

不同年份景谷大白茶品质变化分析

雷鑫^{1,2,3}, 叶雅萍¹, 沙艮^{1,2}, 段红星¹, 吕才有¹, 赵明^{1,2*}, 马燕^{1*}

(1.云南农业大学茶学院, 云南昆明 650201; 2.云南农业大学西南中药材种质创新与利用国家地方联合工程研究中心 & 云南省药用植物生物学重点实验室, 云南昆明 650201; 3.景德镇学院生物与环境工程学院, 江西景德镇 333400)

摘要: 为探究不同年份景谷大白茶贮藏期间的品质变化规律, 研究收集了不同年限(1~7年)的景谷大白茶, 通过感官审评、生化成分测定分析、滋味活度值(Taste activity value, TAV)计算, 分析茶样品质变化。感官审评表明, 随着贮藏时间增加, 茶样香气由花香、甜香转变为陈香, 贮藏五年以上茶样香气以陈香为主; 滋味由鲜、甜逐步向醇和转变。随着贮藏年份的增加, 白茶中的没食子酸、鞣花酸、芦丁、杨梅素、槲皮素、木犀草素含量显著增加, 而大多数氨基酸和儿茶素成分降低, 咖啡碱和苯丙氨酸等少数氨基酸含量呈波动变化。计算发现 TAV>1 的特征成分包括咖啡碱、EGCG、ECG、没食子酸等, 贮藏期间, 上述化合物含量均降低, 从而使白茶苦涩味降低。研究明确了不同贮藏年份景谷大白茶感官品质、特征滋味成分差异, 为系统解析景谷大白茶的贮藏机理提供了基础。

关键词: 景谷大白茶; 生化成分; 感官定量描述法(QDA); 滋味活度值(TAV); 贮藏

中图分类号: TS272.5+9

文献标识码: A

文章编号: 2095-0306(2025)02-0062-11

Quality Changes of Jinggu Big White Tea during Different Aging Years

LEI Xin^{1,2,3}, YE Yaping¹, SHA Gen^{1,2}, DUAN Hongxing¹, LYU Caiyou¹, ZHAO Ming^{1,2*}, MA Yan^{1*}

(1. College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. National & Local Joint Engineering Research Center on Germplasm Innovation & Utilization of Chinese Medicinal Materials in Southwestern China & The Key Laboratory of Medicinal Plant Biology of Yunnan Province, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. College of Biological and Environmental Engineering, Jingdezhen University, Jingdezhen 333400, China)

Abstract: To study the quality changes of Jinggu Big White Tea during storage over different years, samples aged from 1 to 7 years were collected. Sensory evaluation, biochemical component analysis, and taste activity value (TAV) calculation were conducted to assess quality variations. The sensory evaluation revealed that with prolonged storage, the aroma of the tea shifted from floral and sweet to a stale aroma, with samples aged over five year being dominated by stale aromas. The taste also transformed from fresh and sweet to mellow. With increasing aging years, the content of certain compounds such as gallic acid, ellagic acid, rutin, myricetin, quercetin, and luteolin increased significantly; while most amino acids and catechin decreased, and the level of caffeine and certain amino acids such as phenylalanine fluctuated. Additionally, seven characteristic components with TAV>1 were identified, including caffeine, epicatechin gallate, and epigallocatechin gallate responsible for bitterness, and epigallocatechin, epigallocatechin gallate, epicatechin gallate, and gallic acid responsible for astringency. This study clarified the variations in sensory quality and

收稿日期: 2025-02-25, 修改日期: 2025-05-29

基金项目: 云南省基础研究计划—重点项目(202501AS070039); 云南省农业基础研究联合专项—重点项目(202401BD070001-007)

作者简介: 雷鑫(1997-), 男, 湖南湘西人, 硕士研究生, 主要从事植物精深加工研究。

* 通讯作者: Zhaoming02292002@aliyun.com; mayan202@163.com

characteristic taste compounds of Jinggu Big White Tea at different storage years, providing a foundation for systematic analysis of its aging mechanism.

Keywords: Jinggu Big White Tea; Biochemical compositions; Sensory quantitative descriptive approach (QDA); Taste activity value(TAV); Storage

DOI: 10.15905/j.zgcyjg.2095-0306.2025.02.07

白茶(White tea)是茶树鲜叶经过萎凋、干燥工序加工而成茶叶产品,近年来白茶产业呈现产销两旺的态势^[1],云南白茶产业也得到了快速的发展。景谷大白茶(Jinggu Big White Tea)是云南白茶的主要产品,具有浓郁毫香、甜香,鲜甜爽口的特点,根据《景谷大白茶》团体标准的规定,按照原料老嫩不同,景谷大白茶可以分为白龙须(一级)、月美人(二级)、月光白(三级)、月光寿(四级)等产品。2023年,云南景谷傣族彝族自治县(景谷县)生产的景谷大白茶产量接近8000吨,整体产值约26亿元,占云南省白茶产量的70%以上^[2]。

白茶具有耐贮藏的特征,俗称“一年茶、三年药、七年宝”。已有研究发现随着贮藏时间的延长,白茶的甜香、药香和陈香等香气增高,花香、嫩香和清香则逐渐减少;其甜度、厚度、滑度、酸度增强,苦味和涩味减弱;干茶、茶汤和叶底的色泽均逐渐加深^[3]。同时发现贮藏期间白茶会生成“老白茶酮”(N-ethyl-2-pyrrolidinone-substituted flavan-3-ol, EPSF),其含量也随贮藏而增高,该成分对细胞损伤有保护作用^[4],可抑制晚期糖基化终末产物的形成^[5],并具有抗氧化和抑制乙酰胆碱酯酶活性的能力^[6]。贮藏期间白茶多种生化成分也呈减少趋势,其中多酚物质的减少是苦味和涩味降低的主要原因;美拉德等反应使氨基酸和核苷酸含量逐步减少,从而降低了白茶鲜味^[7];没食子酸含量增加,使老白茶的酸度有所增加^[7]。目前,白茶贮藏多以福鼎白茶为研究材料,而以景谷大白茶为材料的研究尚未见报道,因此有必要对贮藏过程中景谷大白茶的感官品质、生化成分变化等进行系统研究。

茶汤中的苦涩味主要是茶多酚和咖啡碱等物质共同作用产生^[8],其中咖啡碱的苦味比较明显^[9],茶多酚则主要是涩味和苦味;茶汤的甜味主要是糖类、呈甜味的氨基酸(脯氨酸、缬氨酸、丝氨酸、酪氨酸、甘氨酸、丙氨酸)等产生^[10];茶汤的鲜味主

要是天冬氨酸、谷氨酸、茶氨酸等鲜味物质的协同作用^[11];茶汤酸味呈味物质为天冬氨酸、谷氨酸、没食子酸等^[12]。滋味活度值(Taste activity value, TAV)是滋味评价的一种有效方法,通过水溶性物质溶于水后最小呈味阈值来计算对茶汤滋味的贡献度^[13]。

研究以不同贮藏年份的景谷大白茶为研究对象,进行感官审评、感官定量描述、生化成分测定、TAV计算等,旨在分析不同贮藏年份景谷大白茶感官品质及生化成分的差异,探讨景谷大白茶贮藏中的品质滋味变化规律,为解析景谷大白茶的贮藏机理提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

景谷大白茶茶样(月美人)由普洱市普山茶业有限公司提供,产地为云南省景谷县,所有样品的采摘标准(一芽一叶至一芽二叶嫩叶)、茶树品种(秧塔大白茶)、加工方法、自然贮藏条件均一致,样品编号为Y1~Y7,分别对应2023年、2022年、2021年、2020年、2019年、2018年、2017年生产的茶样。

1.2 主要试剂和仪器

磷酸二氢钾、磷酸氢二钠、磷酸(分析纯)来自西陇化工股份有限公司;无水葡萄糖、氯化亚锡、无水碳酸钠(分析纯)来自天津市风船化学试剂科技有限公司;浓硫酸、三氯甲烷(分析纯)来自重庆川东化工(集团)有限公司;甲醇、乙腈(色谱纯)来自美国Sigma公司;无水醋酸钠(分析纯)来自天津市致远化学试剂有限公司;冰醋酸(分析纯)来自天津市大茂化学试剂厂;福林酚来自北京索莱宝科技有限公司;没食子酸来自阿拉丁生化科技股份有限公司;茚三酮、PNPG来自上海麦克林生化科技股份有限公司;谷氨酸来自上海埃博商贸有限公司; α -葡萄糖苷酶来自北京索莱宝科技有限公

司;咖啡碱(Caffeine, CA)、儿茶素(Catechin, C)、表儿茶素(Epicatechin, EC)、表没食子儿茶素(Epigallocatechin, EGC)、没食子儿茶素(Gallocatechin, GC)、表儿茶素没食子酸酯(Epicatechin gallate, ECG)、儿茶素没食子酸酯(Catechin gallate, CG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(Epigallocatechin gallate, EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(Gallocatechin gallate, GCG)、没食子酸(Gallic acid, GA)、茶碱、鞣花酸(Ellagic acid, EA)、杨梅素(Myricetin, MY)、槲皮素(Quercetin, QU)、木樨草素(Luteolin, LU)、山柰酚(Kaempferol, KA)、花旗松素(Taxifolin, TA)和芦丁(Rutin, RU)对照品(纯度大于98%)均购自成都曼思特生物科技有限公司;天冬氨酸(Aspartic acid, Asp)、谷氨酸(Glutamate, Glu)、丝氨酸(Serine, Ser)、组氨酸(Histidine, His)、甘氨酸(Glycine, Gly)、苏氨酸(Threonine, Thr)、精氨酸(Arginine, Arg)、丙氨酸(Alanine, Ala)、茶氨酸(L-Theanine, Thea)、酪氨酸(Tyrosine, Tyr)、半胱氨酸(Cysteine, Cys)、 γ -氨基丁酸(GABA)、缬氨酸(Valine, Val)、甲硫氨酸(Methionine, Met)、苯丙氨酸(Phenylalanine, Phe)、异亮氨酸(Isoleucine, Ile)、亮氨酸(Leucine, Leu)、脯氨酸(Proline, Pro)18种氨基酸对照品购于美国安捷伦公司。

1200型高速液相色谱(美国安捷伦公司);K6600-A多功能全波长酶标仪(北京凯奥科技发展有限公司);101-2AB型电热鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司);Smart-Q30实验室纯水系统(上海和泰仪器有限公司);CP214型电子分析天平(奥豪斯仪器(上海)有限公司);DK-98-II型数显恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司);SC-3614型低速离心机(科大创新股份有限公司中佳分公司);800型多功能粉碎机(武义海纳电器有限公司);CT15RE型离心机(日立公司);MOC63U型电子式水分仪测定仪(日本岛津公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 感官定量描述分析(QDA)和感官审评

邀请5名评茶员,参照GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》^[14]对样品进行感官审评,同时对茶汤滋味的鲜、甜、苦、醇、强、涩;香气的花

香、清香、青草气味、甜香、陈香、枣香等12项属性进行定量描述分析,具体描述见表1。

表1 风味描述特点
Table 1 Definitions of flavor descriptors

风味因子 Flavor factor	风味描述 Flavor description	特征描述 Feature description	打分规则 Scoring rules
香气	花香	类似鲜花的香气	1~3:弱 4~6:中 7~9:强
	鲜香	鲜爽感的香气	
	青草气味	青草的气味	
	甜香	甜的香气	
	枣香	红枣的香气	
	陈香	陈味、木香、枣香等类型气味的混合表现	
滋味	鲜	鲜爽类似氨基酸的味道	1~3:弱 4~6:中 7~9:强
	甜	有甜味	
	苦	有苦味	
	醇	浓淡适中,口感柔和	
	强/浓	内含物丰富,收敛性强	
	涩	厚舌阻滞的感觉	

1.3.2 理化成分测定

参照GB/T 8305—2013^[15]测定水浸出物、含水量;参照GB/T 8313—2018福林酚法^[16]测定茶多酚总量;参照GB/T 8314—2013茚三酮比色法^[17]测定游离氨基酸总量;参照蒽酮法^[18]测定可溶性糖总量;高效液相色谱法测定茶叶中GA、GC、Theophylline、EGC、C、CA、EGCG、EC、GCG、ECG、TA、CG、RU、EA、MY、QU、LU、KA等18种特征成分的含量^[19]和Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Arg、Ala、Thea、Tyr、Cys、GABA、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Pro等18种氨基酸组分的含量^[20]。

1.3.3 茶汤色差值测定

感官评价方法制得的茶汤过滤后冷却至室温,测定其色差。色差采用3nh色差计Lab色差系统对茶汤进行色差数值的测定,测量模式为透射测量,测量口径为25.4 mm,每个茶样重复测量三次。 L^* 表示明暗度, b^* 表示黄色(+)和蓝色(-), a^* 表示红色(+)和绿色(-)。 Cab 是色度值,值越大,颜色越亮。 Cab 计算公式如下:

$$Cab=\sqrt{a^2+b^2}$$

1.3.4 TAV 计算

滋味活性值(TAV)又称剂量比阈因子(Dove-over-threshold, Dot),指滋味成分浓度与该成分的

呈味阈值的比,用该比值的大小来评价该滋味成分对呈味的贡献率,TAV 值可反映单一化合物对整体滋味的贡献。当 TAV 值 >1 时,该物质对呈味有贡献;TAV 值 <1 时该物质对呈味贡献较小^[21]。计算方法为: $TAV = C/T$,式中,C 为某滋味成分的浓度值,T 为该滋味成分的呈味阈值。

1.4 数据分析

每个处理重复 3 次,每个测定重复 2 次及以上,以平均值 $\pm$ 标准差(Mean $\pm$ SD)表示均值。应用软件 IBM SPSSstatistics 22、TBtools 等进行统计分析、数据处理和热图制作;采用 Simca-p14.1 软件进行正交偏最小二乘法判别分析(Orthogonal partial least squares discriminant analysis,OPLS-DA)、主成分分析(Principal component analysis,PCA)和层次聚类分析(Hierarchical clustering analysis,HCA)。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏年份景谷大白茶感官品质与风味变化

不同贮藏年份景谷大白茶的感官特征如图 1 所示,随着贮藏年份的增加,干茶色泽由银绿光润到灰褐最终变成黑褐;叶底色泽从黄绿逐渐向红褐转变,柔软度逐渐上升;滋味从鲜醇、回甘略带青味向甘醇、醇和转变;香气从花香和清香向甜香、陈香转变;汤色从黄绿向橙黄转变。茶汤 L^* 随着存储年份的增加而逐渐降低,说明随着年份的增加,茶汤透亮度逐渐降低; a^* 、 b^* 和 Cab 随着存储年份增加而增加,表明茶汤从绿色向红色转变,黄色程度增加,色彩饱和度上升。茶汤色泽随年份增加而加深,是贮藏期间多酚类物质的非酶促氧化,聚合反应形成褐色物质,使茶汤色泽加深^[22],但是其中 Y4 对比其他茶汤颜色更深,推测可能是当年生产的成品大白茶发酵程度较高导致的。

对茶汤口感的鲜、甜、苦、醇、强、涩,以及茶叶香气中花香、清香、青草气、甜香、陈香、枣香等 6 项香气属性的定量描述分析。新白茶以花香为主导,微含青草气;贮藏 2~5 年,以甜香为主;贮藏 5 年以上,以陈香为主。花香、清香、青草气随着时间推移逐年减弱,枣香、陈香、甜香则逐渐加强。整体看来,景谷大白茶贮藏过程中香气的变化规律为:花香 $\rightarrow$ 甜香带陈香 $\rightarrow$ 陈香带甜香,可能是由于芳

樟醇等清香物质降低而柏木烯等木香物质上升^[23]所致。在贮藏第二年,口感以甜味为主导;第四年,以甜醇为主;而到了第七年,出现了老白茶的醇和滋味。因此,贮藏期间口感从原本的鲜醇逐渐演变为甘甜、甜醇,最终变成醇和。茶汤的醇厚度、甜度、浓度随着贮藏年份的增长而逐步增高,而鲜度则逐渐降低,苦涩味整体强度均较低,但在贮藏后期有一定提升。从感官审评来看,景谷大白茶在贮藏中滋味与香气的变化规律,与福鼎白茶贮藏中的滋味和香气的变化规律基本保持一致^[7, 24],都具有耐贮藏的特性。

2.2 贮藏期间景谷大白茶生化成分变化

测定各样品水浸出物、茶多酚、游离氨基酸和可溶性糖总量,结果如图 2。水浸出物越高,表示茶叶中水溶性物质越丰富,水浸出物含量前三年无显著差异,在第四年后显著降低($p<0.05$),该结果与陈泽文^[25]研究白茶在贮藏期间水浸出物先升高后降低的结果基本一致。

茶叶中的可溶性糖主要由葡萄糖、蔗糖、果糖、麦芽糖、半乳糖及木糖等构成,其对茶汤的甜度起到重要贡献^[26-27]。研究所测样品可溶性糖含量在 5.03%~7.08%之间,Y1 显著高于其他样品($p<0.05$),而其他样品含量无显著差异($p>0.05$),但整体表明贮藏期间可溶性糖含量呈逐步降低趋势。

茶多酚总量随着贮藏年份的增长而降低,其中 Y1 和 Y2 的茶多酚总量显著高于其他茶样($p<0.05$),Y3、Y4 和 Y5 显著高于 Y6 和 Y7($p<0.05$),并且在第三年和第五年有较大幅度的降低,这可能与茶叶存储中多酚类物质发生自动氧化、聚合等化学反应有关^[28]。与赵文净等^[29]和詹冬梅等^[30]研究福鼎白茶中茶多酚在贮藏中减少的结果一致。

应用 HPLC 测定茶样儿茶素、咖啡碱和黄酮含量,如图 3 所示。Y1~Y3 茶样儿茶素总量剧烈降低,从 130.70 mg/g 降低至 60.78 mg/g,降幅 53.50%,而后趋于稳定。儿茶素总量中非酯型儿茶素占比 21.44%~29.19%,酯型儿茶素占比为 70.88%~78.56%。非酯型儿茶素从 Y1(29.59 mg/g)逐年降低至 Y7(13.03 mg/g),降幅 55.96%;酯型儿茶素总量从 Y1(101.12 mg/g)逐年降低至 Y7(47.75 mg/g),降幅 52.78%。研究结果与福鼎白茶贮藏期间的变化规律一致^[31]。

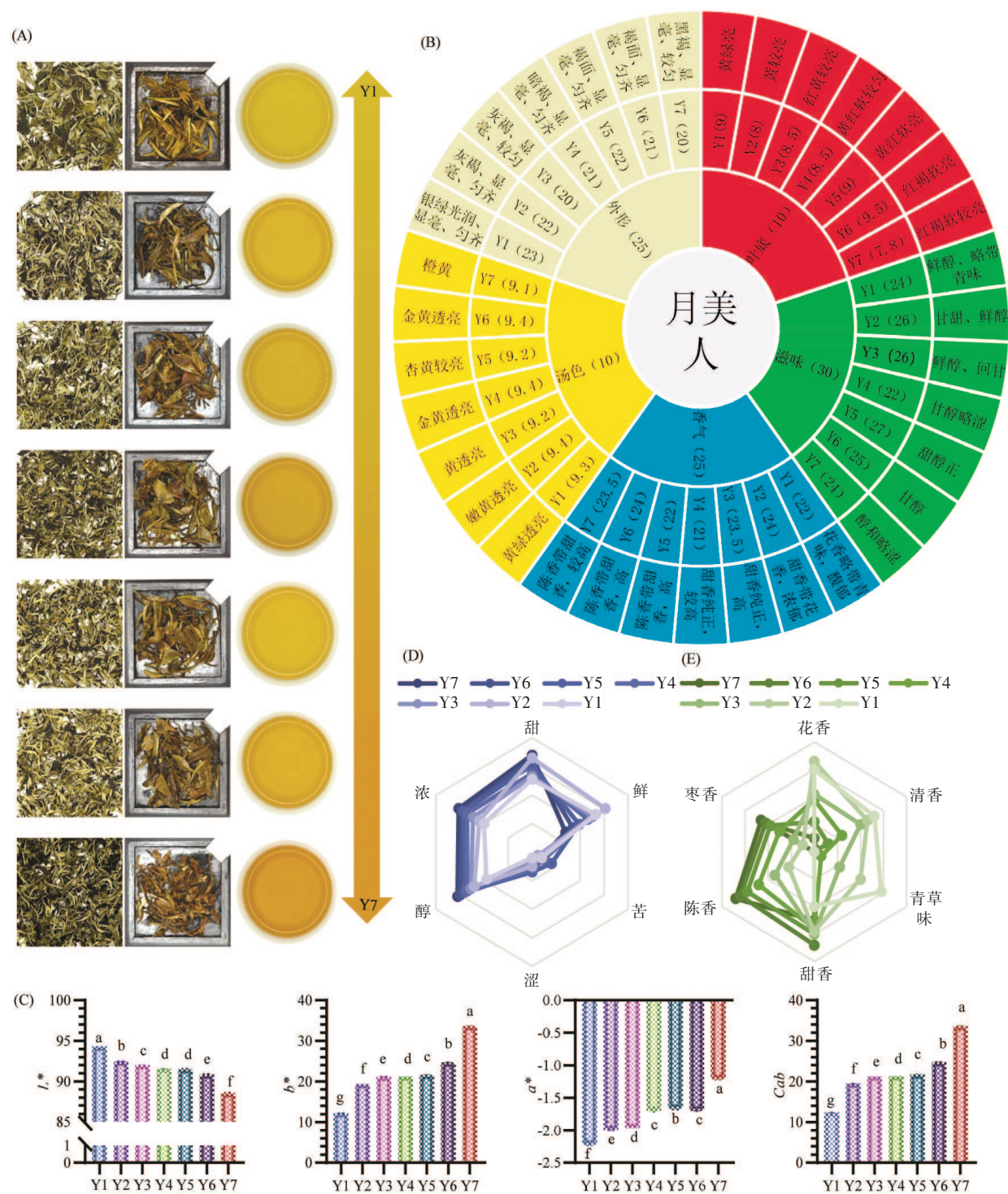


图1 景谷大白茶的感官特征及其贮藏中的变化

Fig.1 Sensory characteristics of Jinggu Big White Tea and their changes during storage

注: (A)审评照片; (B)感官审评; (C)色差值柱状图; (D)滋味雷达图; (E)风味雷达图

Note: (A) Photos of dry tea, tea infusions and infused leaves; (B) The sensory evaluation wheel; (C) Column chart of the color index data; (D) Taste radar map; (E) Aroma radar map.

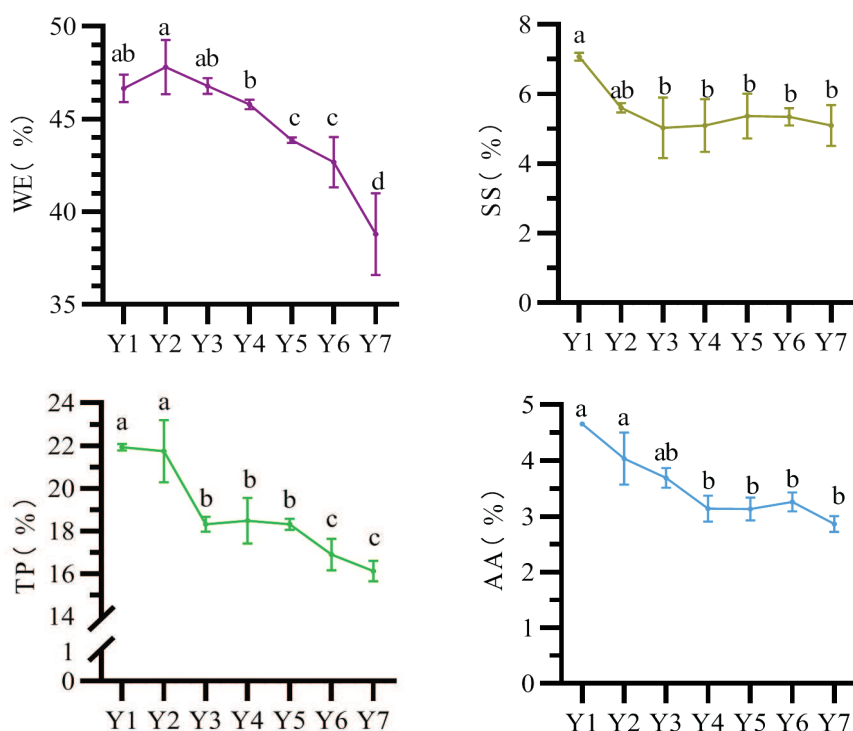


图2 茶样生化成分含量

Fig.2 Biochemical compounds contents in tea samples

注:WE 代表水浸出物;SS 代表可溶性糖;TP 代表茶多酚总量;AA 代表游离氨基酸总量。

Note: WE stands for water extract; SS stands for soluble sugars; TP stands for total tea polyphenols; AA stands for total free amino acids.

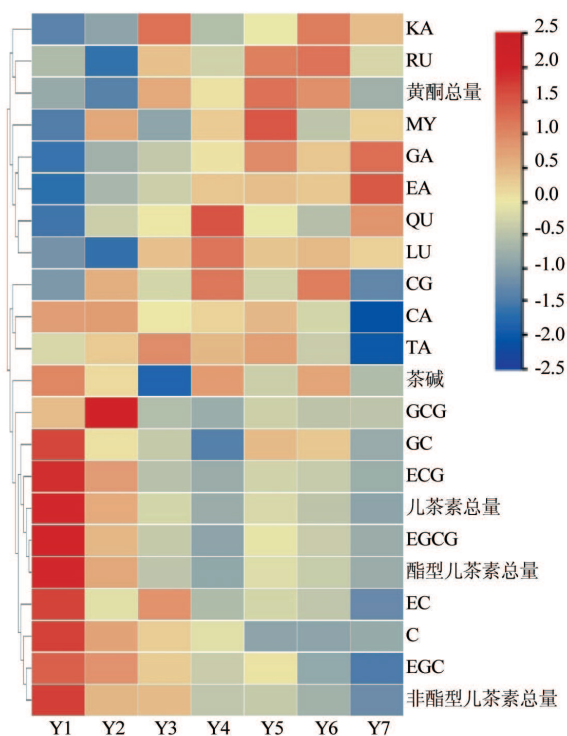


图3 茶多酚组分含量热图

Fig.3 Heat map of tea polyphenolic compositions

茶叶中黄酮醇类化合物具有抗氧化、抗炎及抗肿瘤等保健功效^[32],对茶汤的色泽和口感等品质因素有着一定程度的影响^[33]。黄酮总量在贮藏期间呈上升趋势并在第5年达到最高为3.43 mg/g,在第2~3年增长5.58%,第4~5年增长12.46%。RU贮藏期间呈波动上升,第6年含量为最高,增幅26.60% ($p < 0.05$);TA前6年有小幅增高但无显著性差异,第7年呈显著降低 ($p < 0.05$);MY呈上升趋势并在Y5到最高,增幅14% ($p < 0.05$);QU在Y4达到最高,增幅达100% ($p < 0.05$);LU在贮藏Y1和Y2无显著差异,在Y4显著上升 ($p < 0.05$)。黄酮是具有多种生理活性的保健功能成分,景谷大白茶贮藏期间,RU、MY、QU、LU四种黄酮类含量均显著提高,与福鼎白茶存放期间黄酮类物质增高的研究结果相一致^[31],同时验证了云南大叶白茶具有一定的储藏与保健价值。

茶叶中的生物碱主要有咖啡碱、茶碱等,咖啡碱易溶于热水,饮茶可摄入咖啡碱,进而产生提神醒脑的功效^[34]。CA(35.13~43.1mg/g)在贮藏期间含量逐渐降低,Y7降幅18.45%,茶碱(0.13~0.26 mg/

g)含量在贮藏期间呈波动变化。

EA 已广泛应用于抗炎、抗菌、抗病毒、抗肿瘤等疾病的预防和治疗^[35],EA 在 Y1 中含量较低为 0.64 ± 0.2 mg/g,在贮藏期间逐渐增高,并在 Y7 达最大值 1.38 ± 0.09 mg/g,增幅为 115.62%;GA 具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤等多种生理活性^[36],贮藏期间与 EA 变化趋势一致,Y1 含量为 1.32 mg/g,Y7 达 4.38 mg/g,增幅为 231.82%。

茶汤的甜、鲜爽滋味主要来源于氨基酸,对茶汤口感和香气的形成起着积极作用^[37]。景谷大白茶游离氨基酸含量在 2.86%~4.72% 之间,Y1 (4.65%)和 Y2 (4.72%)游离氨基酸含量显著高于其他茶样($p < 0.05$)。通过 HPLC 测定了 18 种氨基酸含量,结果如图 4,含量变化聚成三类。第一类在 Y2 含量显著上升,增幅排序为 Ser(125.20%)、Met(81.26%)、Ile(73.51%)、Val(41.11%),之后逐渐降低,并在 Y7 降低至与 Y1 相当。第二类的七种氨基酸含量波动变化,但 Y7 含量显著降低,降幅由高到低分别为 Pro (33.81%)、His (27.86%)、Arg (23.90%)、Thr (18.08%)、Tyr (17.48%)、Phe (4.23%)、Leu(4.03%);第三类的 6 种氨基酸,贮藏中含量一直降低,降幅分别为 Glu(68.56%)、茶氨酸(60.42%)、GABA (57.88%)、Asp (45.03%)、Ala (32.72%)、Gly(25.79%)。总的来看,氨基酸总量减少 41.32%,各组分含量均呈现降低,与鲜爽度降低的感官审评结果一致,也与罗周的研究结果相近^[38]。

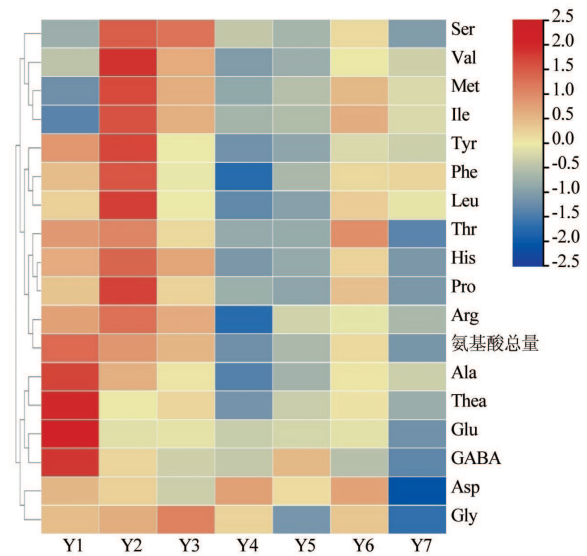


图 4 氨基酸组分热图

Fig.4 Heat map of the amino acids compositions

2.3 贮藏过程中景谷大白茶关键差异滋味化合物分析

2.3.1 贮藏过程中滋味化合物主成分分析和层次聚类分析

为进一步探究贮藏时间对景谷大白茶内含物质的动态变化,对 7 个样品中检测出的 36 种单体物质进行主成分分析和层次聚类分析,如图 5 所示。主成分 1 和主成分 2 分别解释了总方差的 75.90%和 8.38%,揭示了不同贮藏时间样品间的存在显著差异。

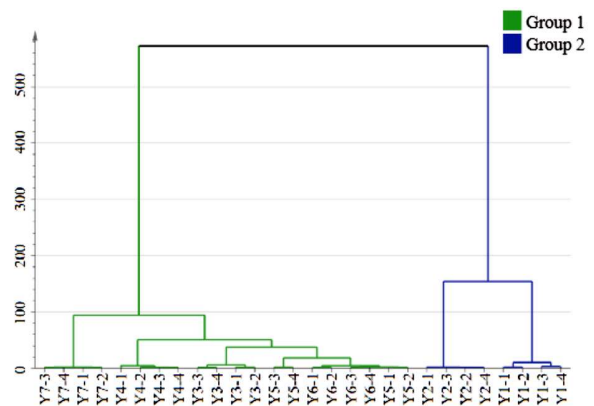
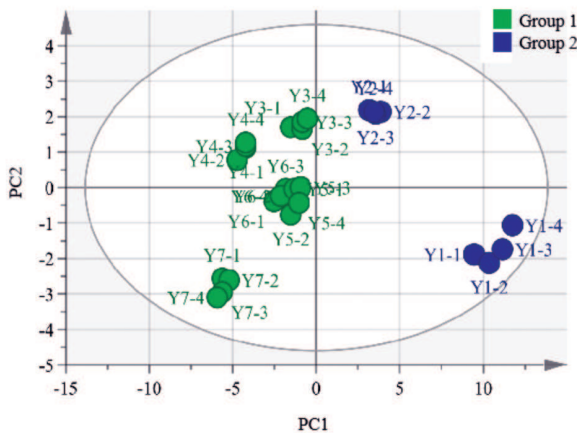


图 5 不同仓储年份景谷大白茶的 PCA 和 HCA

Fig.5 PCA and HCA analyses of Jinggu Big White Tea in different storage years

HCA 结果表明,将所有样品聚类为 2 组,“Y1、Y2”为一组,“Y3、Y4、Y5、Y6、Y7”为二组,二组内 Y7 与其他茶样也存在较为明显的差异,这表明景谷大白茶贮藏 2 年以内和贮藏 2 年以上的样品在化学成分上存在明显差异,并且在贮藏第 7 年的与其他茶样有较大的差异。PCA 表明,Y7 与 Y3、4、5、6 距离较远,进一步验证了以上结果。贮藏时间确实会对景谷大白茶的内含物质产生影响,可将贮藏 1~2 年的定义为新茶;而 3~7 年中第 6~7 年是其变化最大的年份,将 3~6 年定义为新茶向老白茶的过渡期间,贮藏 7 年及以上的茶定义为老白茶。

2.3.2 贮藏过程中化合物的正交偏最小二乘法判

别分析

为了解景谷大白茶贮藏期间的关键差异滋味成分,对测得的 36 种滋味物质的构建了正交偏最小二乘法判别分析(Orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA) 模型,如图 6 所示,验证后模型有效,该模型可反映样本间的相似程度,样本间距离越近表明相似程度越高,反之则相似程度越低。结果表明不同贮藏年份的景谷大白茶在化学成分上存在显著差异。筛选 VIP>1 代表该变量对分类具有重要贡献,共筛选出 CA、EGCG、C、Ser、Thea、EC、ECG、EGC、GA、RU、Asp、GCG 等 12 种化合物(图 7)是景谷大白茶贮藏期间的的关键差异物质。

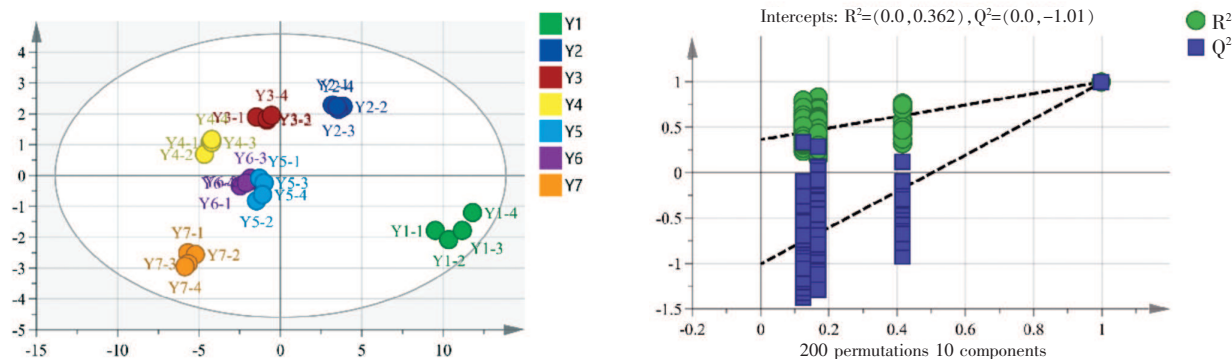


图 6 滋味化合物的 OPLS-DA 模型及验证模型

Fig.6 OPLS-DA model and validation model for flavor compounds

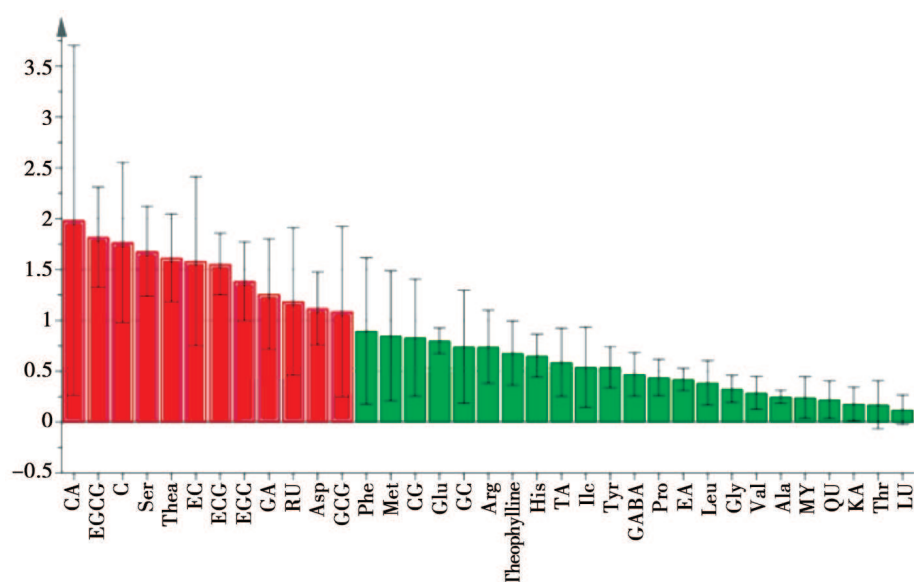


图 7 不同贮藏年份景谷大白茶中滋味化合物 OPLS-DA 模型的 VIP 得分图

Fig.7 VIP scores of OPLS-DA model for flavor compounds in Jinggu Big White Tea in different storage years

2.3.3 贮藏过程中景谷大白茶滋味化合物分析

根据浓度与阈值计算茶样滋味化合物的 TAV 值,测定化合物与茶汤苦、涩、甜、鲜和酸味有关

(图 8)。其中 18 种滋味化合物呈苦味,TAV 值>1 的苦味物质有 CA、ECG、EGCG, 其中 CA 的苦味贡献最大,最高可达 8.62,而 ECG 和 EGCG 在第

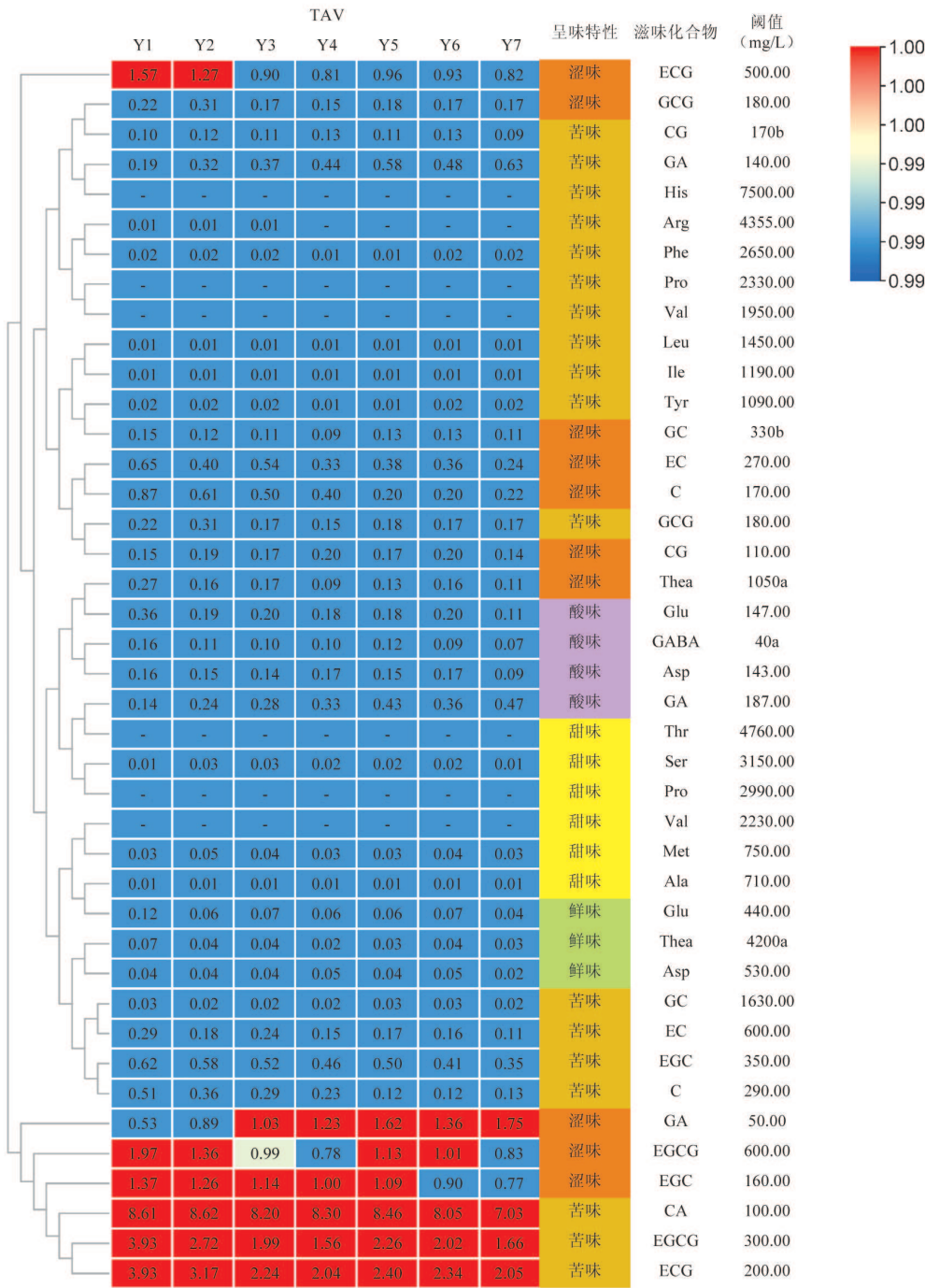


图 8 滋味成分的 TAV 热图

Fig.8 The heat map of taste activity values (TAVs) of flavor components

注: 阈值列未带标记的阈值参考文献^[12]; “a”表明该阈值参考文献^[39]; “b”表明该阈值参考文献^[40]; 阈值的单位统一换算成 mg/L; TAV: 滋味活度值; “-”代表数值低于 0.01。
Note: Thresholds without specific marking are referenced from ^[12]; “a” indicates the threshold reference ^[39]; “b” indicates the threshold reference^[40]; the units of the thresholds are converted uniformly to mg/L; TAV: Taste Activity Value; “-” represents a value lower than 0.01.

一年时苦味 TAV 值均为 3.93, 贮藏过程中 CA、ECG、EGCG 的 TAV 值显著降低, 与感官审评发现苦涩度降低一致。 $0.1 \leq \text{TAV} < 1$ 的苦味物质有 EC、EGC、C、GCG、CG、GA, 其中 GA 随年份的增加苦味贡献度升高, 其它苦味物质贡献值逐渐降低。

EGC、EGCG、ECG、GA 涩味 TAV 值 > 1 , 与茶汤涩度有关。贮藏期间, EGC 的涩味 TAV 值降低至 1 以下(Y5), EGCG 的涩味 TAV 值降低至 1 以下(Y6), ECG 的涩味 TAV 值降低至 1 以下(Y3); 而 GA 的涩味 TAV 值在前 2 年时低于 1, 而后增高至 1.75。 $0.1 \leq \text{TAV} < 1$ 的 7 种成分对涩味有一定的贡献, 但随年份的增加而逐步降低。白茶贮藏期间涩味 TVA 值降低, 与感官审评结果一致。

酸味 TAV 值 $0.1 \leq \text{TAV} < 1$ 的物质为 Glu、GABA、Asp、GA, 它们对酸味起到修饰作用, 其中 GA 随着贮藏年份的增加其酸味贡献值也在升高, 而其他酸味化合物整体呈现波动降低。6 种甜味化合物的 TAV 值都小于 0.1, 对甜味贡献较低, 而谢晨昕等^[41]研究表明白茶中含量较高的糖类化合物为蔗糖、半乳糖醇和果糖等, 今后应当测定这些糖类化合物, 以进一步确定景谷大白茶甜味物质。3 种鲜味化合物中 Thea、Asp 的 TAV 值都小于 0.1, 对鲜味贡献较低, 而 Glu 在第一年 TAV 值 > 0.1 , 其他年份都小于 0.1, 推测白茶的鲜味可能是多种鲜味物质协同效应的结果^[42]。

筛选 TAV > 1 值和 VIP > 1 , 得到景谷大白茶贮藏期间关键滋味物质为 ECG、EGCG、EGC、GA、CA, 其中 CA 对苦味贡献最高且随着贮藏时间的延长的变化不大, 与前人发现的 CA 是云南白茶苦味贡献度最高^[43]以及在贮藏期间 CA 变化不大的结论相一致^[3]。结合感官审评表明在贮藏期间的苦味的一定升高, 推测是由于呈鲜甜等的滋味成分降低, 最主要的苦味关键成分 CA 变化不大, 而导致苦味更为突显。在李家锋等^[43]的研究中云南白茶中 EGCG、ECG、EGC、EC、CA、Thea、Asp、Glu 是构成滋味物质的关键成分, 与其略有差异的是 ECG 和 EGCG 在贮藏期间是对苦、涩味的形成都起到重要作用, 而 EC、Thea、Asp、Glu 主要起到修饰作用, 可能是由于生产工艺或者生产品种不同等原因所致。总而言之, 茶汤的滋味是多种滋味化合物共同作用的结果, 而其他未检测的滋味成分也可能是构成景谷大白茶滋味的关键成分,

因此茶汤滋味物质有待进一步深入研究。

3 结论

研究发现景谷大白茶贮藏过程中, 香气由花香、甜香向陈香转变, 第五年后, 香气以陈香为主; 滋味由鲜甜逐步向醇和转变。通过 PCA 和 HCA 揭示出景谷大白茶贮藏过程中第 2~3 年是茶叶化学成分变化的重要转折点, 可以将贮藏 1~2 年的定义为新茶; 而 3~7 年中第 6~7 年是其变化最大的年份, 可以将 3~6 年定义为新茶向老白茶的过渡期间, 贮藏 7 年及以上的茶定义为老白茶。

研究筛选出鉴别景谷大白茶仓储年份的 5 种关键差异滋味物质成分: ECG、EGCG、EGC、GA、CA, 揭示了景谷大白茶贮藏 1 至 7 年内的品质特征、理化成分变化及其滋味的变化, 并从理化成分的角度区分出了新茶、贮藏中的茶和老白茶。研究揭示了景谷大白茶贮藏期间的滋味、内含成分与风味的变化, 为进一步研究景谷大白茶贮藏机理提供了理论数据。

参考文献:

- [1] 梅宇, 张翔. 2022 年中国茶叶生产与内销形势分析 [J]. 中国茶叶, 2023, 45(4): 25-30.
- [2] 陆传坤. 景谷大白茶产业发展现状及对策探讨 [J]. 南方农业, 2023, 17(6): 169-171.
- [3] 沈晴, 陈晓丹, 李丹. 不同陈化期白茶品质成分及其抗氧化作用比较研究 [J]. 广东茶业, 2022(1): 8-12.
- [4] DAI W, TAN J, LU M, et al. Metabolomics investigation reveals That 8-CN-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.
- [5] LI X, LIU G, ZHANG W, et al. Novel flavoalkaloids from white tea with inhibitory activity against the formation of advanced glycation end products [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(18): 4621-4629.
- [6] MENG X H, ZHU H T, YAN H, et al. C-8 N-Ethyl-2-pyrrolidinone-substituted flavan-3-ols from the leaves of *Camellia sinensis* var. *pubilimba* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(27): 7150-7155.
- [7] FAN F, HUANG C, TONG Y, et al. Widely targeted metabolomics analysis of white peony teas with different storage time and association with sensory attributes [J]. Food Chemistry, 2021, 362: 130257.
- [8] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution,

- and omission experiments [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13): 5377–5384.
- [9] 徐文平. 四川绿茶苦涩味偏重成因分析及降低苦涩味技术研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.
- [10] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [11] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用 [J]. 中国调味品, 2001(1): 19–22.
- [12] 里奥·范海默特. 化合物嗅觉阈值汇编 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [13] ROTZOLL N, DUNKEL R, HOFMANN T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 57(4): 2705–2711.
- [14] 全国茶叶标准化技术委员会. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [15] 全国茶叶标准化技术委员会. 茶水浸出物测定: GB/T 8305—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [16] 全国茶叶标准化技术委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313—2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [17] 全国茶叶标准化技术委员会. 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, 2013.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 刘伟, 张群, 李志坚, 等. 不同品种黄花草游游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析 [J]. 食品科学, 2019, 40(10): 243–250.
- [22] 陆锦时, 谭和平. 绿茶贮藏过程主要品质化学成分的变化特点[J]. 西南农业学报, 1994(z1): 77.
- [23] 刘琳燕, 周子维, 邓慧莉, 等. 不同年份白茶的香气成分[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2015, 44(1): 27–33.
- [24] WANG Z, WANG Z, DAI H, et al. Identification of characteristic aroma and bacteria related to aroma evolution during long-term storage of compressed white tea [J]. Frontiers in Nutrition, 2022(9): 1092048.
- [25] 陆泽文. 不同产地及贮藏时间白茶品质差异研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2023.
- [26] 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(2): 150–158.
- [27] ALASALVAR C, TOPAL B, SERPEN A, et al. Flavor characteristics of seven grades of black tea produced in Turkey [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(25): 6323–6332.
- [28] ANANINGSIH V K, SHARMA A, ZHOU W. Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection [J]. Food Research International, 2013, 50(2): 469–479.
- [29] 赵文净, 张倩灵, 薛骏轶, 等. 储藏时间对贡眉白茶主要内含成分及抗氧化活性的影响 [J]. 食品工业, 2023, 44(11): 17–20.
- [30] 詹冬梅, 傅海峰, 周承哲, 等. 贮藏年份及压饼方式对寿眉风味品质的影响 [J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(5): 81–89.
- [31] 周琼琼, 孙威江, 叶艳, 等. 不同年份白茶的主要生化成分分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 351–354, 359.
- [32] 苏圆圆, 王雪艳, 李成林, 等. 中药中黄酮类化合物的药理药效研究进展[J]. 中兽医医药杂志, 2023, 42(6): 42–46.
- [33] CUI Y, LAI G, WEN M, et al. Identification of low-molecular-weight color contributors of black tea infusion by metabolomics analysis based on UV-visible spectroscopy and mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2022, 386: 132788.
- [34] WANG C, HAN J, PU Y, et al. Tea (*Camellia sinensis*): A review of nutritional composition, potential applications, and omics research[J]. Applied Sciences, 2022, 12(12): 5874.
- [35] 陈攻伶, 勾玲, 卢海啸. 鞣花酸药理作用研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2023, 25(1): 196–202.
- [36] 郭晓丹, 宋京九, 王东, 等. 没食子酸及其衍生物的生理活性及研究现状[J]. 化学世界, 2020, 61(9): 585–593.
- [37] 戴伟东, 解东超, 林智. 白茶功能性成分及保健功效研究进展[J]. 中国茶叶, 2021, 43(4): 1–8.
- [38] 罗舟. 白茶陈化品质及初制后期工艺优化研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [39] 张英娜. 绿茶茶汤主要儿茶素呈味特性研究 [D]. 杭州: 中国农业科学院, 2016.
- [40] 毛世红. 基于风味组学的工夫红茶品质分析与控制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [41] 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(8): 302–310.
- [42] 周峰, 柯家平, 姜宗德, 等. 茶叶滋味成分研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2023(4): 15–21.
- [43] 李家锋, 李国萍, 欧阳建, 等. 盈江大理种芽孢茶感官品质及滋味化学成分分析 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(16): 339–347.