

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.04.008

云南和福建白茶差异比较研究

蒋 宾^{1,2}, 鄢远珍¹, 刘琨毅¹, 焦文文¹,
刘松志³, 马 燕¹, 赵 明¹

1. 云南农业大学 龙润普洱茶学院, 昆明 650201; 2. 宜宾职业技术学院, 四川 宜宾 644000;
3. 景谷普仁茶业有限公司, 云南 普洱 665000

摘要: 为比较云南与福建白茶在生化成分、感官品质和加工工艺等方面的差异, 以云南和福建共 16 个白茶样品为材料, 测定茶多酚、儿茶素、咖啡碱和氨基酸等 40 种成分的质量分数, 采用主成分分析法(PCA)和正交偏最小二乘判别分析法(OPLS-DA), 分析两地白茶的特征性差异成分; 结合加工工艺和感官品质特征, 比较两地白茶的差异. PCA 和 OPLS-DA 分析发现两地白茶聚成不同的簇, 经 OPLS-DA 共识识别出 11 种变量重要性因子大于 1 的差异成分, 其中云南白茶的茶多酚、没食子酸(GA)和苯丙氨酸质量分数高于福建白茶($p < 0.05$), 而表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、鞣花酸、组氨酸、精氨酸、酪氨酸和表儿茶素没食子酸酯(ECG)质量分数低于福建白茶($p < 0.05$). 感官审评发现福建白茶滋味较云南白茶鲜爽. 得出云南和福建白茶在加工工艺、生化成分和感官品质等方面均存在较大差异, 目前以福建白茶为参照的标准并不适合云南白茶, 应建立新的云南白茶标准.

关 键 词: 白茶; 生化成分; 感官品质; 差异

中图分类号: TS272; S571.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2021)04-0062-11

白茶属于微发酵茶, 是以茶树的芽、叶、嫩茎为原料, 经萎凋、干燥、拣剔等特定工艺制成^[1]. 因制法独特, 不炒不揉, 其外表色泽银白灰绿, 满披白毫呈白色而得名. 白茶起源于宋发展于元, 明代开始转变成当代意义的“白茶”, 清代成为中国六大茶类之一^[2]. 已有研究证实白茶具有保护小鼠肝脏和脑部组织免受急性氧化应激损伤^[3]、抗突变^[4]、抗癌^[5]、抗氧化^[6]、预防糖尿病^[7-8]以及保护生殖健康^[9-10]等诸多功效. 随着“白茶热”兴起, 白茶的消费市场不断得到扩大^[11]. 中国茶叶流通协会统计, 2016 年, 全国白茶总产量为 22 491.15 t, 较 2015 年增加 13.74%, 其中内销总量为 9 000 t, 销售总额 27 亿元; 出口总量约 1 000 t, 主要出口到德国、北美和南美等国家和地区.

目前市场上的白茶主产于福建省, 2016 年产量为 18 500 t, 占全国的 82.25%^[12]; 2017 年产量达 19 135 t^[13], 同比增长 3.43%. 其主要产区为福鼎市、建阳市、松溪县和政和县^[14], 福鼎白茶标准化工工艺流程主要是: 鲜叶→萎凋→烘焙→毛茶→拣剔→复焙→成品茶^[15]; 政和白茶采用室内自然萎凋之后再行日光干燥. 根据鲜叶嫩度不同, 福建白茶有芽茶和叶茶之分, 单芽制成的茶称为“银针”, 芽叶连朵称为“白牡丹”; 由一芽一、二叶制成的茶称为“贡眉”, 叶片或一芽三、四叶制成的茶称为“寿眉”; 根

收稿日期: 2020-03-05

基金项目: 国家茶叶产业技术体系普洱综合试验站项目(CARS-19); 国家自然科学基金项目(31760225).

作者简介: 蒋 宾, 硕士研究生, 主要从事茶叶生化与加工的研究.

通信作者: 赵 明, 教授.

据茶树品种不同分为大、小白和水仙白^[1]。新工艺白茶则是在萎凋后,增加了快速轻揉、轻发酵等工艺。除福建外,云南的景谷等地也生产白茶,据统计 2018 年景谷白茶产量达 145 t。云南白茶因其花色较少,尚无分类标准,主要根据嫩度划分为月光白(单芽或一芽一叶)和大白毫(单芽)两种花色^[16]。月光白是云南近年来创新开发出来的一个新茶叶产品,以单芽或一芽一叶的大叶种茶树鲜叶,在室内摊晾阴干制成,因外形叶芽显毫,像一轮弯月,故得名“月光白”^[17]。大白毫是以云南大叶种单芽为原料,经萎凋、干燥而成,以古树茶为原料则为“古树白茶”。由此可见白茶已经成云南特色茶叶产品,对于云南茶产业的健康发展具有重要的补充作用,同时也是中国白茶的重要组成部分,值得深入研究。

作为特色茶叶产品,目前仅见福建白茶的标准,如国标“白茶”(GB/T22291-2017)“紧压白茶”(GB/T31751-2015)“白茶加工技术规范”(GB/T32743-2016)等,未见云南白茶标准,亟需规范云南白茶的分类与加工。为此,笔者收集了云南和福建两地具有代表性的 16 份白茶样品,测定分析了 40 种生化成分,并应用主成分分析法(principal component analysis, PCA)和正交偏最小二乘判别分析法(orthogonal partial least square-discriminant analysis, OPLS-DA)模型分析其成分差异,结合感官审评结果,分析比较两地白茶的异同。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

从云南和福建两省收集了 16 个白茶样品,包括月光白、大白毫、白牡丹和贡眉等,鲜叶等级有单芽、一芽一叶和一芽二叶(表 1)。硫酸亚铁、酒石酸钾钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、乙醇、茛三酮、三氯化铝、氢氧化钠等,以上药品试剂均为国产分析纯;水为去离子水;色谱纯乙腈和甲醇为 Sigma 产品;咖啡碱(CA)、儿茶素(C)、表儿茶素(EC)、表没食子儿茶素(EGC)、没食子儿茶素(GC)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、儿茶素没食子酸酯(CG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、没食子酸(GA)、1,4,6-O-三没食子酰基-β-D-葡萄糖(GG)、鞣花酸、杨梅素、槲皮素、木樨草素、山奈酚、花旗松素和芦丁对照品(纯度大于 98%)均购自成都曼思特生物科技有限公司;各种氨基酸对照品购于美国安捷伦公司。

1.2 仪器与设备

电子分析天平,北京赛多利斯天平有限公司;HH-S28S 数显恒温水浴锅,金坛市大地自动化仪器厂;756CRT 紫外可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;1200 型高速液相色谱系统,美国安捷伦公司。

1.3 方 法

按国标法测定水浸出物^[18],茶多酚应用酒石酸铁比色法测定^[19]、游离氨基酸应用茛三酮比色法测定^[20]、可溶性糖质量分数应用硫酸蒽酮法测定^[21]。应用课题组建立的高效液相色谱法(HPLC)测定茶叶儿茶素、没食子酸、咖啡碱、黄酮质量分数^[22]和氨基酸组分质量分数^[23]。根据国标法对两地白茶的感官品质差异进行审评^[24]。

1.4 数据处理

应用 SPSS 22.0 数据处理软件进行差异显著性分析,每个处理重复 3 次,每个测定重复 2 次,以平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示;用 SIMCA 14.1 软件进行 PCA 和 OPLS-DA 分析^[25-26]。

2 结果与分析

2.1 两地白茶感官品质分析

对 16 份白茶样品进行感官审评(表 1),结果显示:云南白茶(Y1-Y8)芽头较壮,色泽银白,叶片具有云南白茶“黑背白面”的典型特征,汤色黄亮明净,香气清鲜,滋味平和纯正,鲜爽度稍差;福建白茶(F1-F8)芽叶连枝,芽心较小,色泽灰绿带黄,汤色绿黄明亮或黄亮,香气清纯,F4,F5 带花香,F6 稍带焙火

味,滋味清甜,较云南白茶鲜爽度更佳。总体来看,云南白茶芽头较福建白茶肥硕,身骨较重实,色泽明显不同于福建白茶,但滋味较福建白茶平淡。

2.2 两地白茶常规生化成分分析

测定两地白茶样品中水浸出物、茶多酚、游离氨基酸和可溶性糖的质量分数(表 2),可以看出,除 Y8 外,云南白茶的茶多酚质量分数(34.39%~35.73%)均高于福建白茶(22.71%~31.11%),这是由于云南白茶加工原料为大叶种鲜叶,而福建白茶加工原料为中小叶种鲜叶。感官审评云南白茶滋味更富收敛性。云南白茶游离氨基酸平均质量分数(3.21%)低于福建白茶(4.22%),可溶性糖质量分数也显著低于福建白茶 F4 和 F5($p<0.05$),游离氨基酸和可溶性糖质量分数高是福建白茶滋味更鲜甜的物质基础。云南白茶 Y3,Y4 的水浸出物质量分数高于大部分福建白茶,是其滋味较福建白茶更为醇厚的主要原因。

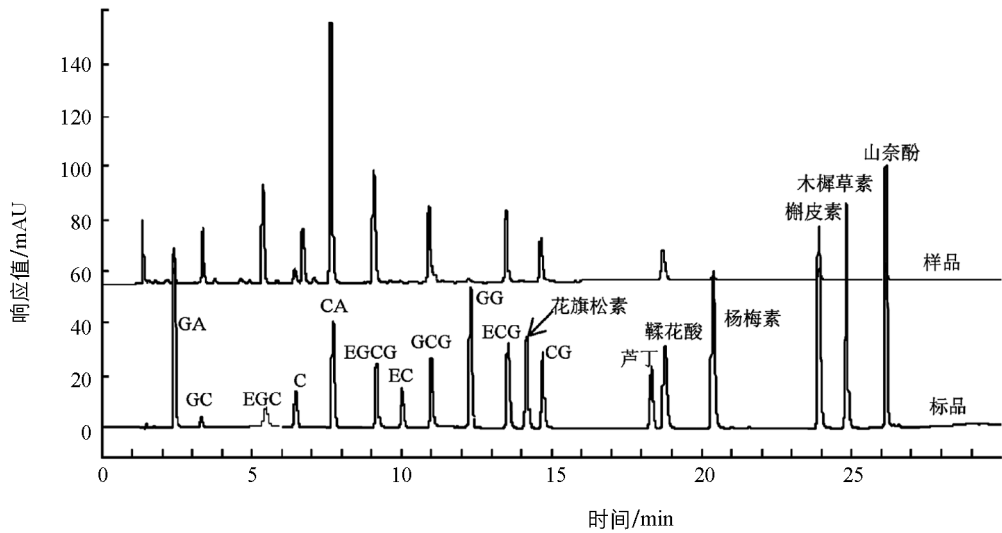
应用 HPLC 测定茶样儿茶素、咖啡碱和黄酮质量分数(图 1a,表 3),可以看出,白茶中的黄酮类化合物成分以杨梅素、槲皮素和山奈酚为主。统计分析表明,两地相同嫩度白茶的杨梅素质量分数差异无统计学意义;单芽制成的云南白茶 Y3,Y4,Y6 槲皮素和山奈酚质量分数均显著低于一芽一叶和一芽二叶制成的白茶($p<0.05$)。云南白茶黄酮总量为 1.17~4.46 mg/g,福建白茶为 2.99~4.73 mg/g。儿茶素类化合物成分以 EGC,C,EGCG,GCG,ECG 和 CG 为主,云南白茶 Y1,Y2 的 GC 质量分数显著高于福建白茶($p<0.05$);F8 的 EGC(12.82 mg/g)和 C(28.03 mg/g)质量分数显著高于云南白茶质量分数最高的 Y6 和 Y5(5.56 mg/g,16.04 mg/g)($p<0.05$);Y1 的酯型儿茶素 GCG(29.04 mg/g)和 CG(10.70 mg/g)显著高于福建白茶($p<0.05$);Y1 的 EGCG(28.31 mg/g)和 ECG(13.91 mg/g)除与 F7(28.27 mg/g,13.63 mg/g)差异无统计学意义外($p>0.05$),显著高于其他白茶($p<0.05$);云南白茶没食子酸(GA)质量分数(3.52~4.55 mg/g)显著高于福建白茶(1.73~2.65 mg/g)($p<0.05$)。福建白茶 F5 槲花酸(14.48 mg/g)显著高于云南白茶($p<0.05$);除 Y5 外,两地白茶咖啡碱质量分数差异无统计学意义($p>0.05$);F7 和 F8 的 GG(1.50 mg/g,1.65 mg/g)质量分数显著高于其他白茶($p<0.05$);Y5 的花旗松素(2.67 mg/g)和 Y7 的芦丁(1.85 mg/g)质量分数显著高于福建白茶($p<0.05$)。

应用 HPLC 测定两地白茶样品中茶氨酸、谷氨酸等 17 种氨基酸组分质量分数(图 1b,表 4),可以看出,氨基酸组分中质量分数最高的是茶氨酸,其中茶氨酸质量分数最高的为福建白茶 F8(19.01 mg/g),其次为 F6(18.66 mg/g),F7(18.16 mg/g)和 F5(18.08 mg/g);云南白茶 Y6 茶氨酸显著高于福建白茶 F1,F2 和 F4($p<0.05$);福建白茶 F3,F4,F5 和 F6 的天冬氨酸、精氨酸和组氨酸质量分数显著高于云南白茶($p<0.05$);F1,F2 和 F3 的酪氨酸质量分数也显著高于云南白茶($p<0.05$)。统计发现,福建白茶氨基酸总量除 F1,F2 外,其余茶样均高于云南白茶($p<0.05$)。

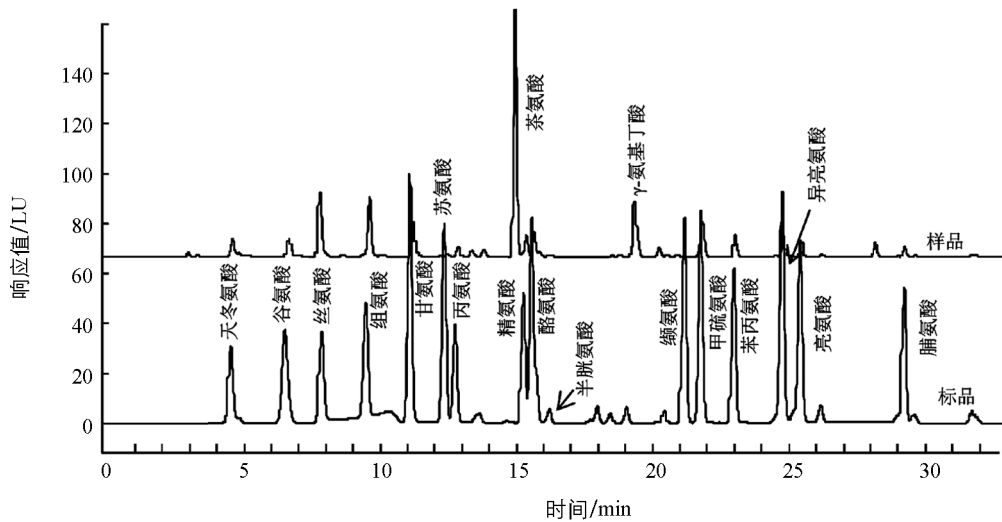
表 1 云南与福建白茶感官审评结果

编号	产地	茶样名称	鲜叶标准	外 形	汤色	香气	滋味	叶 底
Y1	景谷	月光白	一芽一叶	芽叶连枝,自然舒展,色泽灰白带褐,较匀净。	黄绿明亮	清新	平正,略苦	芽叶嫩匀,色泽灰绿,净度好。
Y2	景谷	月光白	一芽二叶	芽叶连枝,自然舒展,芽头肥壮,色泽灰褐泛白,较匀净。	黄亮明净	清新	清醇	绿黄带红叶,芽叶连枝,匀整,净度好。
Y3	景谷	大白毫	单芽	毫芽肥壮,外形优美,色泽银白,匀整,净度好。	黄绿明亮	清新	平正	色泽灰绿,叶脉泛红,全芽肥壮匀整,净度好。
Y4	永平	大白毫	单芽	毫芽肥壮,外形优美,色泽银白,匀整,净度好。	黄绿明亮	清新	平正	色泽灰绿明亮,全芽肥壮,匀整,净度好。
Y5	永平	月光白	一芽一叶	芽叶连枝,芽头显,色泽灰绿,较匀整,净度好。	黄亮明净	清新	平正,略苦	芽叶连枝叶脉泛红,色泽黄绿,较匀整,洁净。
Y6	民乐	大白毫	单芽	毫芽肥壮,外形优美,色泽银白,匀整,净度好。	浅黄明亮	清新	平淡欠纯,略苦	黄绿匀整,全芽肥壮,匀整,洁净。
Y7	民乐	月光白	一芽一叶	芽叶连枝,自然舒展,芽头肥壮,色泽灰褐泛白,较匀净。	黄亮明净	清新	清甜	色泽黄褐泛红,芽叶连枝,较匀整,净度好。
Y8	民乐	月光白	一芽二叶	芽叶连枝,色泽黄褐,欠匀,较洁净,稍带梗。	黄亮	鲜甜	平淡欠纯,略苦	色泽黄褐泛红,芽叶连枝,尚匀整,洁净。
F1	福安	一级牡丹	一芽二叶	芽叶连枝,呈自然状,色泽黄绿,较匀整,净度好。	绿黄明亮	清甜高扬	清甜	色泽黄绿泛褐,枝叶连理芽头少,较匀整,洁净。
F2	福安	牡丹王	一芽一叶	芽头显露,满披白毫,色泽灰绿,匀整,净度好。	黄绿明亮	清甜	平淡	色泽黄绿,芽头肥嫩,较匀整,净度好。
F3	政和	高级牡丹	一芽二叶	芽叶连枝,芽心小,色泽灰绿带黄,尚匀整,净度好。	绿黄明亮	清纯	清甜	色泽黄绿,芽叶连枝,较匀整,洁净。
F4	福建	野生贡眉	一芽二叶	芽叶连枝,芽心小,色泽灰绿,较匀整,净度好。	绿黄明亮	清新带花香	清甜浓	色泽清绿,芽叶连枝,较匀整,净度好。
F5	福鼎	福鼎大毫	一芽一叶	芽头肥壮,满披白毫,色泽灰绿,较匀整,净度好。	绿黄明亮	清新带花香	清甜带花香	色泽清绿,芽头显欠匀,较匀整,洁净。
F6	福鼎	福鼎大白	一芽二叶	芽叶连枝,芽头略显,色泽灰绿,尚匀整,较洁净。	黄亮	清纯	纯正,焙火味	色泽黄绿,芽叶连枝,尚匀整,洁净。
F7	福鼎	五韵白茶	一芽二叶	芽叶连枝,芽头显,色泽灰绿稍黄,欠匀,较洁净。	黄亮	清纯	纯正	色泽黄绿带红,芽叶连枝,较匀整,净度好。
F8	福鼎	五律白茶	一芽二叶	芽叶连枝,芽头显,色泽灰绿稍黄,欠匀,较洁净。	黄亮	清纯	纯正	色泽黄绿带红,芽叶连枝,较匀整,净度好。

注:“Y”表示云南白茶,“F”表示福建白茶。



(a) 儿茶素、黄酮类化合物HPLC图



(b) 氨基酸组分HPLC图

图 1 白茶儿茶素、黄酮类化合物和氨基酸组分 HPLC 图

表 2 云南白茶和福建白茶常规化学成分质量分数 (n=6) /%

成 分	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
游离氨基酸	2.88±0.2g	3.01±0.2f	3.15±0.2f	3.17±0.1f	2.83±0.1g	4.43±0.2c	2.55±0.1h	3.63±0.2e
可溶性糖	4.39±0.2cd	4.21±0.1de	4.20±0.2de	4.02±0.3ef	4.06±0.5ef	4.08±0.1ef	3.25±0.4g	3.83±0.2f
水浸出物	43.15±0.1f	43.49±0.7ef	45.66±0.9b	46.95±0.9a	44.71±1.3bc	42.98±1.6f	41.83±1.5g	44.74±0.9bc
茶多酚	34.39±1.2bc	35.71±0.9a	35.73±1.1a	35.65±0.7a	34.94±0.9bc	35.29±1.0b	35.45±1.1b	25.71±0.2gh
成 分	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
游离氨基酸	3.79±0.2d	3.18±0.1f	4.79±0.1ab	3.86±0.1d	4.62±0.3b	4.95±0.1a	4.12±0.1cd	4.42±0.1c
可溶性糖	4.14±0.2de	4.54±0.1bc	4.50±0.1c	4.80±0.2b	5.15±0.1a	4.17±0.1de	4.57±0.2bc	4.10±0.2de
水浸出物	41.30±0.5g	43.64±0.9de	43.76±0.4de	45.91±0.3ab	44.81±0.3bc	41.17±1.1g	45.03±0.3bc	44.39±1.2cd
茶多酚	24.98±0.6h	29.02±0.2e	26.93±0.4f	28.72±0.7e	29.91±0.3d	22.71±0.8i	30.87±0.7c	31.11±0.4c

注: 表中小写字母不同表示样品间化学成分质量分数差异有统计学意义, $p<0.05$.

表 3 云南白茶和福建白茶儿茶素、黄酮类化合物、咖啡碱质量分数($n=6$)

/(mg · g⁻¹)

成 分	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
杨梅素	0.43±0.1bc	0.55±0.3b	0.64±0.5b	0.58±0.4b	0.53±0.2b	0.25±0.1b	0.65±0.8b	0.80±0.2b
槲皮素	1.20±0.1ab	0.86±0.1b	0.35±0.2c	0.31±0.3c	0.88±0.1b	0.27±0.1c	1.21±0.7ab	1.19±0.2ab
山奈酚	1.33±0.0cd	1.09±0.1e	0.73±0.1g	0.53±0.3h	1.72±0.1e	0.43±0.2h	0.99±0.4f	2.32±0.3a
木樨草素	0.13±0.0ef	0.10±0.0g	0.10±0.0g	0.08±0.0g	—	0.22±0.1b	0.18±0.1cd	0.15±0.0de
黄酮总量	3.09±0.2	2.60±0.1	1.82±0.1	1.50±0.2	3.13±0.1	1.17±0.1	3.03±0.3	4.46±0.2
GC	2.57±0.0b	2.94±0.1a	2.13±1.8c	—	1.44±0.0f	—	—	1.78±0.8e
EGC	4.91±0.0b	3.76±0.0cde	4.33±0.0cd	4.33±0.0cd	2.18±0.0f	5.65±0.1b	3.02±0.1ef	2.47±0.1ef
C	8.62±0.1c	5.97±0.1d	7.62±0.0c	2.33±0.1g	16.04±0.2b	11.95±0.5c	2.64±0.2g	3.09±0.1f
EGCG	28.31±0.2a	11.18±0.1e	17.05±0.1d	8.73±0.1ef	13.74±0.2e	24.13±0.4bc	5.34±0.2f	5.85±0.1f
EC	1.20±0.0ab	0.81±0.0ef	0.69±0.0fg	0.39±0.0gh	1.25±0.0abc	1.48±0.1a	0.33±0.0h	0.58±0.0fg
GCG	29.04±0.1a	8.18±0.1gh	9.87±0.5fgh	8.51±0.2gh	6.77±0.3h	14.19±0.2d	5.34±0.1h	5.48±0.1h
ECG	13.91±0.1a	10.37±0.1b	10.81±0.1b	6.07±0.1d	2.55±0.1e	0.34±0.0f	5.27±0.2d	5.61±0.1d
CG	10.70±0.1a	7.72±0.1bc	8.69±0.2b	4.57±0.1de	5.77±0.1cde	0.37±0.0g	5.10±0.1de	5.15±0.1de
GA	3.80±0.0b	3.52±0.0b	4.05±0.0ab	3.62±0.0b	3.72±0.1b	4.47±0.1a	4.38±0.1a	4.55±0.0a
GG	0.86±0.1bc	0.69±0.1bcd	0.71±0.1bcd	0.48±0.1cde	0.15±0.0e	0.39±0.1cde	0.29±0.1de	0.37±0.1cde
咖啡碱	41.32±0.1b	40.61±0.0b	38.42±0.5bc	35.45±0.8bc	43.14±0.4a	36.15±0.3bc	36.44±0.6bc	35.28±0.4c
槲花酸	8.20±0.3bc	5.03±0.0cde	8.87±0.1bcd	3.97±0.2e	5.77±0.1cde	7.45±0.1bcd	4.88±0.4cde	4.80±0.1cde
花旗松素	0.13±0.0d	0.22±0.1cde	0.24±0.1cd	0.32±0.1bcd	2.67±0.1a	0.42±0.3bcd	0.46±0.4bcd	0.28±0.0bcd
芦丁	1.65±0.3ab	0.73±0.2cde	0.86±0.5cde	1.35±0.5abc	0.92±0.4cde	1.02±0.4cde	1.85±0.7a	1.47±0.6abc

成 分	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
杨梅素	0.97±0.4ab	1.05±0.6ab	0.74±0.2b	0.73±0.1b	0.99±0.9ab	0.86±0.5b	0.68±0.3b	1.11±0.4ab
槲皮素	1.22±0.5ab	1.09±0.4b	1.01±0.3b	0.98±0.2b	1.44±0.6a	1.74±0.1a	1.21±0.3ab	1.39±0.5ab
山奈酚	1.60±0.5bc	1.35±0.2cd	1.68±0.3bc	2.19±0.3a	1.98±0.6ab	2.13±0.2a	1.02±0.0e	1.15±0.0e
木樨草素	0.34±0.1a	0.19±0.1bc	0.21±0.0b	—	—	—	0.08±0.0g	0.09±0.0g
黄酮总量	4.13±0.2	3.68±0.2	3.64±0.1	3.90±0.2	4.41±0.3	4.73±0.2	2.99±0.2	3.74±0.2
GC	1.72±0.1e	1.71±0.0e	2.09±0.0c	2.34±0.0c	2.42±0.0c	2.08±0.0d	2.14±0.01d	2.21±0.1d
EGC	2.93±0.2de	2.63±0.1ef	2.70±0.0ef	3.40±0.1def	2.44±0.1cd	2.57±0.1ef	2.58±0.0ef	12.82±0.1a
C	3.82±0.2e	3.31±0.2e	2.04±0.0g	1.77±0.1h	2.32±0.1g	16.42±0.0b	2.38±0.1g	28.03±0.8a
EGCG	18.22±0.2d	17.76±0.1d	22.35±0.3c	23.56±0.4bc	26.37±0.6ab	16.41±0.1d	28.27±0.7a	27.12±0.4b
EC	0.86±0.0def	0.88±0.0cde	0.85±0.0ef	0.91±0.0cde	1.11±0.0bcd	0.76±0.0ef	1.32±0.1ab	1.35±0.1ab
GCG	12.89±0.5de	11.53±0.3ef	18.71±0.3bc	21.57±0.2b	26.84±0.1b	16.64±0.4c	16.59±0.2cd	19.7±0.3bc
ECG	7.45±0.1cd	7.31±0.1cd	7.48±0.1cd	7.38±0.1cd	9.36±0.2bc	5.51±0.1d	13.63±0.2a	13.68±0.2b
CG	3.53±0.3de	2.62±0.2ef	5.88±0.1cd	6.01±0.1cd	8.74±0.1b	4.38±0.3de	5.86±0.1cd	8.93±0.2b
GA	2.65±0.1c	2.52±0.0c	2.02±0.0c	2.17±0.0c	2.53±0.0c	1.93±0.0c	1.73±0.0c	1.92±0.1c
GG	0.71±0.7bcd	0.86±0.1bc	0.97±0.2bc	0.82±0.2bcd	0.59±0.3cde	0.28±0.2de	1.50±0.6a	1.65±1.1a
咖啡碱	34.92±0.2c	34.65±0.2c	37.35±0.4bc	34.74±0.4c	38.54±0.2bc	36.21±0.2bc	37.74±0.2bc	41.75±0.3b
槲花酸	11.56±0.7ab	10.05±0.8ab	10.02±0.2ab	10.07±0.1ab	14.48±0.3a	9.47±0.3abc	5.08±0.1cde	4.52±0.2de
花旗松素	0.35±0.2bcd	0.31±0.1bcd	0.31±0.1bcd	0.36±0.1bcd	0.83±0.6b	0.37±0.3bcd	0.42±0.3bcd	0.70±0.4bc
芦丁	0.77±0.4cde	0.76±0.4cde	0.55±0.2cde	0.41±0.1de	0.33±0.1f	0.48±0.2de	0.69±0.4cde	1.21±0.9bcd

注：表中小写字母不同表示样品间化学成分质量分数差异有统计学意义， $p<0.05$ ；“—”表示没有检测到。

表 4 云南白茶和福建白茶的氨基酸质量分数 ($n=6$)

/(mg · g⁻¹)

成 分	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
γ-氨基丁酸	0.37±0.0gh	0.25±0.0i	0.35±0.1h	0.42±0.0fg	0.21±0.1i	0.51±0.0e	0.32±0.0h	0.44±0.0f
茶氨酸	12.07±0.5e	8.46±0.2g	13.26±0.3d	15.61±0.5c	7.78±0.2h	17.57±0.6b	10.41±0.6f	13.82±0.9d
丙氨酸	0.45±0.0b	0.31±0.0d	0.45±0.0b	0.43±0.0b	0.36±0.0c	0.51±0.0a	0.26±0.0e	0.47±0.0ab
精氨酸	1.03±0.1fg	0.9±0.0gh	1.05±0.0fg	0.78±0.0gh	1.15±0.0f	1.44±0.1e	0.68±0.0h	0.88±0.1gh
天冬氨酸	0.87±0.1gh	0.66±0.0h	0.69±0.0h	0.88±0.0fg	0.84±0.1gh	1.14±0.1e	1.00±0.1e	1.09±0.1e
半胱氨酸	0.32±0.0ef	0.37±0.2de	0.29±0.1fg	0.15±0.0g	0.35±0.1de	0.26±0.0fg	0.23±0.0f	0.14±0.1g
谷氨酸	1.69±0.1d	0.88±0.0g	1.07±0.0f	0.56±0.0h	1.02±0.0f	2.33±0.1b	0.90±0.0g	1.40±0.1e
甘氨酸	0.49±0.0d	0.19±0.0i	0.26±0.0g	0.24±0.0g	0.18±0.0i	0.26±0.0g	0.23±0.0gh	0.39±0.0f
组氨酸	1.53±0.1f	1.47±0.1f	1.54±0.1f	1.5±0.1f	1.81±0.1ef	1.53±0.1f	1.14±0.1g	1.94±0.1e
异亮氨酸	0.43±0.0g	0.74±0.0d	0.63±0.0e	0.72±0.0d	0.93±0.0b	0.51±0.0f	0.71±0.0d	0.79±0.1c
亮氨酸	0.35±0.0i	0.42±0.0fg	0.48±0.0e	0.49±0.0e	0.55±0.0d	0.48±0.0e	0.39±0.0h	0.44±0.0f
甲硫氨酸	1.2±0.1j	1.98±0.1de	1.77±0.1f	1.9±0.1e	2.25±0.1b	1.34±0.0i	1.8±0.1f	2.15±0.1c
苯丙氨酸	1.73±0.1d	2.27±0.1c	1.93±0.1c	2.72±0.1a	2.76±0.1a	1.44±0.0e	1.95±0.1c	2.19±0.1b
脯氨酸	0.21±0.0h	0.22±0.0ef	0.23±0.0ef	0.3±0.0d	0.30±0.1d	0.24±0.0e	0.17±0.0fg	0.33±0.0d
丝氨酸	1.68±0.1c	3.84±0.1b	0.52±1.1de	—	4.14±0.1b	1.03±1.0d	0.55±0.2de	4.06±0.3a
苏氨酸	0.06±0.0fg	0.06±0.0f	0.07±0.0fg	0.08±0.0fg	0.07±0.0fg	0.07±0.0fg	0.05±0.0g	0.05±0.0fg
酪氨酸	0.78±0.0d	1.12±0.5d	0.53±0.3e	0.2±0.0f	0.88±0.1d	1.02±0.0cd	0.88±0.0d	0.97±0.2d
缬氨酸	—	0.39±0.0c	0.17±0.0f	0.29±0.0d	0.28±0.0de	0.15±0.0f	0.88±0.0a	0.75±0.0b
总量	25.26±1.2ef	24.53±0.6ef	25.29±1.3ef	27.27±0.9e	25.86±0.7ef	31.83±1.9de	22.55±1.9g	32.30±1.8d

成 分	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
γ-氨基丁酸	0.35±0.1h	0.23±0.1i	1.08±0.1c	1.09±0.0c	1.17±0.0b	1.27±0.1a	0.68±0.0d	0.69±0.0d
茶氨酸	9.19±0.3g	14.82±1.9h	17.73±1.8b	14.25±0.1d	18.08±0.5ab	18.66±1.2a	18.16±0.4ab	19.01±0.2a
丙氨酸	0.15±0.1g	0.21±0.1f	0.38±0.0c	0.44±0.0b	0.50±0.0a	0.44±0.0b	0.34±0.1cd	0.38±0.0c
精氨酸	0.09±0.0i	0.15±0.0i	4.00±0.2c	3.81±0.1c	5.35±0.1b	7.07±0.3a	1.97±0.6d	1.77±0.1d
天冬氨酸	0.67±0.3h	0.43±0.2i	1.51±0.0d	2.15±0.1b	2.46±0.1a	1.78±0.1c	1.01±0.0f	1.05±0.1ef
半胱氨酸	2.02±0.1a	0.89±0.2b	0.36±0.0de	0.33±0.0f	0.28±0.0fg	0.51±0.0c	0.48±0.1cd	0.50±0.0cd
谷氨酸	1.09±0.1f	0.46±0.2i	1.37±0.0e	1.76±0.4d	2.45±0.1a	2.15±0.1c	1.01±0.0f	1.02±0.0f
甘氨酸	0.02±0.0k	0.05±0.0j	0.46±0.0e	0.77±0.0c	0.97±0.0b	1.35±0.1a	0.22±0.0gh	0.24±0.0gh
组氨酸	2.48±0.1d	1.16±0.5g	6.29±0.4a	4.31±0.1b	4.06±0.1b	4.13±0.3b	2.62±0.1cd	2.78±0.1c
异亮氨酸	0.75±0.0d	0.18±0.1h	0.79±0.0c	0.93±0.0b	0.64±0.0e	1.39±0.0a	0.61±0.0e	0.63±0.0e
亮氨酸	0.43±0.1fg	0.21±0.1j	0.60±0.0c	0.71±0.0b	0.58±0.0c	0.83±0.0a	0.38±0.0h	0.40±0.0fg
甲硫氨酸	1.65±0.1g	0.39±0.1k	1.71±0.1fg	2.04±0.1d	1.35±0.0i	2.78±0.1a	1.48±0.1h	1.54±0.1h
苯丙氨酸	1.02±0.0f	1.29±0.1ef	1.68±0.1d	1.63±0.0d	0.96±0.0f	1.61±0.1d	0.92±0.0f	1.00±0.0f
脯氨酸	0.06±0.0h	0.19±0.1f	0.42±0.0c	0.54±0.0b	0.42±0.0c	0.83±0.0a	0.20±0.0fg	0.20±0.0fg
丝氨酸	3.48±0.2b	0.69±0.3d	—	—	—	—	3.70±0.4b	3.81±0.1b
苏氨酸	0.40±0.0a	0.25±0.1b	0.21±0.0d	0.22±0.0cd	0.22±0.0cd	0.27±0.0b	0.10±0.0ef	0.10±0.0e
酪氨酸	9.12±0.4a	5.35±2.0b	1.87±0.1c	1.72±0.1c	1.28±0.1cd	1.17±0.0cd	0.99±0.1d	1.03±0.0cd
缬氨酸	0.09±0.1g	0.07±0.0g	0.18±0.0g	—	—	0.25±0.0e	0.16±0.0f	0.19±0.0f
总量	33.06±1.4d	27.02±6.3e	40.64±3.1b	36.70±0.3c	40.77±1.1b	46.49±2.3a	35.03±0.8cd	36.34±0.8c

注: 表中小写字母不同表示样品间化学成分质量分数差异有统计学意义, $p<0.05$; “—”表示没有检测到。

2.3 两地白茶 PCA 和 OPLS-DA 分析

主成分分析图用于反映样本的差异情况，样本之间位置越近则越相似^[27]。以两地 16 个白茶的 40 个成分质量分数进行主成分提取，以第一主成分(PC1)和第二主成分(PC2)建模获得 PCA 得分矩阵图(图 2a)。结果显示，在 PCA 模型中两地白茶间的区别较好，但需要注意的是模型仅解释了 43.3% 的原始数据，需要选择新的方法，以过滤大量对分类无作用的变量。

为了更好地获得两地白茶主要特征差异成分，基于 40 个成分质量分数进行 OPLS-DA 分析(图 2b)，结果显示，两地白茶聚成 3 簇，可以较好地区分。采用交叉验证法对模型进行验证，共筛选出了 5 个主成分。模型对自变量拟合指数 $R^2X(cum)=0.726$ ，说明 5 个主成了解释了 72.6% 的 X 变量；对因变量的拟合指数 $R^2Y(cum)=0.976$ ，说明 5 个主成了解释了 97.6% 的 Y 变量；模型预测指数 $Q^2(cum)=0.971$ ，说明模型对两地白茶的预测能力为 97.1%，结果表明该模型稳定可靠。

为进一步找出对结果分析起贡献作用和两地白茶品质差异的特征变量，基于 OPLS-DA 模型绘制 S-plot(图 2c)，并结合预测变量投影重要性($VIP>1$)、载荷图和 t -检验($p<0.05$)分析可知(表 5)，云南白茶的 EGCG、茶多酚、GCG、GA、鞣花酸、组氨酸、游离氨基酸、精氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸和 ECG 与福建白茶差异有统计学意义，可作为区分两地白茶的标志性品质成分，其中云南白茶的茶多酚、GA 和苯丙氨酸显著高于福建白茶，其余成分质量分数显著低于福建白茶。

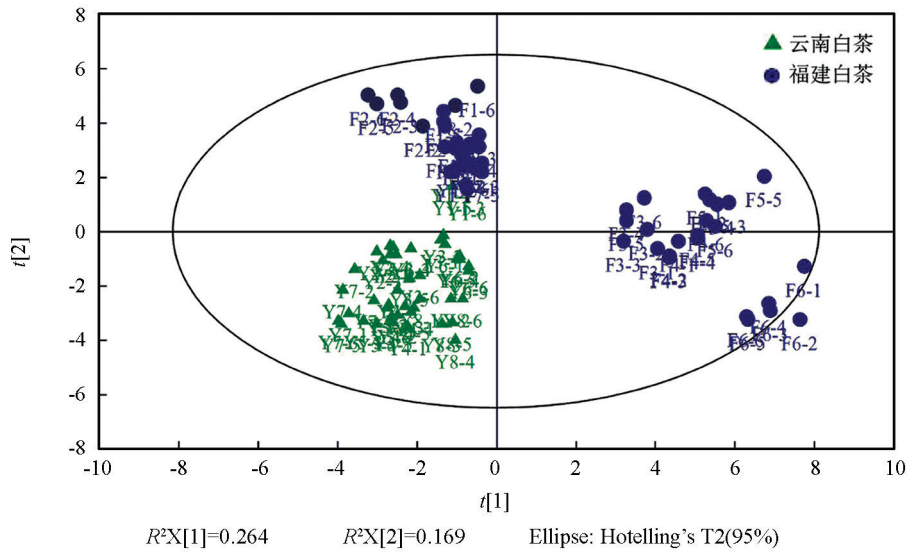
表 5 OPLS-DA 分析发现的云南和福建白茶 $VIP>1$ 的成分及平均质量分数

成 分	云南白茶	福建白茶	FC 值(云南/福建)	VIP 值
EGCG/(mg·g ⁻¹)	13.03±1.27 [*]	22.91±0.89	0.57	2.99
茶多酚/%	34.15±2.74 [*]	28.03±2.84	1.22	2.62
GCG/(mg·g ⁻¹)	10.92±1.11 [*]	18.06±0.78	0.61	2.34
GA/%	4.02±0.55 [*]	2.19±0.54	1.84	1.60
鞣花酸/(mg·g ⁻¹)	6.11±1.05 [*]	9.48±0.98	0.65	1.46
组氨酸/(mg·g ⁻¹)	1.56±0.23 [*]	3.48±0.49	0.45	1.43
游离氨基酸/%	4.23±0.49 [*]	5.78±0.31	0.73	1.35
精氨酸/(mg·g ⁻¹)	0.99±0.22 [*]	3.02±1.35	0.33	1.29
酪氨酸/(mg·g ⁻¹)	0.80±0.35 [*]	2.82±1.86	0.28	1.19
苯丙氨酸/(mg·g ⁻¹)	2.12±0.14 [*]	1.14±0.45	1.86	1.06
ECG/(mg·g ⁻¹)	6.87±0.57 [*]	8.99±0.79	0.76	1.03

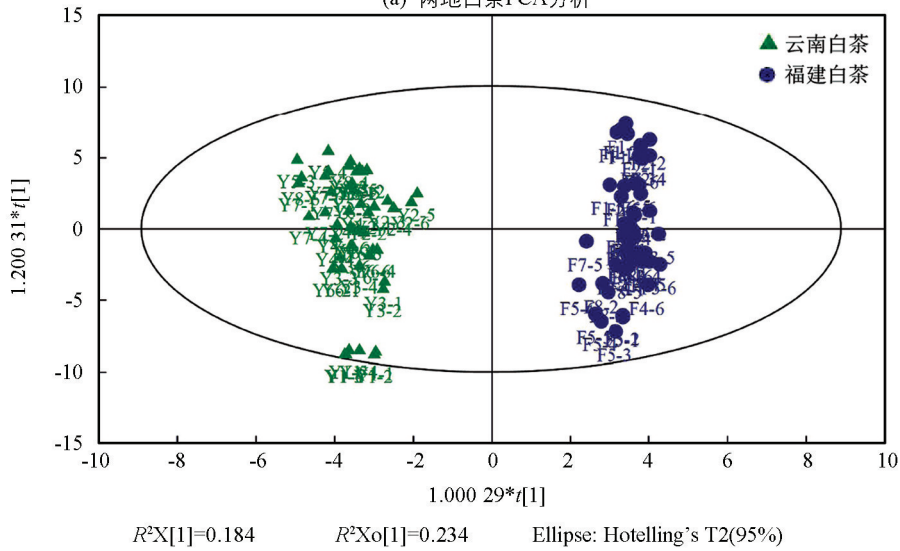
注：* 表示 $p<0.05$ ，差异有统计学意义；FC 值表示云南白茶与福建白茶质量分数比值。

3 讨论和结论

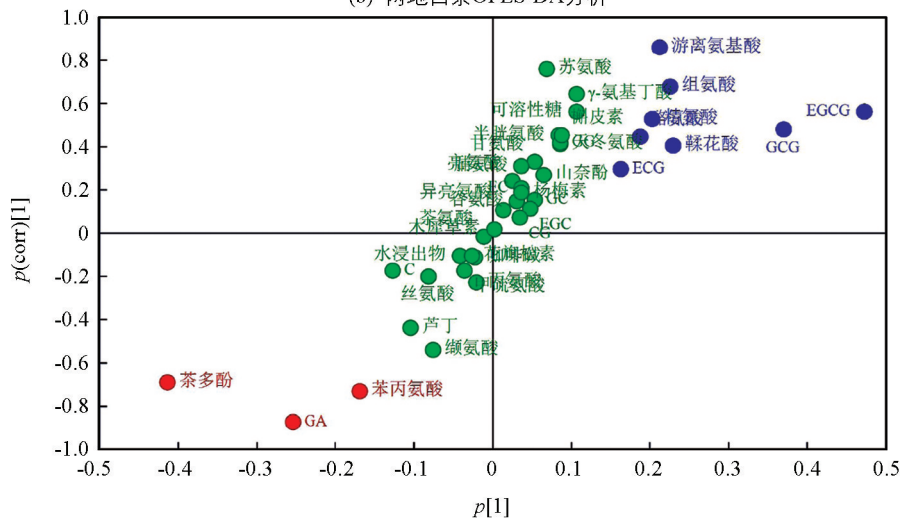
白茶属于轻发酵茶，传统白茶按照传统加工工艺(鲜叶—萎凋—干燥)制成。福建白茶因采摘鲜叶原料不同，分为白毫银针、白牡丹、贡眉、寿眉及新工艺白茶 5 种^[16]，依据品种不同分为大白、水仙白和小白^[16]，主要产于福鼎和政和等地。目前福建白茶在传统工艺上增加了烘焙、复焙和轻揉捻等工艺，高级白茶(如白毫银针、特级白牡丹等名优茶)多采用焙笼烘焙干燥，中低级白茶采用烘干机干燥^[28]。云南白茶以云南大叶种鲜叶为原料，采用传统工艺制成，且多采用阴干或是阳光干燥。可见，两地白茶原料品种来源和加工工艺均存在很大差异。



(a) 两地白茶PCA分析



(b) 两地白茶OPLS-DA分析



(c) 两地白茶S-plot

图 2 两地白茶 PCA, OPLS-DA 得分图和基于 OPLS-DA 模型各品质成分贡献度 S-plot

已有研究对白茶的内含成分进行了表征,发现白茶的水浸出物总量在 31.62%~49.37%之间^[29],游离氨基酸总量约为 25 mg/g,为所有茶类中最高,茶氨酸是游离氨基酸主要组分之一,占游离氨基酸总量的 52.90%,是白茶鲜爽味的主要组分之一^[30]。呈苦涩味的茶多酚总量为 16.23%~25.95%,儿茶素总量为 7.79%~16.56%^[31],黄酮类物质质量分数为 6.02~24.02 mg/g,咖啡碱质量分数为 4.62~6.51%,可溶性糖质量分数为 4.45%~7.64%^[31]。此外,吕海鹏等^[32]也对福建不同花色白茶的化学成分进行了比较,段红星等^[16]比较了福建和景谷白茶的茶多酚等 4 种常规品质成分差异。白茶内含成分丰富,测定几个指标成分具有一定局限性,不能充分反映其品质特征。因此本研究采用化学计量和 HPLC 法对两地 16 个白茶样品中的 40 个品质成分进行测定,并基于 40 个成分质量分数,采用 SIMCA 14.1 软件对两地白茶的品质差异进行分析,建立了 PCA 和 OPLS-DA 模型(拟合参数为 $R^2X(\text{cum})=0.726$, $R^2Y(\text{cum})=0.976$, $Q^2(\text{cum})=0.971$),该模型可以成功区分两地白茶。通过 VIP 法,得到 11 个标志性差异品质成分,其中云南白茶的 GA(4.02%)、茶多酚(34.15%)和苯丙氨酸(2.12%)质量分数显著高于福建白茶(2.19%, 28.03%和 1.14%)($VIP>1$, $p<0.05$)。多酚类物质呈味苦涩,收敛性较强,是构成茶叶滋味品质的重要的化学物质之一^[29],苯丙氨酸呈苦味,结合感官审评,云南白茶较福建白茶略苦;而游离氨基酸、组氨酸、精氨酸、EGCG、酪氨酸、GCG、鞣花酸和 ECG 质量分数显著低于福建白茶($VIP>1$, $p<0.05$),其中呈鲜爽味的游离氨基酸质量分数较低可能是造成云南白茶较福建白茶鲜爽度低的原因^[33]。

收集发现,以福建白茶为基础制定的标准有国标“白茶”(GB/T22291-2017)“紧压白茶”(GB/T31751-2015)“白茶加工技术规范”(GB/T32743-2016)和“地理标志产品 政和白茶”(GBT22109-2008),地方标准“地理标志产品 福鼎白茶”(DB35/T1076-2010)和团体标准“宁德天山白茶”(T/CSTEA00003-2019)“柘荣高山白茶”(TT/ZRCX 004-2018)。其中国标(GB/T22291-2017)规定以大白茶或水仙茶树品种的单芽为原料,经萎凋、干燥、拣剔等特定工艺过程制成的白茶产品为白毫银针,以一芽一、二叶为原料制成的为白牡丹,以大白茶、水仙或群体种嫩梢或叶片为原料制成的为寿眉。本研究发现云南和福建白茶的鲜叶原料、加工工艺、生化成分和感官品质均存在较大差异,笔者认为目前以福建白茶为参考的标准并不完全适合云南白茶,倡议建立云南白茶标准。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 白茶: GB/T22291-2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 汤鸣绍. 中国白茶的起源、品质成分与保健功效 [J]. 福建茶叶, 2015, 37(2): 45-50.
- [3] ESPINOSARUIZ C, CABRERA L, LÓPEZ-JIMÉNEZ J Á, et al. Effects of Long-Term Ingestion of White Tea on Oxidation Produced by Aging and Acute Oxidative Damage in Rats [J]. Journal of Physiology and Biochemistry, 2018, 74(1): 171-177.
- [4] SANTANA-RIOS G, ORNER G A, AMANTANA A, et al. Potent Antimutagenic Activity of White Tea in Comparison with Green Tea in the Salmonella Assay [J]. Mutation Research, 2001, 495(1-2): 61-74.
- [5] MAO J T, NIE W X, TSU I H, et al. White Tea Extract Induces Apoptosis in Non-Small Cell Lung Cancer Cells: The Role of Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ and 15-Lipoxygenases [J]. Cancer Prevention Research (Philadelphia, Pa), 2010, 3(9): 1132-1140.
- [6] ESPINOSA C, LÓPEZ-JIMÉNEZ J Á, CABRERA L, et al. Protective Effect of White Tea Extract Against Acute Oxidative Injury Caused by Adriamycin in Different Tissues [J]. Food Chemistry, 2012, 134(4): 1780-1785.
- [7] NUNES A R, ALVES M G, TOMAS G D, et al. Daily Consumption of White Tea (*Camellia sinensis* (L.)) Improves the Cerebral Cortex Metabolic and Oxidative Profile in Prediabetic Wistar Rats [J]. Br J Nutr, 2015, 113(5): 832-842.

- [8] ISLAM M S. Effects of the Aqueous Extract of White Tea (*Camellia sinensis*) in a Streptozotocin-Induced Diabetes Model of Rats [J]. *Phytomedicine*, 2011, 19(1): 25-31.
- [9] MARTINS A D, ALVES M G, BERNARDINO R L, et al. Effect of White Tea (*Camellia sinensis* (L.)) Extract in the Glycolytic Profile of Sertoli Cell [J]. *Eur J Nutr*, 2014, 53(6): 1383-1391.
- [10] DIAS T R, ALVES M G, TOMÁS G D, et al. White Tea as a Promising Antioxidant Medium Additive for Sperm Storage at Room Temperature: a Comparative Study with Green Tea [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(3): 608-617.
- [11] ALMAJANO M P, CARBÓ R, JIMÉNEZ J A L, et al. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Tea Infusions [J]. *Food Chemistry*, 2008, 108(1): 55-63.
- [12] 梅 宇, 林 璇. 2017 中国白茶产销形势分析报告 [J]. *福建茶叶*, 2017, 39(9): 3-5.
- [13] 张淑英, 黄秉信, 王明华, 等. 中国农村统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- [14] 余 宏. 浅谈福鼎白茶及老白茶的特点 [J]. *茶叶*, 2017, 43(4): 228-230.
- [15] 陶丽明. 福鼎白茶标准化加工关键技术初探 [J]. *东南园艺*, 2017, 5(1): 20-23.
- [16] 段红星, 孙围围. 福鼎白茶与景谷白茶内含成分与感官品质研究 [J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2016, 31(6): 1091-1096.
- [17] 杨建平. 不同茶树品种加工月光白的研究 [J]. *蚕桑茶叶通讯*, 2015(6): 29.
- [18] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶 水浸出物测定: GB/T 8305-2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [19] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 茶 茶多酚测定: GB/T 8313-2002 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [20] 傅博强, 谢明勇, 聂少平, 等. 茶叶中多糖含量的测定 [J]. *食品科学*, 2001, 22(11): 69-73.
- [21] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶 游离氨基酸总量的测定: GB/T 8314-2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [22] 王兴华, 蒋 宾, 王利妍, 等. 浅盘与传统普洱茶发酵的微生物群落和化学成分比较研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2019, 41(10): 28-36.
- [23] ZHAO M, MA Y, DAI L L, et al. A High-Performance Liquid Chromatographic Method for Simultaneous Determination of 21 Free Amino Acids in Tea [J]. *Food Analytical Methods*, 2013, 6(1): 69-75.
- [24] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [25] DAI W, QI D, YANG T, et al. Nontargeted Analysis Using Ultraperformance Liquid Chromatography-Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry Uncovers the Effects of Harvest Season on the Metabolites and Taste Quality of Tea (*Camellia sinensis* L.) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(44): 9869-9878.
- [26] 刘彬球, 陈孝权, 吴晓刚, 等. PCA 和 PLS-DA 用于晒青毛茶级别分类研究 [J]. *茶叶科学*, 2015, 35(2): 179-184.
- [27] 张 悦, 朱 荫, 叶火香, 等. 不同产地香茶的主要化学成分含量的差异分析 [J]. *食品科学*, 2017, 38(22): 184-191.
- [28] 刘东娜, 罗 凡, 李春华, 等. 白茶品质化学研究进展 [J]. *中国农业科技导报*, 2018, 20(4): 79-91.
- [29] 黄 赞. 福建白茶化学成分与感官品质研究初报 [D]. 福州: 福建农林大学, 2013: 21-23.
- [30] HORANNI R, ENGELHARDT U H. Determination of Amino Acids in White, Green, Black, Oolong, Pu-Erh Teas and Tea Products [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2013, 31(1): 94-100.
- [31] HILAL Y, ENGELHARDT U. Characterisation of White Tea - Comparison to Green and Black Tea [J]. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 2007, 2(4): 414-421.
- [32] 吕海鹏, 张 悦, 陈兴华, 等. 不同花色种类白茶的抗氧化活性及其主要品质化学成分分析 [J]. *食品科学*, 2016, 37(20): 42-50.
- [33] 银 霞, 张曙光, 黄 静, 等. 湖南红茶特征滋味化学成分研究 [J]. *茶叶科学*, 2019, 39(2): 150-158.

Comparison of the Difference Between Yunnan and Fujian White Tea

JIANG Bin^{1,2}, YAN Yuan-zhen¹, LIU Kun-yi¹,
JIAO Wen-wen¹, LIU Song-zhi³, MA Yan¹, ZHAO Ming¹

1. College of Long Run Pu-erh Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yibin Vocational and Technical College, Yibin Sichuan 644000, China;

3. Jing gu Pu-ren Tea Industry Co., Ltd., Puer, Yunnan 665000, China

Abstract: To compare the differences in biochemical components, processing technology and sensory quality of Yunnan white tea and Fujian white tea, and discuss the standard of Yunnan white tea, 16 samples of white tea produced in Yunnan and Fujian Provinces were collected and the contents of 40 compounds including polyphenols, catechins, caffeine, amino acids in them were detected. The resulting data were analyzed with principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least square-discriminant analysis (OPLS-DA) to compare the characteristic chemical compositions between the two kinds of white tea. Their processing techniques and sensory qualities were compared as well. The white tea samples from Yunnan and Fujian were grouped into different clusters in both PCA and OPLS-DA score plots. Eleven compounds with variables important for the projection values greater than 1 were identified in the OPLS-DA analysis. Contents of tea polyphenols, gallic acid and phenylalanine in Yunnan white tea were higher than those in Fujian white tea ($p < 0.05$), while the levels of epigallocatechin gallate, gallocatechin gallate, ellagic acid, histidine, arginine, tyrosine and epicatechin gallate in Yunnan white tea were lower than those in Fujian white tea ($p < 0.05$). Sensory evaluation indicated that the taste of Fujian white tea was more refreshing than that of Yunnan white tea. In conclusion, the processing technology, biochemical components and sensory quality of Yunnan white tea were significantly different from those of Fujian white tea and, therefore, the standard based on Fujian white tea is not suitable for white tea produced in Yunnan. It is necessary to develop a new standard for Yunnan white tea.

Key words: white tea; biochemical component; sensory quality; difference

责任编辑 周仁惠