈白茶在制过程中酶的催化作用[J].茶叶科学简报,1984,3:9-10.

[2] 陈宗懋,杨亚军.中国茶经[M].上海:上海文化出版社,2011

[3] 邓仕彬,方舒娜,林金来.萎凋工艺对福鼎白茶品质影响研究[J].食品研究与开发,2021,42(13):77-83.

[4] 林宏政,俞少娟,郝志龙,等.多波长LED白茶复合式光萎凋生产线设计与关键模块配置[J].中国茶叶,2021,43(11):19-25.

[5] 战捷,周静峰,田晓兰.白茶鲜叶萎凋主要生化成分变化研究进展[J].茶叶通讯,2020,47(4):559-562.

[6] GB/T 22291-2017,白茶[S].

[7] 周雪芳,武珊珊,阮朝帅,等.云南白茶与福建白茶对比研究[J].安徽农业科学,2020,48(2):177-179.

[8] 刘阳,李光彩,熊中彩,等.不同茶树品种试制白茶品质初探[J].蚕桑茶叶通讯,2021,3:21-24.

[9] CHEN Q C, ZHU Y, DAI W D, et al. Aroma formation and dynamic changes during white tea processing [J]. Food Chemistry, 2019, 274: 915-924.

[10] 龚淑英,谷兆骐,范方媛,等.浙江省主栽茶树品种工艺白茶的滋味成分研究[J].茶叶科学,2016,36(3):277-284.

[11] 金阳,赵玉香,刘亚峰,等.基于浙江夏秋茶鲜叶加工白茶的适制性研究[J].中国茶叶加工,2017,Z2:48-53.

[12] QI D D, MIAO A Q, CAO J X, et al. Study on the effects of rapid aging technology on the aroma quality of white tea using GC-MS combined with chemometrics: In comparison with natural aged and fresh white tea [J]. Food Chemistry, 2018, 265: 189-199.

[13] YUE W J, SUN W J, PRASAD RAO R S, et al. Non-targeted metabolomics reveals distinct chemical compositions among different grades of Bai Mudan white tea [J]. Food Chemistry, 2019, 277: 289-297.

[14] 王哲,赵燕妮,陈丹,等.基于代谢组学研究不同花色种类云南白茶的化学成分差异[J].食品科学,2022,43(22):221-231

[15] 马原,任小盈,马存强,等.不同采制季节信阳白茶品质成分的比较分析[J].现代食品科技,2022,38(7):217-224

[16] 陈美,戴伟东,李朋亮,等.基于柱前衍生化GC-MS的炒青绿茶加工过程中初级代谢物变化规律研究[J].茶叶科学,2019,39(3):297-308.

[17] YANG C, HU Z Y, LU M L, et al. Application of metabolomics profiling in the analysis of metabolites and taste quality in different subtypes of white tea [J]. Food Research International, 2018, 106: 909-919.

[18] 田宇倩,刘天然,范方媛,等.有机酸的HPLC检测方法优化及其在白茶检测中的应用[J].中国食品学报,2021,21(7):320-327.

[19] 宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003.

[20] 林方谦.基于LC-MS技术的红茶加工过程中重要品质成分形成的代谢谱分析[D].合肥:安徽农业大学,2015.

[21] LI J, HUA J J, YUAN H B, et al. Investigation on green tea lipids and their metabolic variations during manufacturing by nontargeted lipidomics [J]. Food Chemistry, 2020, 339: 128114-128114.

[22] 周静芸,黄瑞,欧阳珂,等.不同叶位芽叶在工夫红茶加工过程中理化品质的变化[J].食品科学,2022,44(1):53-62.

[23] 郭丽,杜正花,姚丽鸿,等.铁观音乌龙茶和红茶的香气化学特征分析[J].食品科学,2021,42(10):255-261.

[24] 吴仕敏,江用文,滑金杰,等.基于UPLC-Q-Exactive Orbitrap-MS分析不同足火方式对绿茶中叶绿素降解的影响[J].食品科学,2022,43(8):44-51.

[25] 陈丽,叶玉龙,王春燕,等.茶叶中类胡萝卜素香气前体研究进展[J].食品与发酵工业,2019,45(5):266-273.

[26] WANG J M, ZHANG N, ZHAO M Y, et al. Carotenoid cleavage dioxygenase 4 catalyzes the formation of carotenoid-derived volatile *β*-ionone during tea (*Camellia sinensis*) withering [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(6): 1684-1690.

[27] 曹青青,陈根生,许勇泉,等.黄金芽茶鲜叶加工过程中色泽变化及内在原因分析[J].中国食品学报,2020,20(4):125-133.

[28] 刘飞,叶阳,李春华,等.工夫红茶加工过程中类胡萝卜素成分的动态变化[J].食品科学,2022,43(4):231-240.

[29] 郭春燕,王佳,郝玉珠等.额济纳胡杨叶色变化特征及其影响气象因子分析[J].西北植物学报,2023,43(4):618-627.

[30] 何水平,郭春芳,孙云,等.白茶中的有机酸高效液相色谱分析方法的建立[J].中国茶叶加工,2015,3:37-42.

[31] 刘盼盼,郑鹏程,郭桂义,等.茶树品种及生长期对茶叶有机酸含量的影响[J].江苏农业科学,2018,46(21):225-228.

[32] 林燕萍,张见明,陈泉宾,等.有机白茶和常规白茶品质差异分析[J].食品研究与开发,2020,41(19):151-156.

[33] 孔祥瑞,杨军,王让剑,等.茶树新品系新选801和新选807的白茶适制性鉴定[J].作物杂志,2013(4):63-67.

[34] 朱雨梦,董俊杰,金晶,等.茶叶可溶性糖提取和检测方法综述[J].茶叶,2020,46(3):138-144.


现代食品科技