DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260410002
引用格式: 张春花, 王子龙, 李茂裕, 等. 云南大叶种白茶感官特征定量描述分析与风味轮构建[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(18): 19–30.
Zhang Chunhua, Wang Zilong, Li Maoyu, et al. Quantitative descriptive analysis of sensory characteristics and construction of flavor wheel for Yunnan large-leaf white tea [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(18): 19–30. (in Chinese with English abstract).

云南大叶种白茶感官特征定量描述分析与风味轮构建

张春花[1], 王子龙[1], 李茂裕[1], 浦如秋[1], 龚　敏[2], 赵志洁[3], 单治国[1*]

(1. 普洱学院茶叶咖啡学院, 普洱　665000; 2. 杭州雅叶农业发展有限公司, 杭州　310000; 3. 云南普洱国资有机茶业有限公司, 普洱　665000)

摘　要: 目的　构建云南大叶种白茶风味轮并系统解析其感官特性。**方法**　参照国内外风味轮构建方法及GB/T 16861—1997《感官分析 通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词》标准, 选取不同年份、产地、品种的 22 个云南大叶种白茶茶样为对象, 开展风味感官品评。通过提取基本感官描述词、经筛选整理后绘制云南大叶种白茶风味轮; 进一步运用 *M* 与多元统计分析筛选关键描述词。**结果**　最终确定 38 个具典型差异性的风味轮廓描述词, 包括兰花香、桂花香等香气 16 个、黄绿、浅黄、深黄等汤色 7 个、回甘、甜纯、鲜爽等滋味 15 个, 并应用于风味评价。**结论**　该描述词体系可直观表征云南大叶种白茶风味特征, 有效区分不同类别茶样的风味差异, 验证了所构建风味轮的科学性。本研究可为云南大叶种白茶品质评价提供参考, 助力消费者理解并辨别其感官属性特征, 促进从业者与爱好者基于共同术语交流, 形成对产品的共鸣性感官体验。

关键词: 云南大叶种白茶; 感官特征; 定量描述分析; 风味轮
中图分类号: TS272.5+1　　**文献识别码:** A　　**文章编号:** 2095–0381(2026)18–0019–12

Quantitative descriptive analysis of sensory characteristics and construction of flavor wheel for Yunnan large-leaf white tea

ZHANG Chun-Hua[1], WANG Zi-Long[1], LI Mao-Yu[1], PU Ru-Qiu[1], GONG Min[2], ZHAO Zhi-Jie[3], SHAN Zhi-Guo[1*]

(1. *Tea and Coffee Academy*, *Pu'er University*, *Pu'er* 665000, *China*; 2. *Hangzhou Yaye Agricultural Development Co., Ltd.*, *Hangzhou* 310000, *China*; 3. *Yunnan Pu'er State-owned Organic Tea Industry Co., Ltd.*, *Pu'er* 665000, *China*)

收稿日期: 2026-04-10
基金项目: 国家自然科学基金项目(32360771); 云南省科技厅科技计划项目(202101BA070001-239); 云南省高校普洱茶加工工程研究中心项目; 普洱学院重点科研专项规划项目(2020XJGH08); 普洱茶科技研发创新团队项目(CXTD020); 普洱学院拔尖创新团队项目(2023PEXYCXTD001); 普洱学院一流本科课程项目(2023YLKCZX004, 2023YLKCZX005); 云南省教育厅项目(2024J1099); 2025 年云南省职工创新工作室项目
第一作者: 张春花(1984—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为普洱茶加工关键技术与品质形成研究。E-mail: 190888358@qq.com
***通信作者:** 单治国(1979—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶生产与质量安全研究。E-mail: 353879230@qq.com

ABSTRACT: Objective To construct a flavor wheel and systematically characterize the sensory characteristics of Yunnan large-leaf white tea. **Methods** Following established international methodologies for flavor wheel development and the national standard GB/T 16861—1997 *Sensory analysis-Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach*, 22 representative tea samples varying in vintage, origin and cultivar were selected for sensory evaluation. Core sensory descriptors were extracted, screened and refined to develop the Yunnan large-leaf white tea flavor wheel. Furthermore, *M* and multivariate statistical analysis was employed to identify key differential descriptors. **Results** Finally, a total of 38 descriptive words that represent distinct flavor profiles were determined, comprising 16 aroma terms (*e.g*., orchid, osmanthus), 7 infusion color terms (*e.g*., yellowish green, light yellow, deep yellow) and 15 taste/mouthfeel terms (*e.g*., sweet aftertaste, mellow sweetness, fresh briskness). These descriptors were successfully applied in flavor profiling. **Conclusion** The proposed descriptive system effectively characterizes the flavor profile of Yunnan large-leaf white tea and successfully differentiates samples across categories, validating the scientific robustness of the constructed flavor wheel. This study provides a standardized framework for quality assessment and facilitates communication among producers, consumers and connoisseurs by establishing a shared sensory vocabulary, thereby enhancing the overall appreciation of this tea.

KEY WORDS: Yunnan large-leaf white tea; sensory characteristics; quantitative descriptive analysis; flavor wheel

0 引 言

白茶作为中国六大茶类中的特种茶之一，凭借其芽叶满披白毫的这一独特外观形态、散发着清雅且显著毫香的气味特征、呈现清澈澄明的杏黄色茶汤，以及甘醇爽口香甜的滋味特性而闻名遐迩[1]。大量现代科学研究证实，白茶具备多重生物活性功效，如抗氧化[2]、抗肿瘤[3]、抗细胞突变[4]、保护肝脏[5]、预防肥胖[6]、预防糖尿病[7]、增强机体免疫和骨髓造血功能[8]等健康功效。凭借其独特的药食同源特性、卓越的品质特性及陈化特性，白茶在传统茶饮市场中持续获得消费者青睐，近年来，市场占有率呈现稳步攀升态势。

传统白茶作为我国茶叶中的瑰宝，主产于中国福建省的福鼎、政和、建阳等核心产区。这些产区凭借着独特的地理环境，如温暖湿润的气候、肥沃的土壤以及云雾缭绕的山地条件，孕育出的白茶品质上乘、风味独特，成为了白茶产业的代表。随着时代的发展和人们健康意识的提高，白茶保健功效的深入研究与广泛认可，让白茶市场迎来了新的发展契机。我国其他茶叶产区也逐渐意识到白茶的潜力，纷纷开展白茶生产工艺研发与技术探索。除了上述的福建产区，中国台湾地区、云南、湖南、湖北、浙江等地也加入了白茶产业发展的浪潮。众多学者围绕白茶生产工艺与品质特性展开了深入研究。林钰虹等[9]通过对比实验发现，采用短烘速干、日晒与提香机干燥相结合的复合工艺，相较于传统单一提香机干燥或自然日晒工艺，所制白茶品质更为优异，抗氧化活性显著增强。Dai 等[10]研究表明，8-C N-乙基-2-吡咯烷酮取代的黄烷-3-醇(8-C N-ethyl-2-pyrrolidinone-substituted flavan-3-ols, EPSF)类化合物是茶氨酸与儿茶素类物质经酶促反应生成的特异性产物，此类化合物作为年份白茶的特征性标识物，可作为评价白茶贮藏时间的核心指标。胡欣等[11]通过对比实验发现，在婺源群体种鲜叶萎凋过程中应用发光二极管红光处理技术，较传统自然光照处理，可使婺源白茶的酚氨比显著降低，游离氨基酸及咖啡碱含量明显提升，同时有效优化香气成分构成，使茶叶香气呈现更持久的特征，滋味醇厚度显著增强。

云南作为中国的主要产茶大省之一，茶树种质资源丰富，其中不乏适宜制作白茶的优质资源。普洱市思茅区、景谷、澜沧、孟连、景迈等地种植的景谷大白茶、雪芽 100 号、长叶白毫、云抗 10 号、绿格、水灵一号、大黄芽等地方特色品种[12]，均表现出优异的白茶适制性。和明珠等[13]研究表明，与福建白茶相比，云南大叶种白茶呈现更为粗壮肥厚的芽头形态，茸毛密度显著提高，其茶多酚和咖啡碱含量较‘政和白茶’品种分别高出一定比例，滋味醇厚度更佳，整体呈现独特甜醇品质特征。在香气表现方面，虽然云南大叶种白茶的毫香强度略逊于福建白茶，但其香气谱系更为复杂多元，层次感更加丰富。张晓珊等[14]对景谷大白茶制成的月光白茶进行挥发性成分分析，共鉴定出 60 种主要香气物质，而王春燕[15]从福建白茶中仅鉴定出 47 种主要的香气组分，这一差异从化学组成角度阐释了云南大叶种白茶香气层次更加丰富的原因。

风味轮作为一种系统化呈现产品感官特征的描述词体系，通过把感知到的风味属性进行科学分类与整合，构建出具有可视化特性的实用工具，构成了品质标准化定量分析的核心框架，不仅有利于产品品质的科学评价与质量控制[16]，还促进了从业者和消费者的专业交流与认知。近年来，随着研究的深入，学界相继构建了多类茶品种的风

味轮体系, 包括浙江十大名茶风味轮[17]、普洱茶风味轮[18]、中国茶叶风味轮[19]、黄大茶风味轮[20]、临沧春夏季工夫红茶风味轮[21]和大湘西地区绿茶风味轮[22]等, 均产生了良好的效果。然而, 截至目前, 针对云南大叶种白茶的风味轮构建及其感官特性的系统性研究鲜见文献报道。

因此, 本研究采用感官评价方法, 系统采集并筛选了来自不同年份、产地及品种的 22 种云南大叶种白茶的风味描述词。运用 *M* 分析法、聚类分析及主成分分析(principal component analysis, PCA)等多元统计方法对描述词进行优化筛选, 最终构建了云南大叶种白茶风味轮轮廓描述词体系。该体系能够更清晰、直观地呈现云南大叶种白茶产品的风味特征, 有助于精准识别消费者的个性化需求, 指导产品质量改进与创新研发。研究进一步基于感官风味剖面图技术, 系统阐释了 4 种不同风格特点的云南大叶种白茶产品的风味差异, 为提升云南大叶种白茶的品质评价提供科学依据, 同时为行业从业者与消费者提供标准化交流依据, 具有显著的实践价值与理论意义。

1　材料与方法

1.1　云南大叶种白茶茶样

从云南各产茶区选取了 2020 年至 2023 年的不同品种、工艺、储存条件下的实验所用茶样共 22 个, 茶样详细信息见(表 1)。

1.2　风味轮构建方法

1.2.1　感官审评小组的建立与培训

本研究严格遵循 GB/T 46555—2025《感官分析 感官评价员的选拔和培训》标准, 在普洱学院茶学专业学生群体中系统开展评价员招募与筛选工作。招募阶段通过发放调查问卷, 对报名学生的基本情况进行初步摸底; 筛选环节则综合运用基本嗅觉、味觉敏感度测试、差别型检验及气味描述检验等科学方法, 经严格甄别, 从众多报名者中遴选出 20 名符合条件的评价员。随后, 对这 20 位评价员进行系统性培训, 内容涵盖食品感官基本属性、茶叶感官属性、感官分析基本方法及定量描述等专业领域知识。每次培训时间 2.5~3.0 h, 共 20 次; 通过多次测试与考核, 最终选拔出 7 名专业素养突出、考核成绩优异的评价员, 组建云南大叶种白茶感官评价小组。该评价小组成员构成为 3 名男性、4 名女性, 年龄介于 21~25 岁之间, 均已完成《食品感官评定与实验》《茶叶审评与检验》课程的系统学习[23]。为确保审评结果的科学性与可靠性, 对该小组 7 名成员开展为期 2 周的感官描述分析专项培训, 每周 4 次, 每次 2 h, 培训内容聚焦感官分析基础理论、感官特性精准识别、定量描述方法实操及标度体系构建与应用等关键环节, 为后续高质量感官评价奠定坚实基础。

表 1　茶样信息

Table 1　Tea samples information

序号	茶叶名称	简称	年份	来源
01	易武古树白茶	YW22	2022	西双版纳州易武镇
02	易武古树白茶	YW21	2021	西双版纳州易武镇
03	长叶白毫白茶 1 号	BHa23	2023	普洱市思茅区
04	长叶白毫白茶 2 号	BHb23	2023	普洱市思茅区
05	黔涓一号白茶	QM23	2023	普洱市思茅区茶树良种场
06	景谷大白茶(老树)	JGLS	2022	普洱市景谷县
07	镇沅千家寨野生白茶	ZY20	2020	普洱市镇沅县千家寨
08	镇沅千家寨野生白茶	ZY21	2021	普洱市镇沅县千家寨
09	镇沅千家寨野生白茶	ZY22	2022	普洱市镇沅县千家寨
10	勐海贺开古树白茶	MH20	2020	普洱市勐海县贺开村
11	勐海贺开古树白茶	MH21	2021	勐海县贺开村
12	勐海贺开古树白茶	MH22	2022	勐海县贺开村
13	景谷大白茶(单芽)	JGDY22	2022	普洱市景谷县
14	景谷大白茶(一芽一叶)	JG22	2022	普洱市景谷县
15	临沧市坝卡古树白茶	BK23	2023	临沧市双江县勐库镇坝卡村
16	临沧市小户赛古树白茶	XHS21	2021	临沧市双江县勐库镇小户赛村
17	临沧市懂过古树白茶	DG19	2019	临沧市双江县懂过村
18	普洱市镇沅荒山白茶	HS23	2023	普洱市镇沅县
19	南糯山老白茶	NN21	2021	西双版纳勐海县南糯山
20	水灵一号白茶	SL23	2023	云南普洱国资有机茶业有限公司
21	雪芽 100 号白茶	XY23	2023	云南普洱国资有机茶业有限公司
22	大黄芽白茶	DHY23	2023	云南普洱国资有机茶业有限公司

1.2.2 茶叶感官审评方法

感官审评环境严格参照 GB/T 13868—2009《感官分析 建立感官分析实验室的一般导则》，环境安静无噪声，通风良好且无杂味；温度控制在 20~25 ℃、相对湿度约 60%；光线充足柔和，墙面无强烈反射光，确保审评过程不受干扰。

白茶感官审评严格遵循 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》中白茶柱形杯审评法操作，称取代表性样品 3.0 g，茶水比 1:50 (*m*:*V*)，置于对应审评杯内，注满沸水后加盖计时 5 min。待冲泡结束，按冲泡顺序匀速沥出茶汤至评茶碗，依次审评汤色、嗅叶底香气、品滋味。

1.2.3 风味特征表达方法

(1)风味特征定性表达

规定审评小组针对云南大叶种白茶茶样开展定性描述工作，聚焦汤色、香气、滋味 3 大感官维度，系统梳理并精准提炼样品的感官特征描述词。通过 3 次重复性验证实验记录描述词，经归纳去重后，最终构建云南大叶种白茶风味轮。

(2)风味特征定量表达

采用六点标度法[24](0 分表示无风味感知，5 分表示感知强度最高)对样品描述词进行强度量化赋值。审评人员需基于自身体验，从视觉(对应汤色)、嗅觉(对应香气)、味觉(对应滋味)3 个维度，对描述词的感官强度进行评分。具体定量表达参考表 2。

表 2 感官强度定量评分标准

Table 2 Quantitative evaluation criteria for sensory intensity

强度	没感觉	弱	稍弱	中等	稍强	强
分值	0	1	2	3	4	5

1.2.4 云南大叶种白茶风味轮廓描述词的筛选

(1)云南大叶种白茶风味轮廓描述词初筛

基于 GB/T 16861—1997《感官分析 通过多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词》标准，对前期获取的描述词实施初筛与量化筛选。首先删除快感评价类术语(如“令人愉快”“美好”“促进食欲”等主观情感表述)，定量术语(如“太强”“太弱”等非特征性描述)，同义词与反义词(避免语义重叠)，与云南大叶种白茶风味无关的术语(如非茶类特征词)；其次，采用 6 点标度法(表 2)对 22 个云南大叶种白茶样品初筛后的描述词进行强度评价，统计各描述词的使用频次(*F*)与平均评价强度(*I*)；根据以下公式(1)计算描述词贡献程度指数(*M*)，*M* 越大表明该描述词对产品感官特征的贡献度越高，据此筛选保留高贡献度描述词，删除 *M* 较低者[25]。

$$M=\sqrt{F\times I} \tag{1}$$

式中：*F* 为某描述词实际被提及次数占该描述词理论最大提及次数的百分率，%；*I* 为该描述词实际平均强度占最大可能强度的百分率，%；*M* 为综合频率(*F*)与强度(*I*)的贡献程度指数(取二者乘积的平方根)。

(2)多元分析方法对云南大叶种白茶风味轮廓描述词复筛

采用聚类分析、PCA 等多元统计分析方法对初筛得到的风味描述词进一步筛选，确定可以表征云南大叶种白茶主要的风味感官特征，可用于云南大叶种白茶描述性感官分析，具有典型差异的云南大叶种白茶风味轮廓描述词。

1.2.5 云南大叶种白茶感官风味剖面的建立

云南大叶种白茶感官风味剖面的构建严格参照 GB/T 12313—1990 (ISO: 6564—1985)《感官分析方法学风味剖面检验》，以系统化呈现茶样感官特征的整体轮廓。

1.2.6 风味轮廓描述词的应用

首先，由感官评价小组对 4 种不同类型及特点的云南大叶种白茶代表性基本茶样进行品评，针对每个茶样中各描述词对应的感官特性强度进行评定——强度采用 0~5 标度(0 表示无此风味感知，5 表示风味强度最高)；在此基础上，采用 PCA 检验描述词对茶样感官特性的表征与区分能力，验证其有效性。

1.3 数据处理

统计感官审评小组填写的描述词，将原始数据经核对、分类后，利用 Microsoft Excel 2019 进行频次统计、均值计算等初步处理；采用 Origin 2024 绘制感官特征雷达图、强度分布直方图等可视化图表，直观呈现数据规律；通过 IBM SPSS Statistics 27 进行 PCA、聚类分析等多元统计分析，深入挖掘描述词与茶样特性的关联，为风味轮廓的科学性提供数据支撑。

2 结果与分析

2.1 云南大叶种白茶风味轮的初步绘制

经过感官审评小组讨论，通过参照绿茶、黄茶、红茶等茶类风味轮归类法，对 22 份茶样进行多次分轮品评及讨论，结合茶叶感官审评术语和文献资料，将所得的感官描述词汇进行整理汇总和提炼筛选，最终获得感官描述词 86 个，包括 38 个香气、29 个滋味和 19 个汤色。将风味描述词进行归纳分类，建立云南大叶种白茶风味轮如图 1 所示。

由图 1 得风味轮第一层分为香气、滋味、汤色三大类；第二层是对香气、滋味、汤色的进一步分类，香气分为香型和香感两大类，滋味分为口味、口感和滋味三类，汤色分为色泽和清亮度两类；第三层香型分为品种香、地域香、花香、果香、木质香和异劣气，香感分为强度和持久性；口味分为毫味、清甜、回甘、蜜韵、甜纯和鲜爽，口感分为浓醇、纯正、醇厚、醇和、平和、青涩和苦涩，滋味分为悠长、舒畅、细腻、浓厚、柔和、优雅、协调、均衡和异劣韵；色泽分为白色系、绿色系、黄色系和红色系，清亮

度分为明/亮、暗、清澈和浑浊；第四层则为云南大叶种白茶具体风味描述词，共 86 个。

2.2　云南大叶种白茶风味轮描述词的选择

2.2.1　风味描述词贡献度 *M* 计算和初步筛选

以 22 个云南大叶种白茶的感官描述词中 19 个汤色描述词，29 个滋味描述词和 38 个香气描述词为基础词，审评人员审评时采用六点刻度法进行强度评分，描述语的几何平均值 $\sqrt{F\times I}$ 能够表示描述语的重要性，保留 M>0.1 (3 次审评的平均)的描述词，其中香气描述词 18 个，汤色描述词 9 个，滋味描述词 19 个。描述词及 M 见表 3~5。

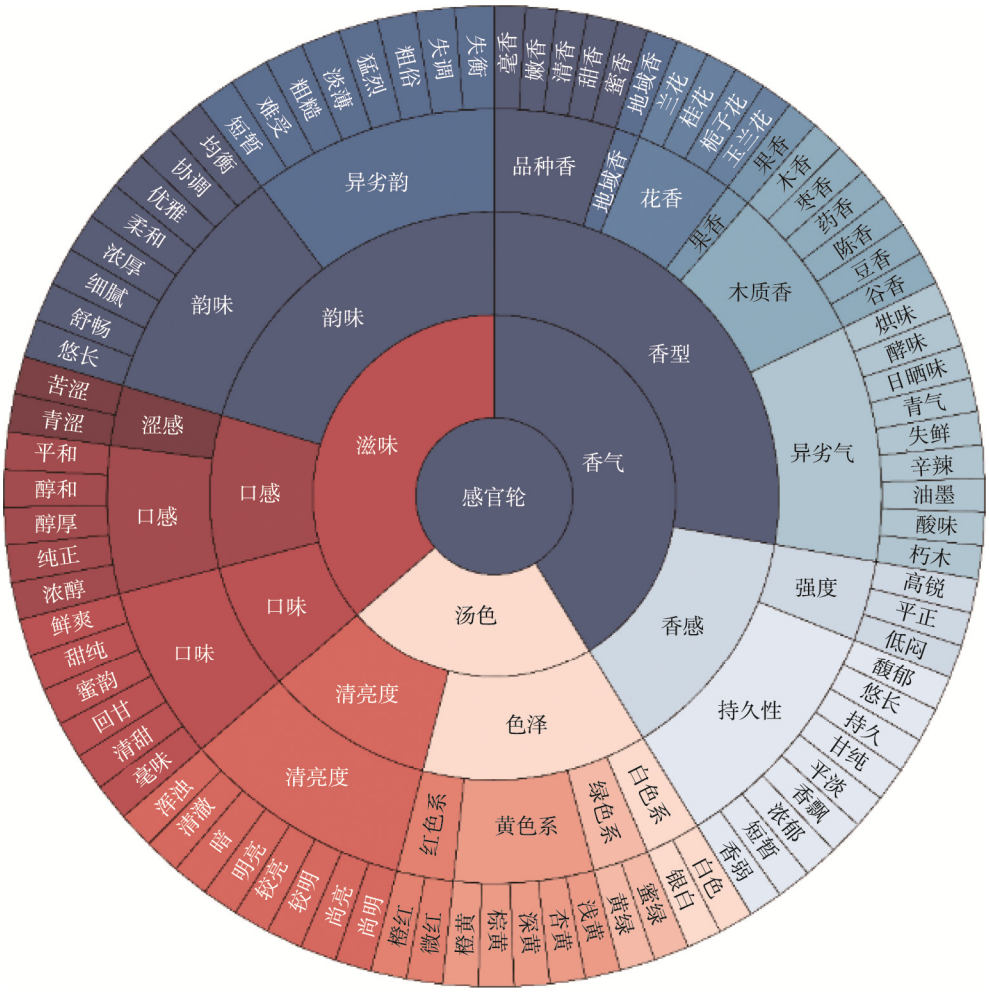


图 1　初制云南大叶种白茶风味轮

Fig.1　Primary-made Yunnan large-leaf white tea flavor wheel

表 3　云南大叶种白茶汤色描述词及 *M*

Table 3　Infusion descriptors and *M* of Yunnan large-leaf white tea

序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*
1	白色	0.092±0.010	8	棕黄	0.141±0.070	15	较亮	0.280±0.070
2	银白	0.066±0.090	9	橙黄	0.190±0.030	16	明亮	0.733±0.060
3	蜜绿	0.123±0.070	10	微红	0.021±0.020	17	黄暗	0.045±0.003
4	黄绿	0.246±0.030	11	橙红	0.012±0.002	18	清澈	0.823±0.020
5	浅黄	0.372±0.020	12	尚明	0.253±0.070	19	浑浊	0.018±0.001
6	杏黄	0.462±0.020	13	尚亮	0.238±0.050			
7	深黄	0.246±0.040	14	较明	0.264±0.040			

表 4 云南大叶种白茶滋味描述词及 *M*

Table 4 Taste descriptors and *M* of Yunnan large-leaf white tea

序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*
1	毫味	0.458±0.050	11	平和	0.343±0.020	21	均衡	0.474±0.040
2	清甜	0.683±0.030	12	青涩	0.057±0.009	22	短暂	0.030±0.000
3	回甘	0.477±0.040	13	苦涩	0.026±0.008	23	难受	0.019±0.004
4	蜜韵	0.355±0.020	14	悠长	0.447±0.030	24	粗糙	0.003±0.001
5	甜纯	0.545±0.010	15	舒畅	0.573±0.050	25	淡薄	0.013±0.003
6	鲜爽	0.465±0.010	16	细腻	0.517±0.050	26	猛烈	0.012±0.002
7	浓醇	0.353±0.010	17	浓厚	0.310±0.080	27	粗俗	0.001±0.001
8	纯正	0.492±0.050	18	柔和	0.521±0.060	28	失调	0.007±0.002
9	醇厚	0.369±0.050	19	优雅	0.457±0.070	29	失衡	0.004±0.001
10	醇和	0.543±0.030	20	协调	0.517±0.030			

表 5 云南大叶种白茶香气描述词及 *M*

Table 5 Aroma descriptors and *M* of Yunnan large-leaf white tea

序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*	序号	描述词	*M*
1	毫香	0.496±0.010	14	枣香	0.078±0.001	27	高锐	0.477±0.010
2	嫩香	0.456±0.030	15	药香	0.144±0.010	28	平正	0.451±0.020
3	清香	0.441±0.020	16	陈香	0.051±0.003	29	低闷	0.082±0.001
4	甜香	0.480±0.020	17	谷香	0.015±0.004	30	馥郁	0.513±0.010
5	蜜香	0.303±0.010	18	烘味	0.034±0.006	31	悠长	0.559±0.010
6	地域香	0.025±0.001	19	酵味	0.068±0.004	32	持久	0.610±0.030
7	兰花	0.238±0.010	20	日晒味	0.016±0.004	33	甘纯	0.420±0.050
8	桂花	0.124±0.030	21	青气	0.005±0.001	34	平淡	0.132±0.020
9	栀子花	0.089±0.001	22	失鲜	0.002±0.001	35	香飘	0.366±0.060
10	玉兰花	0.068±0.001	23	辛辣	0.001±0.001	36	浓郁	0.397±0.040
11	果香	0.084±0.001	24	油墨	0.018±0.001	37	短暂	0.041±0.009
12	豆香	0.013±0.001	25	酸味	0.002±0.001	38	香弱	0.054±0.007
13	木香	0.259±0.010	26	朽木	0.002±0.001			

2.2.2 多元统计分析方法复筛风味描述词

(1)汤色描述词的聚类分析筛选

对 22 个云南大叶种白茶 9 个汤色描述词进行聚类分析，所得聚类图如图 2。由图 2 可以看出，蜜绿和黄绿，深黄、棕黄和橙黄，浅黄和杏黄，明亮和清澈相似度较高。经讨论后决定删除蜜绿和棕黄，最终获得 7 个汤色描述词。

(2)汤色描述词主成分分析

对 7 个汤色描述词进行 PCA 结果显示，前 3 个主成分的累计贡献率达 93.8%，意味着它们已涵盖原始数据中绝大多数的关键信息(图 3)；进一步观察碎石图发现，自第 3 个主成分起曲线走势趋于平稳，反映出后续主成分对数据变异的解释能力有限，故提取前 3 个主成分足以实现数据降维与特征提取的目标(图 4)。由此推断，所选用的 7 个汤色描述词能够有效反映大叶种白茶汤色的基本特征。

(3)香气描述词的聚类分析筛选

通过对 22 个云南大叶种白茶的 18 个香气描述词进行聚类分析，聚类图见图 5。毫香和甜香，高扬和平正，嫩香和清香，甘纯、浓郁和香飘，馥郁和悠长，蜜香、桂花香和兰花香相似性较高。经审评小组讨论，决定删除蜜香、香飘，最终确定了 16 个香气描述词。

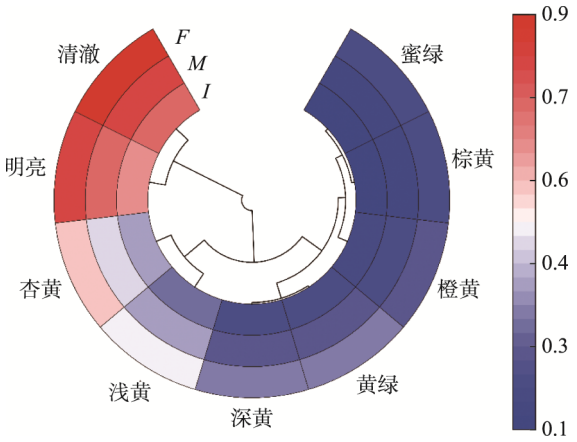


图 2 云南大叶种白茶汤色描述词聚类分析热图

Fig.2 Cluster analysis heatmap of Yunnan large-leaf white tea infusion descriptors

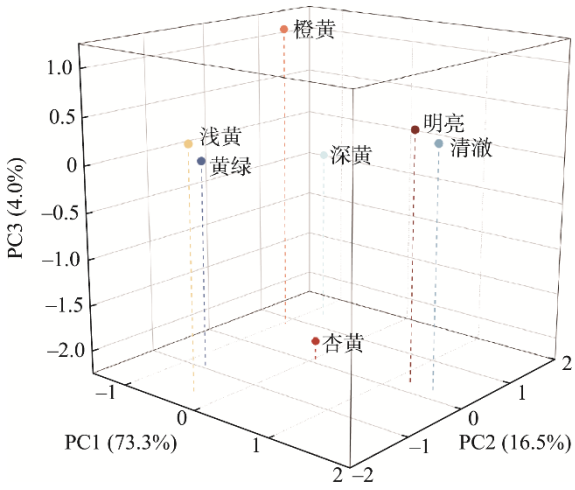


图 3　云南大叶种白茶汤色描述词 PCA 图

Fig.3　PCA diagram of Yunnan large-leaf white tea infusion descriptors

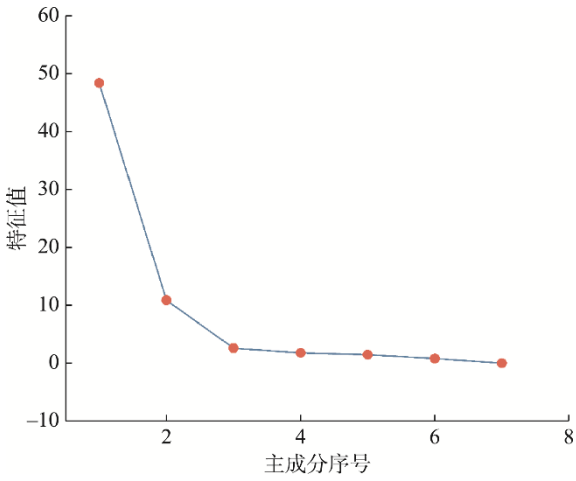


图 4　云南大叶种白茶汤色描述词 PCA 碎石图

Fig.4　Scree plot of PCA for sensory descriptors of Yunnan large-leaf white tea infusion color

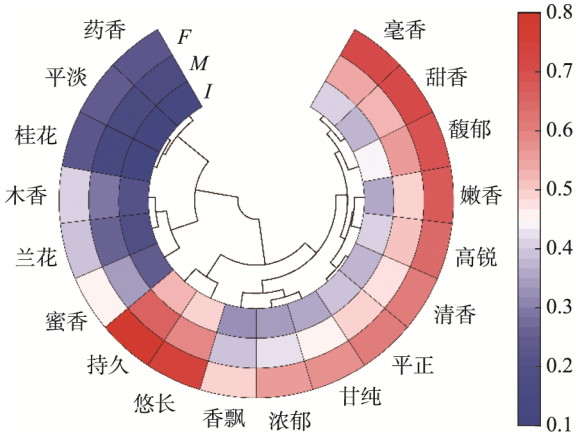


图 5　云南大叶种白茶香气描述词聚类分析热图

Fig.5　Cluster analysis heatmap of Yunnan large-leaf white tea aroma descriptors

(4)香气描述词的主成分分析

对 16 个云南大叶种白茶香气描述词进行 PCA 结果显示，前 3 个主成分的累计贡献率达 73.1%，说明其对原始香气数据的解释力集中于前三个维度(图 6)；碎石图(图 7)显示，从第 5 个主成分开始曲线走势趋于平缓，表明第 5 个及之后的主成分贡献度已无显著提升，因此提取 5 个主成分可覆盖主要信息。值得注意的是，这 16 个描述词在 5 个主成分中均存在载荷(即均有贡献)，印证了其作为香气特征表征指标的全面性，能够有效反映云南大叶种白茶的基本香气属性。

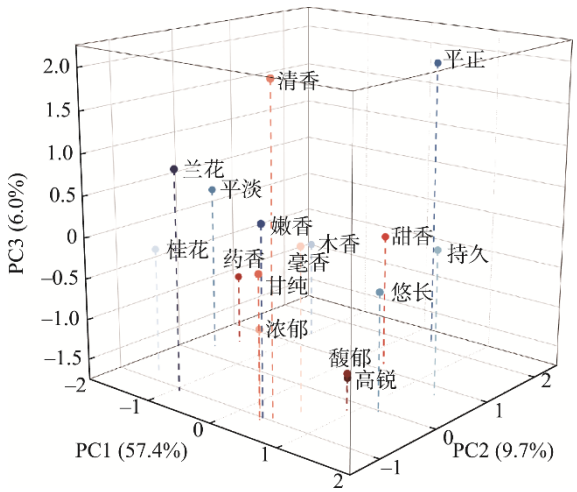


图 6　云南大叶种白茶香气描述词 PCA 图

Fig.6　PCA diagram of Yunnan large-leaf white tea aroma descriptors

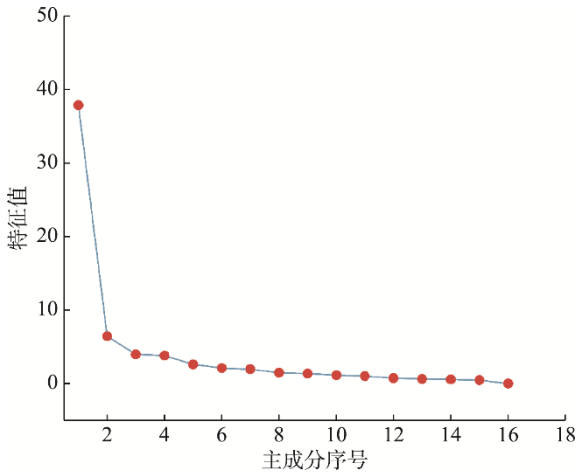


图 7　云南大叶种白茶香气描述词 PCA 碎石图

Fig.7　Scree plot of PCA for sensory descriptors of Yunnan large-leaf white tea aroma

(5)滋味描述词聚类分析

对 22 个云南大叶种白茶的 19 个滋味描述词进行聚类分析，所得谱系图如图 8。毫味、鲜爽、回甘和纯正，甜纯和醇和，浓醇、醇厚和蜜韵相似度较高；细腻、柔和和协

调，悠长、均衡和优雅相似度较高。结合 *M*，经小组讨论后决定删除浓醇和蜜韵，细腻和均衡，最终确定了 15 个滋味描述词。

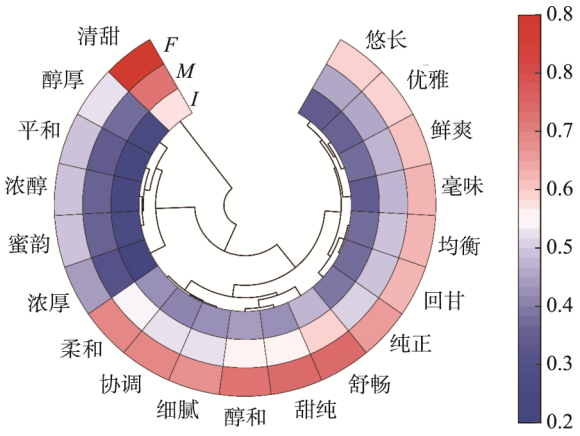


图 8 云南大叶种白茶滋味描述词聚类分析结果

Fig.8 Cluster analysis results of Yunnan large-leaf white tea flavor descriptors

(6)滋味描述词主成分分析

对 15 个云南大叶种白茶滋味描述词进行 PCA 结果显示，前 3 个主成分的累计贡献率达到 62.1%，说明其对原始滋味数据的解释力集中于前 3 个维度(图 9)；从第 6 个主成分开始曲线走势趋于平缓，表明第 6 个及之后的主成分贡献度已无明显提升，因此提取 5 个主成分可覆盖主要信息(图 10)。值得注意的是，这 15 个描述词在 5 个主成分中均存在载荷(即均有贡献)，印证了其作为滋味特征表征指标的全面性，能够有效反映云南大叶种白茶的基本滋味属性。

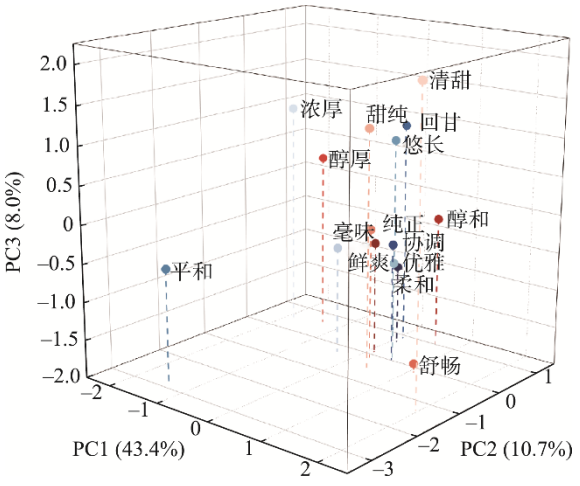


图 9 云南大叶种白茶滋味描述词 PCA 图

Fig.9 PCA diagram of Yunnan large-leaf white tea flavor descriptors

2.3 云南大叶种白茶感官风味剖面的建立结果

云南大叶种白茶的风味因年份、产地、品种及制作方法的差异而呈现多样性，对其产品质量的评价需跳出单纯优劣比较的局限，核心目标在于挖掘优质特征。基于此，本研究首先基于表 1 中 22 个茶样的感官强度数据开展聚类热图分析(图 11)。如图 11 所示，22 个茶样经聚类后形成 4 个特征类别，具体分组如下：易武古树白茶(2022)、镇沅千家寨野生白茶(2020、2021、2022)、勐海贺开古树白茶(2022、2021)、水灵一号白茶、景谷大白茶(单芽)、景谷大白茶(一芽一叶)、临沧市小户赛古树白茶、临沧市坝卡古树白茶、普洱市镇沅荒山白茶、雪芽 100 号白茶为一类；长叶白毫白茶 2 号、景谷大白茶(老树)、勐海贺开古树白茶(2020)、黔湄一号白茶、大黄芽白茶、南糯山老白茶为一类；易武古树白茶(2021)、长叶白毫白茶 1 号为一类、临沧市懂过古树白茶为一类。

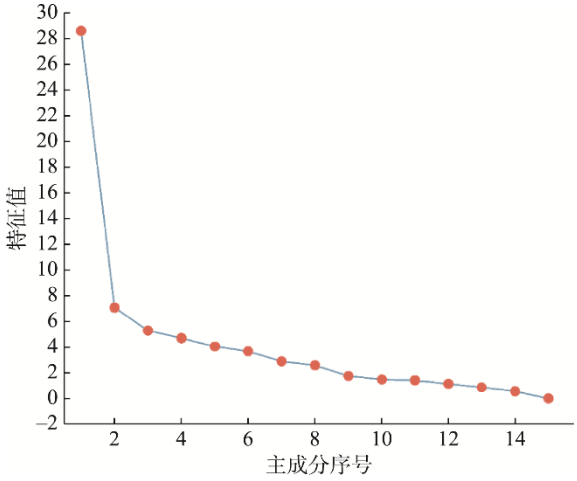


图 10 云南大叶种白茶滋味描述词 PCA 碎石图

Fig.10 Scree plot of PCA for sensory descriptors of Yunnan large-leaf white tea taste

从 4 种不同分类风格的茶样中各选择 1 个典型、有代表性的云南大叶种白茶(YW21、ZY20、NN21、DG19)进行感官强度相关性分析，分析结果如表 6 所示。

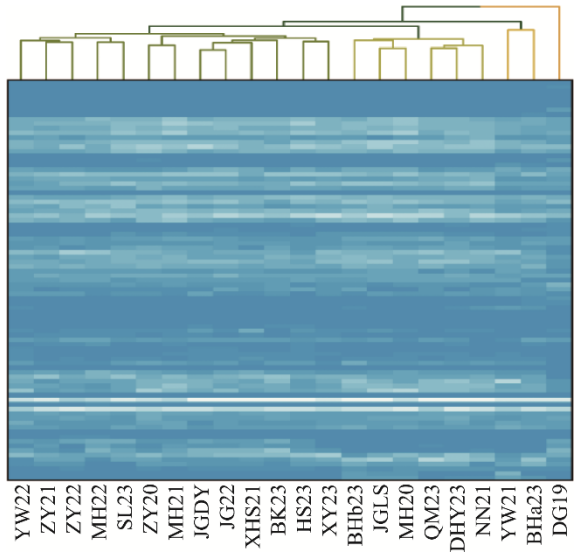


图 11 云南大叶种白茶茶样聚类热图

Fig.11 Cluster analysis heatmap of Yunnan large-leaf white tea samples

表 6 结果显示，4 个云南大叶种白茶样本间相关系数均在 0.749~0.909 之间，且均达到极显著水平(P<0.01)，说明茶样的感官强度(如香气、滋味、口感等综合指标)呈现高度正相关(P<0.01)。据此，可选择上述 4 个茶样作为不同年份、产地、品种及制作方法 4 类云南大叶种白茶的代表样本，采用最终筛选的云南大叶种白茶风味轮廓描述词对茶样进行系统描述，进而验证该描述词体系的可行性。

表 6　云南大叶种白茶感官强度的相关性分析
Table 6　Correlation analysis of sensory intensity of Yunnan large-leaf white tea

茶样	YW21	ZY20	NN21	DG19
YW21	1.000			
ZY20	0.827**	1.000		
NN21	0.749**	0.818**	1.000	
DG19	0.909**	0.898**	0.784**	1.000

注: **表示在 P<0.01 水平下极显著相关。

同时，设定最终筛选出来的 7 个汤色描述词(黄绿、浅黄、深黄、橙黄、杏黄、明亮、清澈)、16 个香气描述词(甘纯、浓郁、嫩香、悠长、馥郁、兰花香、桂花香、清香、毫香、高锐、平正、平淡、甜香、药香、木香、持久)和 15 个滋味描述词(毫味、清甜、回甘、甜纯、鲜爽、纯正、醇厚、醇和、平和、悠长、舒畅、柔和、优雅、协调、浓厚)用于评价 4 个不同地域风格的云南大叶种白茶。其感官强度雷达图见图 12。

由图 12A 可以看出，YW21 浅黄、黄绿较突出，整体颜色偏浅淡，汤色清澈明亮；ZY20 汤色杏黄突出，深黄橙黄较明显；NN21 深黄、橙黄突出，茶汤颜色相较于其他样品更深；DG19 汤色明亮度高于其他样品，浅黄、杏黄和黄绿较为明显，均高于 NN21。由图 12B 可以看出，YW21 嫩香突出、药香明显，具有木香，清香以及较强的毫香，但花香较弱，香感中悠长、甘纯和馥郁均比其他组茶样突出；ZY20 兰花香突出、清香和木香明显，甜香、毫香均略高于 YW21，香感中较为平正，其他香感并不突出；NN21 甜香明显突出，其他香气均低于其他组茶样，香感中高锐突出，持久浓郁明显；DG19 相较于其他茶样毫香突出，香感中浓郁明显。由图 12C 可以看出，YW21 口味中清甜突出，鲜爽明显，口感中舒畅突出，纯正、柔和和协调较明显；ZY20 口味中回甘明显，毫味、鲜爽较突出，口感中悠长突出，醇厚、舒畅和浓厚较明显；NN21 口味中甜纯突出，毫味明显，口感中纯正、醇和、优雅和柔和明显；DG19 毫味突出，清甜、甜纯较明显，口感中醇和、优雅、柔和和协调较突出。相比于传统的茶叶感官审评方式，针对云南大叶种白茶建立的风味轮体系配合剖面图使用，能够将 4 种云南大叶种白茶的风味差异特征更加清晰、直观地表达出来，因此可以用来判别和评价云南大叶种白茶。

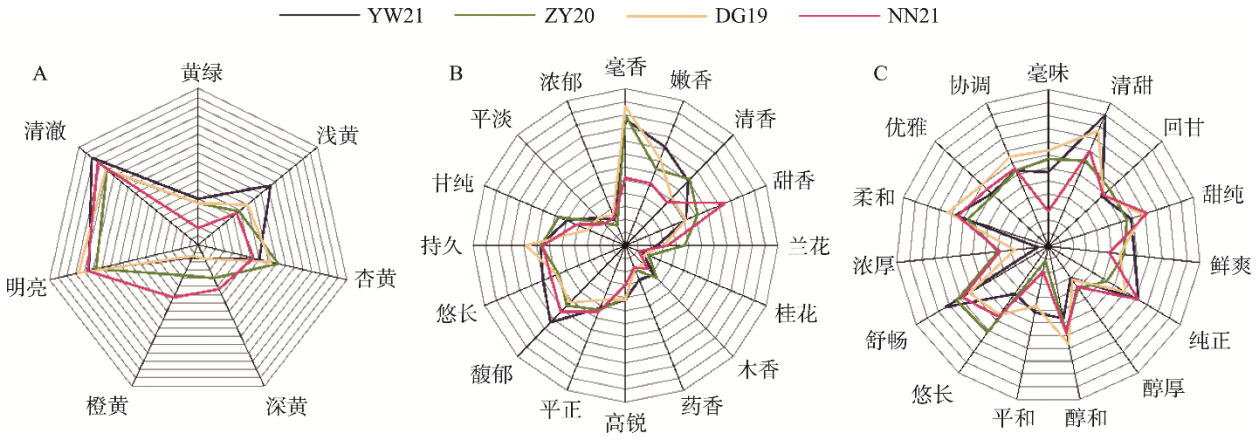


图 12　4 种云南大叶种白茶茶样汤色(A)、香气(B)和滋味(C)感官强度雷达图
Fig.12　Radar charts of sensory intensity of infusion (A), aroma (B) and taste (C) of 4 kinds of Yunnan large-leaf white tea

2.4　云南大叶种白茶风味轮描述词的应用结果

基于选定的云南大叶种白茶风味轮描述词，结合品评小组对 4 种不同类型白茶的感官特性强度评分数据开展对应分析，旨在验证该描述词体系能否有效表征与区分不同云南大叶种白茶的基本感官特征，结果见图 13。图 13 的对应分析结果显示，4 种茶样在二维空间中呈现显著分离趋势，表明其感官特征具有可区分性。具体来看位于第三象限的 YW21 茶样与其他 3 种茶样空间分离最明显，其主要关联描述词为柔和(滋味)、黄绿(汤色)及平正(风格)；ZY21 茶样集中分布于特定区域，核心关联描述词为馥郁(香气)、平淡(滋味)及清甜(滋味)；NN21 茶样的关键关联描述词为药香(香气)、醇厚(滋味)及悠长(余韵)，其中药香亦与 DG19 茶样存在关联；DG19 茶样则主要与橙黄(汤色)、甜纯(滋味)相关。上述空间分布特征与现有对该类白茶的感官认知高度吻合，证实所选 38 个描述词不仅涵盖了云南大叶种白茶感官描述的核心词汇，且能有效表征不同茶

样的风味差异。进一步对比福建白茶的典型特征——汤色杏黄明亮，香气鲜嫩、花香、毫香显，滋味鲜醇甘爽、花香、毫韵足[26–27]，发现这 4 种云南大叶种白茶在花香类、毫香及明亮等描述词上的表现与福建白茶存在显著差异。推测这种差异可能与储存过程中的陈化作用有关[28–30]，导致风味物质转化并形成独特特征。

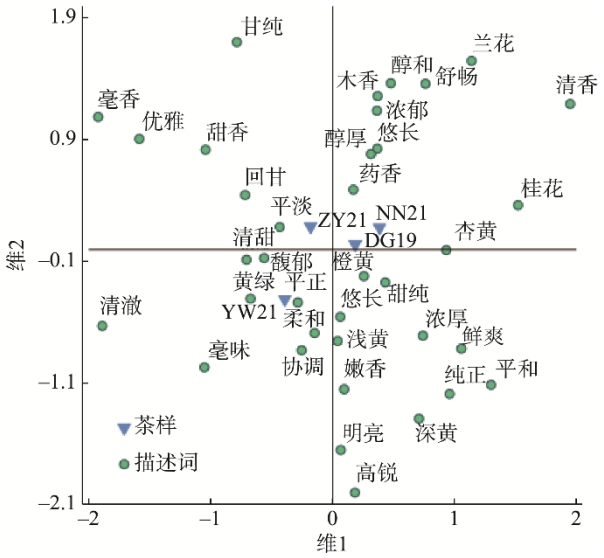


图 13 感官描述词与茶样对应分析

Fig.13 Correspondence analysis between sensory descriptors and tea sample

3 讨 论

本研究以 GB/T 16861—1997 为方法论基础，以不同年份、产地、品种及制作方法的 22 种云南大叶种白茶为对象开展风味感官品评，系统解析其感官特征，进而首次绘制云南大叶种白茶风味轮。该风味轮涵盖香气、汤色、滋味三大维度，共收录 86 个感官描述词，其中香气 38 个、滋味 29 个、汤色 19 个，为云南大叶种白茶感官描述分析构建了全面系统的术语体系。

在此基础上，通过 M 与多元统计方法筛选优化，最终确定 38 个核心描述词作为云南大叶种白茶感官风味轮廓的基本术语。嗅觉描述词(16 个)，包括毫香、嫩香、清香、甜香、兰花香、桂花香、木香、药香、高锐、平正、馥郁、悠长、持久、甘纯、平淡、浓郁；视觉描述词(7 个)，包括黄绿、浅黄、杏黄、深黄、橙黄、明亮、清澈；味觉描述词(15 个)，包括毫味、清甜、回甘、甜纯、鲜爽、纯正、醇厚、醇和、平和、悠长、舒畅、浓厚、柔和、优雅、协调。这一术语体系为云南大叶种白茶风味深入研究提供了理论支撑与科学指引。进一步应用中，借助风味剖面图直观呈现 4 种不同风格云南大叶种白茶的风味差异；经应用检验表明，该描述词体系可有效区分不同类型茶样、精准表征其风味特征，能够系统描述云南大叶种白茶的核心感官轮廓，具备实际适用性。

因此，将最终应用筛选出来的 7 个汤色描述词、16 个香气描述词和 15 个滋味描述词再次构建风味轮(图 14)。

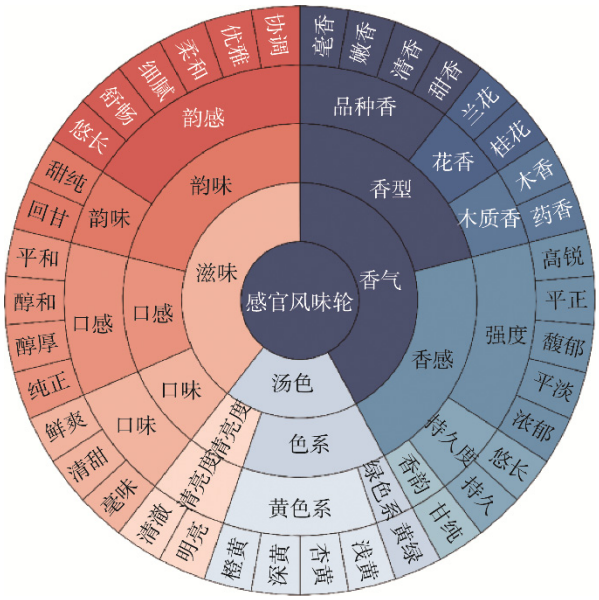


图 14 云南大叶种白茶最终风味轮

Fig.14 Final Yunnan large-leaf white tea flavor wheel

4 结 论

本研究首次绘制云南大叶种白茶风味轮并确定其风味属性描述词，为该茶类的风味研究提供了科学支撑。基于此，后续可拓展消费者偏好等研究，通过完善评价体系助力规范加工工艺、优化产品风味，推动云南大叶种白茶品质提升。此外，作为云南大叶种白茶风味轮，其覆盖范围存在客观局限，尚未完全囊括该类白茶的所有风味特征；同时，科技发展催生的新型工艺产品可能衍生未被覆盖的新风味类型。因此，风味轮需随产业实践与科技进步动态迭代，持续完善以适应时代需求。

参考文献

[1] 吴传惠. 福鼎白茶标准化生产加工技术探讨[J]. 福建茶叶, 2020, 42(4): 16.
Wu Chuanhui. Discussion on standardized production and processing technology of Fuding white tea [J]. Tea in Fujian, 2020, 42(4): 16.

[2] Espinosa Ruiz 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.

[3] Hajiaghaalipour F, Kanthimathi M S, Sanusi J, et al. White tea (*Camellia sinensis*) inhibits proliferation of the colon cancer cell line, HT-29, activates caspases and protects DNA of normal cells against oxidative damage [J]. Food Chemistry, 2015, 169: 401–410.

[4] Tenore G C, Stiuso P, Campiglia P, et al. *In vitro* hypoglycaemic and

hypolipidemic potential of white tea polyphenols [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 2379–2384.

[5] 袁弟顺, 林丽明, 杨志坚, 等. 烘干温度对白茶护肝作用效果影响研究[J]. 中国茶叶, 2009, 31(1): 20–22.
Yuan Dishun, Lin Liming, Yang Zhijian, et al. Effect of drying temperature on the hepatoprotective effect of white tea [J]. China Tea, 2009, 31(1): 20–22.

[6] 刘振云, 柯菀萍, 周汐芮, 等. 金花白茶对高脂饮食小鼠的减肥作用[J]. 茶叶科学, 2024, 44(2): 350–362.
Liu Zhenyun, Ke Wanping, Zhou Xirui, et al. Slimming effect of golden flower white tea on high-fat diet-induced obese mice [J]. Journal of Tea Science, 2024, 44(2): 350–362.

[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.
Zhou Xuefang, Wu Shanshan, Ruan Chaoshuai, et al. Comparative study of Yunnan white tea and Fujian white tea [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(2): 177–179.

[8] Zielinski A A F, Haminiuk C W I, Beta T. Multi-response optimization of phenolic antioxidants from white tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) and their identification by LC–DAD–Q-TOF–MS/MS [J]. LWT, 2016, 65: 897–907.

[9] 林钰虹, 魏然, 方舟滔, 等. 干燥工艺对白茶品质及抗氧化活性的影响研究[J]. 中国茶叶加工, 2022(2): 33–38.
Lin Yuhong, Wei Ran, Fang Zhoutao, et al. Study on the influence of drying process on the quality and antioxidant activity of white tea [J]. China Tea Processing, 2022(2): 33–38.

[10] Dai Weidong, Tan Junfeng, Lu Meiling, et al. Metabolomics investigation reveals that 8-C N-ethyl-2-pyrrolidinone-substituted flavan-3-ols are potential marker compounds of stored white teas [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(27): 7209–7218.

[11] 胡欣, 杨航云, 杨兰, 等. 不同光质萎凋对婺源白茶品质影响[J]. 茶业通报, 2022, 44(4): 166–170.
Hu Xin, Yang Hangyun, Yang Lan, et al. The effect of different light on the quality of Wuyuan baicha during withering process [J]. Journal of Tea Business, 2022, 44(4): 166–170.

[12] 黄素贞. 云南白茶 月光白[J]. 普洱, 2012(10): 50–51.
Huang Suzhen. Yunnan white tea-moonlight white [J]. Pu-erh, 2012(10): 50–51.

[13] 和明珠, 李金秋, 万人源, 等. 云南白茶品质特征研究[J]. 中国农学通报, 2022, 38(17): 82–89.
He Mingzhu, Li Jinqiu, Wan Renyuan, et al. Study on the quality of Yunnan white tea [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(17): 82–89.

[14] 张晓珊, 吕世懂, 刘伦, 等. 顶空固相微萃取与气相色谱-质谱法分析月光白茶香气成分[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2014, 36(5): 740–749.
Zhang Xiaoshan, Lv Shidong, Liu Lun, et al. Analysis of aroma components in Yueguangbai tea using headspace solid-phase microextraction coupled with GC-MS [J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition), 2014, 36(5): 740–749.

[15] 王春燕. 白茶的风味及抗氧化性的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010: 30–33.
Wang Chunyan. Researches on white tea's flavor and antioxidant capacity [D]. Chongqing: Southwest University, 2010: 30–33.

[16] 陈国和, 胡腾飞, 谢贺, 等. 普洱茶与茯砖茶风味轮的构建及应用[J]. 茶叶科学, 2023, 43(5): 631–644.
Chen Guohe, Hu Tengfei, Xie He, et al. Construction of flavor wheel and quantitative sensory description analysis of Pu'er Tea and Fu Brick Tea [J]. Journal of Tea Science, 2023, 43(5): 631–644.

[17] 张颖彬, 金寿珍, 王国庆, 等. 浙江省"十大名茶"感官品质分析及风味轮的构建[J]. 茶叶科学, 2015, 35(3): 225–232.
Zhang Yingbin, Jin Shouzhen, Wang Guoqing, et al. Flavor analysis and flavor wheel establishment of ten top famous tea in Zhejiang Province [J]. Journal of Tea Science, 2015, 35(3): 225–232.

[18] 李向波, 刘顺航, 贾黎晖, 等. 普洱茶感官品质分析及风味轮构建[J]. 中国茶叶, 2017, 39(11): 32–34, 37.
Li Xiangbo, Liu Shunhang, Jia Lihui, et al. Sensory quality analysis and flavor wheel construction of Pu'er tea [J]. China Tea, 2017, 39(11): 32–34, 37.

[19] 张颖彬, 刘栩, 鲁成银. 中国茶叶感官审评术语基元语素研究与风味轮构建[J]. 茶叶科学, 2019, 39(4): 474–483.
Zhang Yingbin, Liu Xu, Lu Chengyin. Study on primitive morpheme in sensory terminology and flavor wheel construction of Chinese tea [J]. Journal of Tea Science, 2019, 39(4): 474–483.

[20] 戴前颖, 叶颖君, 安琪, 等. 黄大茶感官特征定量描述与风味轮构建[J]. 茶叶科学, 2021, 41(4): 535–544.
Dai Qianying, Ye Yingjun, An Qi, et al. Sensory characteristics of yellow large leaf tea by quantitative descriptive analysis and construction of flavor wheel [J]. Journal of Tea Science, 2021, 41(4): 535–544.

[21] 安会敏, 熊一帆, 张杨波, 等. 临沧工夫红茶季节判定模型及风味轮的构建[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 199–206.
An Huimin, Xiong Yifan, Zhang Yangbo, et al. Construction of seasonal decision model and flavor wheel for Lincang Gongfu black tea [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(23): 199–206.

[22] 欧行畅, 李适, 张杨波, 等. 大湘西地区绿茶风味轮及其滋味类型判别模型构建[J]. 茶叶通讯, 2020, 47(1): 89–95.
Ou Xingchang, Li Shi, Zhang Yangbo, et al. Flavor wheel construction and its taste type discriminant model of green tea in grand western of Hunan [J]. Journal of Tea Communication, 2020, 47(1): 89–95.

[23] 张敏, 余佶, 王琪琰, 等. 藤茶感官特征定量描述分析与风味轮构建[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 243–250.
Zhang Min, Yu Ji, Wang Qiyan, et al. Quantitative descriptive analysis and flavor wheel construction of sensory characteristics of *Ampelopsis grossedentata* [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(8): 243–250.

[24] 张春花, 王子龙, 浦如秋, 等. 普洱生茶风味轮的构建与感官特性研究[J]. 食品工业科技, 2025, 46(15): 1-11.
Zhang Chunhua, Wang Zilong, Pu Ruqiu, et al. Construction of flavor wheel and sensory characteristics of raw Pu-erh Tea [J]. Science and

Technology of Food Industry, 2025, 46(15): 1–11.

[25] 张敏星, 付勋, 冯婷婷, 等. 三峡天丛绿茶感官特征定量描述分析与风味轮构建[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(14): 290–297.
Zhang Minxing, Fu Xun, Feng Tingting, et al. Quantitative descriptive analysis and flavor wheel construction of sensory characteristics of Sanxia Tiancong green tea [J]. Food and Fermentation Industries, 51(14), 290–297.

[26] 唐瑛蔓, 赵美玲, 黄雅慧, 等. 绿茶主要滋味特征与消费者偏好的关系[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(17): 242–246, 252.
Tang Yingman, Zhao Meiling, Huang Yahui, et al. Study on the relationship between the main taste characteristics of green tea and consumer preferences [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(17): 242–246, 252.

[27] 周晶晶, 张雯萍, 李光发, 等. 九龙大白茶白茶风味品质的分析[J]. 食品科学, 2025, 46(6): 201–210.
Zhou Jingjing, Zhang Wenping, Li Guangfa, et al. Analysis of flavor quality of Jiulong dabaicha white tea [J]. Food Science, 2025, 46(6): 201–210.

[28] 沈瑜, 朱海燕. 仓储 1~8 年间政和白牡丹茶感官品质及理化成分变化[J]. 食品工业科技, 2025, 46(14): 371–380.
Shen Yu, Zhu Haiyan. Sensory quality and physicochemical components changes of Zhenghe baimudan white tea during a storage period of 1-8 years [J]. Science and Technology of Food Industry, 2025, 46(14): 371–380.

[29] 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.

[30] Zhou Caibi, Chen Yongshi, Chen Mengling, et al. Flavor changes of Yunnan large-leaf cultivar white tea during different aging periods [J]. Food Chemistry: X, 2025, 29: 102846.

(责任编辑: 蔡世佳 安香玉)