

# 不同茶树品种及干燥方式的滇红工夫茶 贮藏品质差异分析

任玲<sup>1</sup>, 杨雪怡<sup>1</sup>, 黄媛<sup>2</sup>, 于娟<sup>2</sup>, 李金月<sup>1</sup>, 肖云彪<sup>1</sup>, 周红杰<sup>1</sup>, 李亚莉<sup>1\*</sup>

(1. 云南农业大学茶学院, 云南昆明 650201) (2. 滇西应用技术大学普洱茶学院, 云南普洱 665000)

**摘要:** 以佛香、云抗10号、云茶红3个茶树品种所制红茶为研究对象, 分别采用烘干和晒干加工方式, 检测贮藏过程中(0、6、12个月)内含成分并进行感官审评, 探究不同茶树品种不同干燥方式工夫红茶贮藏过程中的品质差异。结果表明, 红茶水分和水浸出物贮藏0~6个月含量均降低, 贮藏6~12个月均升高; 酚氨比、茶黄素和茶多酚贮藏0~6个月含量均升高, 贮藏6~12个月均降低。烘干红茶在贮藏过程中感官品质优于晒干红茶, 贮藏12个月的云茶红品种鲜叶所制烘干红茶感官品质最好。在红茶贮藏滋味物质形成的调节作用中, 水分、水浸出物、茶多酚和茶黄素对滋味物质形成的调节作用受品种以及干燥方式的影响较大。主成分分析表明, 贮藏12个月的云抗10号品种鲜叶所制烘干红茶内质综合排名第一。多元回归分析表明, 水分、水浸出物、可溶性糖和茶褐素能显著预测红茶贮藏一年中品质的变化。茶树品种和干燥方式对红茶贮藏品质有明显差异, 该研究为滇红工夫茶的加工和贮藏提供理论依据。

**关键词:** 红茶; 贮藏; 晒干; 烘干; 茶树品种

文章编号: 1673-9078(2025)04-216-229

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.4.0187

## Analysis of Storage Quality Differences in Yunnan Black Tea among Different Tea Tree Cultivars and Drying Methods

REN Ling<sup>1</sup>, YANG Xueyi<sup>1</sup>, HUANG Yuan<sup>2</sup>, YU Juan<sup>2</sup>, LI Jinyue<sup>1</sup>, XIAO Yunbiao<sup>1</sup>, ZHOU Hongjie<sup>1</sup>, LI Yali<sup>1\*</sup>

(1. College of Tea Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2. College of Pu-erh tea, West Yunnan University of Applied Sciences, Puer 665000, China)

**Abstract:** The black tea produced from three tea tree cultivars, namely Foxiang, Yunkang No.10, and Yunchahong, were used as research objects. Storage quality differences were evaluated under two drying methods (oven-drying and sun-drying) and three storage durations (0, 6, and 12 months). Key internal components were analyzed, and sensory evaluation was conducted to explore the quality differences between Congou black tea produced from different tea tree cultivars and under different drying methods and storage durations. The results showed that the moisture content and water extract content

引文格式:

任玲, 杨雪怡, 黄媛, 等. 不同茶树品种及干燥方式的滇红工夫茶贮藏品质差异分析[J]. 现代食品科技, 2025, 41(4): 216-229.

REN Ling, YANG Xueyi, HUANG Yuan, et al. Analysis of storage quality differences in Yunnan black tea among different tea tree cultivars and drying methods [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(4): 216-229.

收稿日期: 2024-02-13

基金项目: 云岭产业技术领军人才(发改委[2014]1782); 云南农业大学第十六届学生科技创新创业行动基金项目(2023Y0772); 云南省科协院士专家工作站: 南涧彝族自治县茶叶工作站—李亚莉专家工作站

作者简介: 任玲(1998-), 女, 硕士, 研究方向: 制茶工程与品质化学, E-mail: 3252472221@qq.com

通讯作者: 李亚莉(1976-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 茶叶加工与文化传播, E-mail: 595778901@qq.com

of black tea decreased during 0~6 months and increased from 6 to 12 months of storage. The content of phenol ammonia ratio, theaflavins, and tea polyphenols increased during 0~6 months of storage but decreased thereafter. Oven-dried black tea demonstrated better quality than sun-dried black tea during storage, and the sensory quality of dried black tea made from fresh leaves of Yunchahong stored for 12 months was the best. The regulatory effects of moisture, water extracts, tea polyphenols, and theaflavins on the formation of flavor substances in black tea during storage are greatly influenced by cultivars and drying methods. Principal component analysis showed that the dried black tea from the fresh leaves of the Yunkang No.10 cultivar stored for 12 months ranked first in terms of overall internal quality. Multiple regression analysis showed that water content, water extracts, soluble sugars, and flavins could significantly predict the quality changes of black tea during one year of storage. These findings highlight significant differences in storage quality attributable to the tea cultivar and drying method, providing a theoretical basis for the processing and storage of Dianhong Congou tea.

**Key words:** black tea; storage; sun-drying; oven-drying; tea tree cultivars

滇红是云南红茶的统称，原产于云南凤庆，是我国第一款以大叶种为原料制成的红茶<sup>[1]</sup>。滇红外形条索肥硕紧实，色泽乌润，金毫突显，汤色红艳，滋味浓厚，香气馥郁，叶底红匀嫩亮，且富有刺激性，其品质可以和斯里兰卡、印度红茶相媲美<sup>[2]</sup>。云南地处热带向亚热带过渡区域，雨量充沛，气温较高，地形地貌错综复杂，孕育了丰富的茶树种质资源<sup>[3,4]</sup>。茶叶品质与茶树品种和加工工艺密切相关，成茶的品质因品种间生化差异而不同，不同的加工工艺促使生化成分含量发生一定的规律性变化。优质的茶叶是优良的茶树品种在科学的加工工艺共同作用下相互协调形成的<sup>[5-8]</sup>。蔡烈伟<sup>[9]</sup>比较了黄金桂、铁观音、金萱、梅占4种茶树品种鲜叶加工制成的红茶，发现黄金桂品种鲜叶制成的花香红茶感官品质最好。采用木兰1号、长叶白毫、矮丰及云瑰4个品种制作的滇红茶具有茶多酚、儿茶素、水浸出物、茶黄素、茶红素含量高的特点<sup>[10]</sup>。干燥是红茶加工中的最后一道工序，通过高温终止酶活性，使茶叶停止发酵，该过程伴随着芳香物质的转化、生成与损失，氨基酸与糖类经过美拉德反应，产生大量的吡咯类、呋喃类、吡嗪类化合物等物质，如 $\beta$ -紫罗兰酮和茶螺酮，从而形成红茶的香气特征<sup>[11-15]</sup>。目前已有电炒锅、链板式热风、箱式热风、滚筒式滚炒、微波、日光、真空和冷冻等干燥技术应用于红茶干燥工艺<sup>[16-19]</sup>。吕世懂<sup>[20]</sup>研究了云南晒青红茶与烘青红茶香气成分，发现传统的红茶都是高温干燥烘焙，晒青红茶和以往的烘青红茶干燥方式的不同，使得它们在品质上也呈现出一些差异。例如烘青红茶由于高温使得茶叶内在物质失去活性，这些物质不能继续进行氧化和聚合。晒青红茶经太阳晒

干或低温干燥，未失活的茶叶内含物可以在存放期间进一步转化。前人对红茶品质的研究主要集中于茶树品种以及干燥方式，对于茶树品种以及干燥方式在贮藏过程中品质变化分析的研究较少。本研究以不同品种的云南大叶种茶树鲜叶为原料，通过烘干和晒干两种干燥工艺制作红茶并存储一年，每6个月进行一次感官审评和理化检测，采用主成分分析、聚类分析和多元回归分析等方法，探究不同茶树品种在红茶贮藏过程中的品质变化，揭示干燥方式对红茶品质的影响，为滇红茶的加工和仓储提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鲜叶均采自云南省大理博南山茶业有限公司茶叶生产基地，采摘时间为2022年9月，品种为佛香、云抗10号、云茶红，鲜叶等级为一芽二叶。蒽酮，国药集团化学试剂有限公司；茛三酮，北京百奥莱博科技有限公司；三氯化铝，天津市风船化学试剂科技有限公司；氯化亚锡，天津市风船化学试剂科技有限公司；草酸，广东光华科技股份有限公司；碳酸钠，广东光华科技股份有限公司；十二水磷酸氢二钠，广东光华科技股份有限公司；磷酸二氢钾，天津市风船化学试剂科技有限公司；碱式醋酸铅，天津市风船化学试剂科技有限公司；甲醇，天津市富宇精细化工有限公司； $\rho=95\%$ 乙醇，广东光华科技股份有限公司；乙酸乙酯，广东光华科技股份有限公司；正丁醇，广东光华科技股份有限公司；浓硫酸，重庆川东化工（集团）有限公司；浓盐酸，重庆川东化工

(集团)有限公司;以上试剂均为分析纯。福林酚(纯度 $\geq 99\%$ ),上海源叶生物科技有限公司;L-谷氨酸(纯度 $\geq 99\%$ ),上海源叶生物科技有限公司;咖啡碱(纯度 $\geq 98\%$ ),海岸鸿蒙标准物质技术有限责任公司。

## 1.2 仪器与设备

DRHH-S6 数显恒温水浴锅,上海双捷实验设备有限公司;AR1140 电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;UV5100H 紫外可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;SAGA-10TF 型实验室超纯水器,上海双捷实验设备有限公司;移液枪,大龙医疗设备有限公司;SHZ-D(III)循环水式真空泵,子华仪器有限责任公司;KS-250D 型超声波清洗机,宁波海曙科超声设备公司;6CRP-55 型揉捻机,普洱合力茶业机械有限责任公司;6CH941-I 型茶叶烘培机,浙江上洋机械股份有限公司;6CHFJ-10B 型红茶发酵机,浙江上洋机械股份有限公司。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 工艺流程

萎凋(室内自然萎凋,温度 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度 $60\%\sim 70\%$ ,叶形皱缩,叶质柔软,嫩梗萎软,曲折不断,青草气减退,透发清香,即可结束萎凋)→揉捻(先轻揉,待揉出部分茶汁后重揉 $10\text{ min}$ ,抖散后再轻揉,再解块抖散,直到茶汁溢出且茶叶成条索状,揉捻时间 $1\text{ h}$ )→发酵(发酵机发酵,温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度 $90\%$ ,每 $20\text{ min}$ 换气 $1$ 次;当叶色红变呈黄红色,散发出清香或花果香时即可结束发酵)→干燥(①烘箱干燥,先用 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温毛火 $20\text{ min}$ ,再用 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 足火 $2\text{ h}$ ,烘至手捻茶叶成粉状即可;②日光干燥,利用自然日光晒干,气温 $28\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,总干燥时间 $10\text{ h}$ ,晒至手捻茶叶成粉状即可)。

### 1.3.2 茶样处理

将3个茶树品种及2种干燥方式的茶样进行编号用牛皮纸袋(每袋 $100\text{ g}$ )密封包装,于室内避光自然存放,间隔6个月进行一次理化成分检测与感官审评(表1)。贮藏地点:昆明,贮藏当年年平均气温 $12\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年平均相对湿度 $72.5\%$ 。

表1 茶样信息

品种	贮藏时间/月	干燥方式	茶样编号
佛香	0	烘干	H-F-0
	6	烘干	H-F-6
	12	烘干	H-F-12
	0	晒干	S-F-0
	6	晒干	S-F-6
	12	晒干	S-F-12
云抗10号	0	烘干	H-YK-0
	6	烘干	H-YK-6
	12	烘干	H-YK-12
	0	晒干	S-YK-0
	6	晒干	S-YK-6
	12	晒干	S-YK-12
云茶红	0	烘干	H-YC-0
	6	烘干	H-YC-6
	12	烘干	H-YC-12
	0	晒干	S-YC-0
	6	晒干	S-YC-6
	12	晒干	S-YC-12

注:牛皮纸袋采用外层哑光BOPP膜+食品用牛皮纸+内衬为铝箔材质三层复合,规格: $20\times 30\times 5\text{ cm}$ 。

### 1.3.3 理化成分检测

水分测定参考《茶水分测定》(GB/T 8304-2013)快速法<sup>[21]</sup>,水浸出物含量测定参考《茶水浸出物测定》(GB/T 8305-2013)<sup>[22]</sup>,咖啡碱含量测定参考《茶咖啡碱的测定》(GB/T 8312-2013)<sup>[23]</sup>,茶多酚含量测定参考《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》(GB/T 8313-2018)<sup>[24]</sup>,氨基酸含量测定参考《茶游离氨基酸总量的测定》(GB/T 8314-2013)茚三酮比色法<sup>[25]</sup>,可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[26]</sup>,黄酮类物质采用三氯化铝比色法,茶色素含量测定采用系统分析法测定。

### 1.3.4 感官审评

感官审评参考国家标准《茶叶感官审评方法》(GB/T 23776-2018)<sup>[27]</sup>和《茶叶感官审评术语》(GB/T 14487-2017)<sup>[28]</sup>,茶汤的制备按照标准要求取有代表性的茶样 $3\text{ g}$ ,茶水比 $1:50$ ,使用 $150\text{ mL}$ 审评杯,沸水加盖冲泡 $5\text{ min}$ ,依次滤出茶汤,按

照外形(25%)、汤色(10%)、香气(25%)、滋味(30%)、叶底(10%)逐项评价。

#### 1.4 数据处理

理化成分进行3次测定求平均值,数据统计使用Excel 2021分析,利用IBM SPSS 23.0和Origin 2021进行多重比较分析、主成分分析、聚类分析、相关性分析及多元回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 工夫红茶贮藏过程中的感官品质变化

感官审评结果如表2、3、4所示。可以看出,同一茶树品种不同干燥方式加工的工夫红茶感官品质差异明显,烘干红茶感官品质优于晒干红茶。其中,3个茶树品种经烘干制成的工夫红茶在香气、滋味和叶底的感官审评得分均高于采用晒干工艺制成的工夫红茶。源于烘干过程温度较高,在高温作用下氨基酸与糖发生的美拉德反应,导致红茶氨基酸含量降低,进一步发生酶促氧化茶多酚减少,促进茶黄素、茶红素、茶褐素成分的形成,利于红茶品质的提升<sup>[29,30]</sup>。烘干红茶的香气以花香、果香及乳香为主,而晒干红茶的香气主要以日晒味为主。烘干的云茶红工夫红茶(H-YC)感官品质在一年的贮藏过程中品质逐步提升,综合感官得分提高了0.4~1.4分,得分分别为88.6、89.0、90.0;烘干的佛香工夫红茶(H-F)和云抗10号工夫红茶(H-YK)感官品质在一年的贮藏过程中品质变化不明显,综合感官得分变化范围为0.2~0.4分和-0.1~0.3分,H-F得分分别为88.9、89.3、89.1,H-YK得分分别为89.6、89.5、89.9。晒干的云茶红工夫红茶(S-YC)感官品质在一年的贮藏过程中品质变化不明显,综合感官得分变化范围为0~0.2分,得分分别为87.0、87.0、87.2;晒干的云抗10号工夫红茶(S-YK)感官品质在一年的贮藏过程中品质先下降后上升,综合感官得分变化范围为-0.2~0.9分,得分分别为85.8、85.6、86.7;晒干的佛香工夫红茶(S-F)感官品质在一年的贮藏过程中品质有所下降,综合感官得分下降了0.7~0.9分,得分分别为86.6、85.9、85.7。H-F、H-YK和S-YC在一年的贮藏过程中感官品质变化小,宋振硕等<sup>[22]</sup>研究发现花果香红茶室温贮藏1年后仍基本保持花果香品质特

征。烘干红茶感官品质优于晒干红茶,表明红茶的感官品质在贮藏过程中受干燥方式的影响大于茶树品种的影响。红茶在贮藏过程中,感官品质特征随贮藏时间发生明显改变<sup>[31,32]</sup>。

### 2.2 工夫红茶贮藏过程中生化成分的描述性统计分析

对18份茶样的11个生化成分进行统计分析。如表5所示,水浸出物含量40.42%~48.17%,平均含量为44.79%;黄酮含量4.98~10.10 mg/g,平均含量为7.65 mg/g;可溶性糖含量2.27%~3.22%,平均含量为2.82%;氨基酸含量3.48%~4.63%,平均含量为4.03%;咖啡碱含量3.43%~4.79%,平均含量为4.10%;酚氨比含量3.08~5.11,平均含量为3.95。如表6所示,茶黄素含量0.12%~0.44%,平均含量为0.29%;茶红素含量5.28%~9.45%,平均含量为7.38%;茶褐素含量6.77%~9.32%,平均含量为8.04%。茶多酚含量12.15%~21.98%,平均含量为15.91%,茶多酚是形成红茶品质的重要物质,也是构成茶汤苦涩味的主要成分<sup>[31-33]</sup>。H-YK和S-YK的含量均高于H-F、H-YC、S-F和S-YC,表明在红茶贮藏过程中茶树品种对茶多酚含量的影响较大。水分含量6.88%~9.14%,平均含量为8.15%,水分含量是影响茶叶贮藏品质的重要因素,大多数生化成分和感官品质都会随着水分的变化而变化<sup>[34]</sup>。茶叶贮藏过程中水分含量小于6%时,能够防止茶叶氧化劣变,保持茶叶的品质;当水分含量大于12%时,则会发生霉变,严重影响茶叶的品质<sup>[34,35]</sup>。采用烘干制成的工夫红茶的水分含量均低于采用晒干制成的工夫红茶,表明在红茶贮藏过程中干燥方式对水分含量的影响较大。有研究发现<sup>[35,36]</sup>,在1年贮藏期内,工夫红茶初始水分含量越低,含水率增长速度越快,含水率越高,茶叶品质劣变速度越快,茶汤的浓强度和鲜爽度也随之下落,本研究的感官审评结果也表现该变化趋势。10个品质指标的变异系数为5.28%~37.43%,变异系数由高到低排序为37.43%(茶黄素)、18.21%(黄酮)、18.01(酚氨比)、17.80%(茶红素)、10.51%(咖啡碱)、10.28%(可溶性糖)、9.85%(茶褐素)、9.20%(水分)、8.14%(氨基酸)、5.28%(水浸出物),表明茶黄素在红茶贮藏过程中受茶树品种和干燥方式的影响最大,其次是黄酮,水浸出物所受的影响最小。

表 2 工夫红茶贮藏过程中的感官审评结果 (佛香)  
Table 2 Sensory evaluation results of Congou black tea during storage (Fo Xiang)



















佛香	H-F-0	H-F-6	H-F-12	S-F-0	S-F-6	S-F-12
外形	条索紧结, 棕红带毫 (86)	条索紧结, 棕红带毫 (87)	条索紧结, 棕红带毫 (87.5)	条索较紧实, 棕红带毫 (85)	条索较紧实, 棕红显毫 (86)	条索较紧实, 棕红显毫 (86)
汤色	橙红明亮 (-) (90)	红亮, 带金圈 (90.5)	红明亮 (-), 带金圈 (90)	橙红明亮 (91)	橙红明亮 (90)	浅红明亮 (89)
评语	浓郁高扬 (91)	浓郁高扬, 果香带花香 (91.5)	浓郁高扬, 花果香 (90.5)	油脂味强 (87)	油脂味强 (86)	油脂味强 (85)
滋味	甜醇回甘 (89)	甜醇回甘 (89)	甜醇回甘 (89)	较浓醇 (86)	较浓醇带油脂味 (84)	较浓醇带日晒味 (84.5)
叶底	棕红, 较软亮 (89)	棕红, 较软亮 (89)	棕红, 较软亮 (89)	棕红, 较软 (-) 亮 (87)	棕红, 较软 (-) 亮 (87)	棕红, 较软 (-) 亮 (87)
得分	88.9	89.3	89.1	86.6	85.9	85.7
干茶						
茶汤						
叶底						

表 3 工夫红茶贮藏过程中的感官审评结果 (云抗10号)

Table 3 Sensory evaluation results during the storage process of Congou black tea (Yunkang No.10)

云抗 10号	H-YK-0	H-YK-6	H-YK-12	S-YK-0	S-YK-6	S-YK-12
外形	条索紧结, 乌黑较润带毫 (87)	条索紧结, 乌黑油润显毫 (87.5)	条索紧结, 乌黑油润显毫 (88)	条索紧结稍弯, 棕黑尚润带毫 (86)	条索紧结稍弯, 棕黑尚润带毫 (86.5)	条索紧结稍弯, 棕黑尚润带毫 (86.5)
汤色	橙红明亮 (+) (92)	橙红明亮 (+) (91.5)	红明亮 (91)	橙红明亮 (-) (90)	橙红明亮 (-) (89)	橙红明亮 (-) (89.5)
香气	浓郁, 花草香 (90)	浓郁 (90)	果香较浓郁 (91)	日晒味 (87)	日晒味, 带果香 (87.5)	日晒味, 带果香 (87.5)
滋味	浓厚回甘 (91)	浓厚回甘 (90.5)	浓厚回甘 (90.5)	较浓 (83)	较浓 (82)	较甜醇 (85)
叶底	棕红, 较软亮 (88)	棕红, 较软亮 (88)	棕红, 软亮 (89)	棕红, 较软 (-) 亮 (86)	棕红, 较软 (-) 亮 (86)	棕红, 较软亮 (87.5)
得分	89.6	89.5	89.9	85.8	85.6	86.7
干茶						
茶汤						
叶底						

表 4 工夫红茶贮藏过程中的感官审评结果 (云茶红)

Table 4 Sensory evaluation results during the storage process of Congou black tea (Yun Cha black)






云茶红	H-YC-0	H-YC-6	H-YC-12	S-YC-0	S-YC-6	S-YC-12
外形	条索紧结, 棕红带毫, 尚匀 (86)	条索紧结, 棕红带毫, 尚匀 (86)	条索紧结, 棕红带毫 (86.5)	条索紧结, 棕红尚润 (85.5)	条索紧结, 棕红尚润 (85.5)	条索紧结, 棕红 (85.5)
汤色	橙红 (+) 明亮 (91)	橙红明亮 (90)	红明亮, 带金圈 (91.5)	橙红 (-) 明亮 (90)	橙红明亮 (-) (89)	浅红明亮 (89)
评语	浓郁 (89)	浓郁带乳香 (90)	馥郁带乳香 (92)	浓郁 (88)	浓郁带果香 (88.5)	浓郁带果香 (88)
滋味	浓厚 (90)	浓厚 (91)	浓厚 (91.5)	较甜醇 (87)	较甜醇 (87)	较甜醇 (87)
叶底	棕红 (+) 透青, 较软亮 (87)	棕红 (+) 透青, 较软亮 (87)	棕红 (+) 透青, 较软亮 (88)	棕红透青, 较软亮 (85)	棕红透青, 较软亮 (85)	棕红透青, 较软亮 (88)
得分	88.6	89.0	90.0	87.0	87.0	87.2
干茶						
茶汤						
叶底						

表 5 工夫红茶贮藏过程中的生化成分统计分析

Table 5 Statistical analysis of biochemical components during the storage process of Congou black tea

品种	茶样编号	水分/%	水浸出物/%	黄酮/(mg/g)	可溶性糖/%	茶多酚/%	氨基酸/%	咖啡碱/%	酚氨比
佛香	H-F-0	7.83 ± 0.08	44.27 ± 0.73	5.39 ± 0.20	3.09 ± 0.10	12.79 ± 0.21	4.14 ± 0.04	4.53 ± 0.10	3.08 ± 0.07
	H-F-6	7.57 ± 0.05	40.42 ± 0.23	7.76 ± 0.05	3.22 ± 0.12	13.81 ± 0.04	4.11 ± 0.06	4.45 ± 0.10	3.36 ± 0.04
	H-F-12	8.43 ± 0.02	44.03 ± 0.69	7.27 ± 0.04	3.05 ± 0.03	13.63 ± 0.11	4.37 ± 0.07	3.84 ± 0.04	3.12 ± 0.02
	S-F-0	8.96 ± 0.03	44.96 ± 0.85	4.98 ± 0.02	3.11 ± 0.07	13.23 ± 0.11	3.48 ± 0.04	4.34 ± 0.03	3.81 ± 0.08
	S-F-6	8.24 ± 0.07	40.48 ± 0.20	8.01 ± 0.07	2.64 ± 0.10	13.51 ± 0.29	3.74 ± 0.11	4.05 ± 0.01	3.62 ± 0.16
	S-F-12	9.11 ± 0.06	44.27 ± 0.52	7.79 ± 0.03	2.37 ± 0.14	12.15 ± 0.11	3.94 ± 0.12	3.74 ± 0.06	3.09 ± 0.12
云抗 10号	H-YK-0	6.94 ± 0.01	48.17 ± 0.59	7.21 ± 0.26	2.56 ± 0.07	19.51 ± 0.21	3.92 ± 0.02	4.56 ± 0.03	4.98 ± 0.04
	H-YK-6	6.88 ± 0.00	45.01 ± 0.25	8.45 ± 0.16	2.59 ± 0.04	21.98 ± 0.40	4.35 ± 0.06	4.45 ± 0.04	5.05 ± 0.09
	H-YK-12	8.17 ± 0.05	48.04 ± 0.78	10.10 ± 0.07	2.86 ± 0.18	21.08 ± 0.04	4.63 ± 0.08	3.79 ± 0.08	4.55 ± 0.07
	S-YK-0	8.46 ± 0.04	47.66 ± 0.59	6.24 ± 0.02	2.69 ± 0.06	18.96 ± 0.01	3.82 ± 0.05	4.77 ± 0.03	4.96 ± 0.07
	S-YK-6	8.26 ± 0.06	45.35 ± 0.04	9.20 ± 0.09	2.45 ± 0.06	20.86 ± 0.47	4.08 ± 0.11	3.86 ± 0.01	5.11 ± 0.10
S-YK-12	9.07 ± 0.06	47.63 ± 0.55	9.41 ± 0.10	2.78 ± 0.10	18.84 ± 0.14	4.46 ± 0.07	3.72 ± 0.03	4.23 ± 0.09	
云茶 红	H-YC-0	7.20 ± 0.05	45.08 ± 0.15	6.14 ± 0.07	2.91 ± 0.06	14.57 ± 0.17	3.96 ± 0.05	4.34 ± 0.05	3.68 ± 0.07
	H-YC-6	7.12 ± 0.06	41.60 ± 1.06	8.38 ± 0.05	3.04 ± 0.13	15.03 ± 0.42	3.62 ± 0.02	3.99 ± 0.07	4.15 ± 0.12
	H-YC-12	8.19 ± 0.10	44.70 ± 0.73	8.69 ± 0.08	2.27 ± 0.06	13.38 ± 0.14	4.29 ± 0.03	3.43 ± 0.03	3.12 ± 0.03
	S-YC-0	9.14 ± 0.04	46.60 ± 0.66	6.07 ± 0.17	3.09 ± 0.09	13.74 ± 0.30	3.49 ± 0.07	4.79 ± 0.04	3.94 ± 0.02
	S-YC-6	8.05 ± 0.02	42.95 ± 0.32	8.41 ± 0.06	3.03 ± 0.07	14.99 ± 0.29	3.86 ± 0.15	3.63 ± 0.10	3.89 ± 0.22
S-YC-12	9.04 ± 0.03	45.07 ± 0.84	8.20 ± 0.08	2.98 ± 0.05	14.30 ± 0.09	4.21 ± 0.09	3.48 ± 0.03	3.40 ± 0.07	
最大值		9.14	48.17	10.10	3.22	21.98	4.63	4.79	5.11
最小值		6.88	40.42	4.98	2.27	12.15	3.48	3.43	3.08
均值 ± 标准偏差		8.15 ± 0.75	44.79 ± 2.37	7.65 ± 1.39	2.82 ± 0.29	15.91 ± 3.22	4.03 ± 0.33	4.10 ± 0.43	3.95 ± 0.71
变异系数/%		9.20	5.28	18.21	10.28	20.23	8.14	10.51	18.01

### 2.3 工夫红茶贮藏过程中滋味物质的变化分析

如图 1 所示, 采用烘干制作并贮藏的工夫红茶可将其分为 0~6 个月和 6~12 个月 2 大类群。其中佛香工夫红茶和云抗 10 号工夫红茶聚为 1 类, 云茶红工夫红茶单独聚为 1 类。水分、水浸出物和茶褐素贮藏 0~6 个月 H-F、H-YK 和 H-YC 的含量均降低, 贮藏 6~12 个月均升高; 酚氨比、茶黄素、茶多酚和咖啡碱贮藏 0~6 个月 H-F、H-YK 和 H-YC 的含量均升高, 贮藏 6~12 个月均降低。黄酮和可溶性糖贮藏 0~6 个月 H-F、H-YK 和 H-YC 的含量均升高, 贮藏 6~12 个月 H-F 和 H-YC 的含量降低, 而 H-YK 的含量升高。茶红素贮藏 0~6 个月 H-YK 和 H-YC 的含量升高, 而 H-F 的含量降低; 贮藏 6~12 个月 H-F 和 H-YK 的含量升高, 而 H-YC 的含量降低。氨基酸贮藏 0~6 个月 H-F 和 H-YC 的含量降低, 而 H-YK 的含量升高; 贮藏 6~12 个月 H-F、H-YK 和 H-YC

的含量均升高。

如图 2 所示, 采用晒干制作并贮藏的工夫红茶可将其分为 0~6 个月和 6~12 个月 2 大类群。其中佛香工夫红茶和云茶红工夫红茶聚为 1 类, 云抗 10 号工夫红茶单独聚为 1 类。水分、水浸出物和咖啡碱贮藏 0~6 个月 S-F、S-YK 和 S-YC 的含量均降低, 贮藏 6~12 个月均升高; 黄酮、茶多酚、酚氨比和茶黄素贮藏 0~6 个月 S-F、S-YK 和 S-YC 的含量均升高, 贮藏 6~12 个月均降低。可溶性糖和氨基酸贮藏 0~6 个月 S-F 和 S-YK 含量降低, 而 S-YC 的含量升高; 贮藏 6~12 个月 S-YC 和 S-YK 含量升高, 而 S-F 含量降低。茶红素贮藏 0~6 个月 S-F 和 S-YC 含量降低, 而 S-YK 的含量升高; 贮藏 6~12 个月 S-F 和 S-YK 含量降低, 而 S-YC 的含量升高。茶褐素贮藏 0~6 个月 S-F 和 S-YC 含量升高, 而 S-YK 的含量降低; 贮藏 6~12 个月 S-F 和 S-YK 含量升高, 而 S-YC 含量降低。



表 6 工夫红茶贮藏过程中的茶色素统计分析  
Table 6 Statistical analysis of tea pigments during the storage process of Congou black tea

品种	茶样编号	茶黄素/%	茶红素/%	茶褐素/%
佛香	H-F-0	0.44 ± 0.01	6.08 ± 0.15	7.25 ± 0.54
	H-F-6	0.38 ± 0.00	6.08 ± 0.19	6.77 ± 0.10
	H-F-12	0.15 ± 0.00	7.71 ± 0.13	8.49 ± 0.13
	S-F-0	0.37 ± 0.04	5.28 ± 0.68	6.98 ± 0.68
	S-F-6	0.33 ± 0.01	5.90 ± 0.13	7.44 ± 0.06
	S-F-12	0.15 ± 0.01	6.66 ± 0.27	7.67 ± 0.40
云抗10号	H-YK-0	0.42 ± 0.05	6.99 ± 0.72	8.78 ± 0.58
	H-YK-6	0.36 ± 0.01	8.23 ± 0.06	7.16 ± 0.09
	H-YK-12	0.19 ± 0.00	9.24 ± 0.27	8.38 ± 0.13
	S-YK-0	0.38 ± 0.02	7.11 ± 0.38	9.32 ± 0.16
	S-YK-6	0.38 ± 0.01	9.45 ± 0.32	7.85 ± 0.28
	S-YK-12	0.16 ± 0.01	9.14 ± 0.12	9.03 ± 0.29
云茶红	H-YC-0	0.33 ± 0.04	6.30 ± 0.51	9.01 ± 0.14
	H-YC-6	0.34 ± 0.01	8.41 ± 0.11	7.54 ± 0.03
	H-YC-12	0.12 ± 0.00	8.91 ± 0.19	8.02 ± 0.05
	S-YC-0	0.37 ± 0.05	6.90 ± 0.76	8.21 ± 0.53
	S-YC-6	0.28 ± 0.03	6.48 ± 0.44	8.70 ± 0.31
	S-YC-12	0.14 ± 0.00	7.97 ± 0.84	8.13 ± 0.06
最大值		0.44	9.45	9.32
最小值		0.12	5.28	6.77
均值 ± 标准偏差		0.29 ± 0.11	7.38 ± 1.31	8.04 ± 0.79
变异系数/%		37.43	17.80	9.85

在红茶贮藏滋味物质形成的调节作用分析中水分、水浸出物含量在贮藏 0~6 个月均下降，贮藏 6~12 个月均上升，表明在贮藏过程中水分、水浸出物含量对滋味物质形成的调节作用受品种以及干燥方式的影响较大。其中，H-F、H-YK、H-YC、S-F、S-YK 和 S-YC 的茶多酚含量在贮藏 0~6 个月均上升，贮藏 6~12 个月均下降，表明在贮藏过程中茶多酚含量对滋味物质形成的调节作用受品种以及干燥方式的影响较大。这与前人研究发现茶叶贮藏过程中茶多酚含量总体上呈减少趋势的研究结果有所不同<sup>[31,32,37,38]</sup>。咖啡碱阈值较低且易溶于水，对茶汤的滋味影响较大，是茶叶中重要的苦味物质<sup>[32,36,39]</sup>。

H-F、H-YK、H-YC 咖啡碱含量在贮藏 0~6 个月均上升，贮藏 6~12 个月均下降，S-F、S-YK 和 S-YC 则相反，表明在贮藏过程中咖啡碱含量对滋味物质形成的调节作用受干燥方式的影响较大。石若瑜<sup>[40]</sup>研究发现在贮藏 0~5 年随着贮藏时间增加，红茶中的咖啡碱含量减少。郭爽爽<sup>[41]</sup>研究发现茯砖茶在贮藏过程中咖啡碱的含量变化不大。黄赟<sup>[42]</sup>研究发现白茶在贮藏过程中咖啡碱的含量呈先升后降的变化趋势。曾亮等<sup>[37]</sup>研究发现咖啡碱在普洱生茶贮藏过程中无明显变化规律。这可能是由于茶类不同，导致在贮藏过程中咖啡碱的含量变化不一样。茶色素与红茶品质紧密相关，其中茶黄素和茶红素与红茶品质呈正相关，是组成茶汤红色的主要物质；茶褐素是茶汤变暗的主要因素之一，会对红茶品质产生不良影响<sup>[43,44]</sup>。H-F、H-YK、H-YC、S-F、S-YK 和 S-YC 的茶黄素含量在贮藏 0~6 个月均上升，贮藏 6~12 个月均下降，表明在贮藏过程中茶黄素含量对滋味物质形成的调节作用受品种以及干燥方式的影响较大。这与杨娟等<sup>[39]</sup>研究茶黄素含量在贮藏过程中呈先增加后降低的趋势一致，与石若瑜等<sup>[42]</sup>研究发现随着红茶贮存时间的延长，茶黄素含量下降不一致。H-F、H-YK、H-YC 的茶褐素含量在贮藏 0~6 个月均下降，贮藏 6~12 个月均上升，与前人研究红茶茶褐素在贮藏过程中呈上升的趋势结果有差异<sup>[35,40]</sup>，这可能由于在后期贮藏过程中仍有部分多酚类物质、茶黄素和茶红素等进一步氧化聚合成茶褐素，使其进一步积累，而本研究的贮藏时间较短。

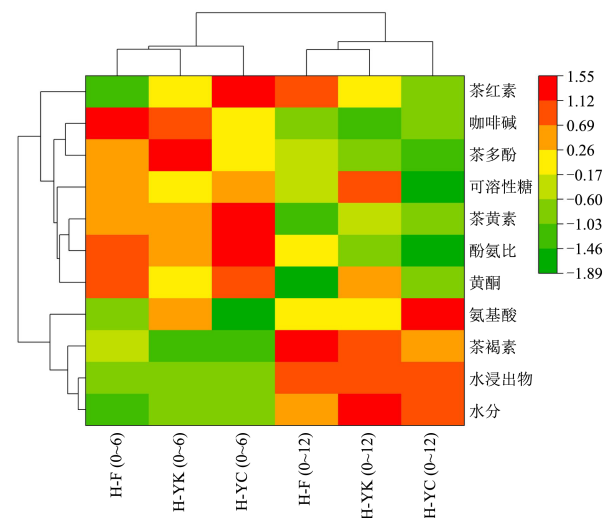


图 1 烘干对工夫红茶贮藏过程中主要滋味物质的影响  
Fig.1 The effect of drying on the main flavor substances of Congou black tea during storage

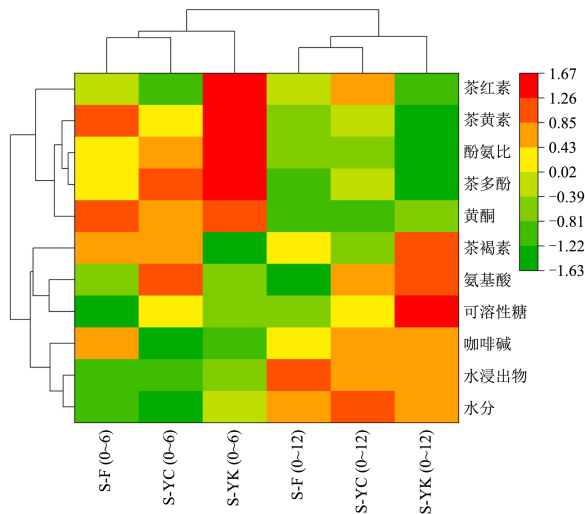


图 2 晒干对工夫红茶贮藏过程中主要滋味物质的影响

Fig.2 The effect of sun drying on the main flavor substances of Congou black tea during storage

注：贮藏滋味物质含量 = 茶样贮藏后含量 - 茶样贮藏前含量。

表 7 主成分因子分析

Table 7 Principal component factor analysis

组分	第 1 主成分 (PC1)	第 2 主成分 (PC2)	第 3 主成分 (PC3)	第 4 主成分 (PC4)
水分/%	0.023	-0.295	0.524	-0.218
水浸出物/%	0.252	0.266	0.521	0.074
黄酮/(mg/g)	0.409	-0.121	-0.324	-0.022
可溶性糖/%	-0.275	-0.031	0.040	0.800
茶多酚/%	0.337	0.405	-0.104	0.066
氨基酸/%	0.360	-0.114	-0.140	0.486
咖啡碱/%	-0.279	0.435	0.094	0.087
酚氨比	0.211	0.498	-0.041	-0.143
茶黄素/%	-0.280	0.446	-0.169	-0.047
茶红素/%	0.446	0.002	-0.097	0.043
茶褐素/%	0.224	0.115	0.518	0.182
特征值	4.056	2.878	1.560	0.827
方差贡献率/%	36.872	26.160	14.183	7.522
累计方差贡献率/%	36.872	63.032	77.215	84.737

### 2.4 工夫红茶贮藏过程中生化成分的主成分分析

主成分分析结果如表 7 所示，通过主成分分析确定了 4 个主成分，其累计贡献率为 84.737%，可以基本反映不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年品质的大部分信息。第一主成分 (PC1)

主要反映黄酮含量和茶红素含量的信息，其特征根值和方差贡献率分别为 4.056、36.872%；第二主成分 (PC2) 主要反映茶多酚含量、咖啡碱含量、酚氨比和茶黄素含量的信息，其特征根值和方差贡献率分别为 2.878、26.160%；第三主成分 (PC3) 主要反映水分含量、水浸出物含量和茶褐素含量的信息，其特征根值和方差贡献率分别为 1.560、14.183%；第四主成分 (PC4) 主要反映可溶性糖含量和氨基酸含量的信息，其特征根值和方差贡献率分别为 0.827、7.522%。

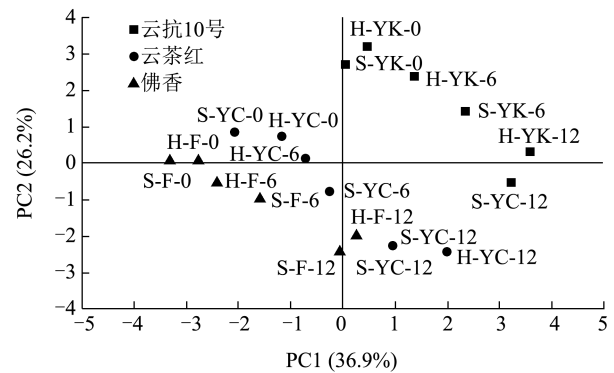


图 3 PCA 得分图 (PC1、PC2)

Fig. 3 PCA score chart (PC1, PC2)

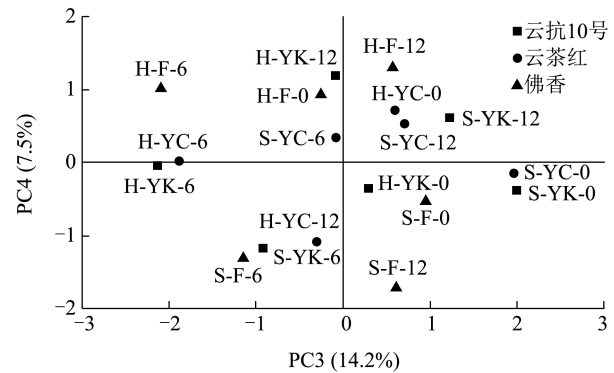


图 4 PCA 得分图 (PC3、PC4)

Fig.4 PCA score chart (PC3, PC4)

如图 3、4 所示，分别以第一、二主成分和三、四主成分进行 PCA 得分图绘制，可以直观反映不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年的品质指标在不同主成分下的分布状况。H-YK-12 和 S-YK-12 在第一主成分 (PC1) 中占优，H-YK-0 和 S-YK-0 在第二主成分 (PC2) 中占优；S-YC-0 和 S-YK-0 在第三主成分 (PC3) 中占优，H-F-12 和 H-YK-12 在第四主成分 (PC4) 中占优。结合主成分因子和方差贡献率计算 3 个不同茶树品种及 2 种干燥方式的工夫红茶贮藏一年在主成分分析中由高到低的排序为 H-YK-12、S-YK-12、S-YK-0、H-YK-0、

S-YK-6、H-YK-6、H-YC-0、S-YC-0、H-F-12、S-YC-12、S-YC-6、H-YC-12、H-F-0、H-YC-6、S-F-0、S-F-12、H-F-6、S-F-6。表明在主成分分析中，红茶贮藏过程中茶树品种对红茶品质的影响大于干燥方式对红茶品质的影响。

### 2.5 贮藏过程中生化成分的聚类分析

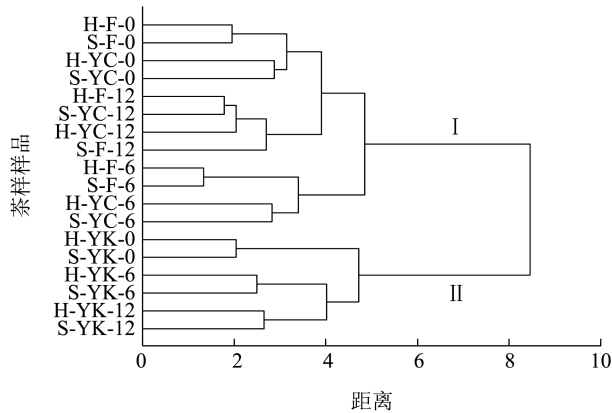


图5 工夫红茶贮藏过程中的聚类分析

Fig.5 Cluster analysis during the storage process of Congou black tea

利用 origin 软件对不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年的 11 个生化指标进行聚类分析 (图 5)，不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年被分为两大类群，其中佛香工夫红茶和云茶红工夫红茶全部聚集于 I 类群，云抗 10 号工夫红茶全部聚集于 II 类群。第 I 类群中，贮藏 6 个月的佛香工夫红茶和云茶红工夫与贮藏 0 个月和贮藏 12 个月的佛香工夫红茶和云茶红工夫红茶分为 2 个亚类，贮藏 6 个月的佛香工夫红茶和云茶红工夫红茶单独聚为一类。第 II 类群中，贮藏 0 个月的云抗 10 号工夫红茶与贮藏 6 个月和贮藏 12 个月的云抗 10 号工夫红茶分为 2 个亚类，贮藏 0 个月的云抗 10 号工夫红茶单独聚为一类。表明在聚类分析中，红茶贮藏过程中茶树品种对红茶品质的影响大于干燥方式对红茶品质的影响。

如表 8 所示，第 II 类群水浸出物含量、茶多酚含量和茶红素含量明显高于第 I 类群，其均值分别为 46.98%、20.20%、8.36%；且第 II 类群黄酮含量、氨基酸含量、咖啡碱含量、酚氨比、茶黄素含量和茶褐素含量均高于第 I 类群，其均值分别为 8.43 mg/g、4.21%、4.19%、4.81、0.31%、8.42%。第 I 类群水分含量和可溶性糖含量高于第 II 类群，其均值分别为 8.24%、2.90%。

表 8 不同类群的生化成分分析

Table 8 Biochemical composition analysis of different groups

类群	I			II		
	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值
水分/%	9.14	7.12	8.24	9.07	6.88	7.96
水浸出物/%	46.60	40.42	43.70	48.17	45.01	46.98
黄酮/(mg/g)	8.69	4.98	7.26	10.10	6.24	8.43
可溶性糖/%	3.22	2.27	2.90	2.86	2.45	2.66
茶多酚/%	15.03	12.15	13.76	21.98	18.84	20.20
氨基酸/%	4.37	3.48	3.93	4.63	3.82	4.21
咖啡碱/%	4.79	3.43	4.05	4.77	3.72	4.19
酚氨比	4.15	3.08	3.52	5.11	4.23	4.81
茶黄素/%	0.44	0.12	0.28	0.42	0.16	0.31
茶红素/%	8.91	5.28	6.89	9.45	6.99	8.36
茶褐素/%	9.01	6.77	7.85	9.32	7.16	8.42

### 2.6 工夫红茶贮藏过程中品质的多元回归分析

采用 IBM SPSS 23.0 和 Origin 2021 对不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年的 11 个理化成分与感官品质进行回归分析 (图 7、表 9)，建立品质 (Y) 与水分 (X1)、水浸出物 (X2)、黄酮 (X3)、可溶性糖 (X4)、茶多酚 (X5)、氨基酸 (X6)、咖啡碱 (X7)、酚氨比 (X8)、茶黄素 (X9)、茶红素 (X10) 和茶褐素 (X11) 的回归方程。

相关性分析结果 (图 6) 表明，茶多酚 (X5) 与水浸出物 (X2)、黄酮 (X3) 呈显著正相关，相关系数分别为 0.567、0.488。氨基酸 (X6) 与黄酮 (X3) 呈极显著正相关，相关系数为 0.606。咖啡碱 (X7) 与黄酮 (X3) 呈极显著负相关，相关系数为 -0.678。酚氨比 (X8) 与水浸出物 (X2) 呈显著正相关，与茶多酚 (X5) 呈极显著正相关，相关系数分别为 0.513、0.912。茶黄素 (X9) 与水分 (X1)、黄酮 (X3) 和氨基酸 (X6) 呈显著负相关，与咖啡碱 (X7) 呈极显著正相关，相关系数分别为 -0.482、-0.520、-0.531、0.828。茶红素 (X10) 与黄酮 (X3)、茶多酚 (X5) 和氨基酸 (X6) 呈极显著正相关，与咖啡碱 (X7) 呈显著负相关，相关系数分别为 0.775、0.604、0.616、-0.495。茶褐素 (X11) 与水浸出物 (X2) 呈极显著正相关，相关系数为 0.624。品质 (Y) 与水分 (X1) 呈极显著负相关，相关系数为 -0.642。

采用多元线性回归分析结果显示(表9),  $F=8.196, P<0.01$ , 回归方程显著。回归分析得到水分( $X1$ )  $\beta=-1.112, P<0.001$ 、水浸出物( $X2$ )  $\beta=0.906, p=0.015$ 、可溶性糖( $X4$ )  $\beta=0.359, p=0.028$ 、茶褐素( $X11$ )  $\beta=-0.538, p=0.028$ 可以预测与因变量品质( $Y$ )的多元线性回归方程(式1)。

黄酮( $X3$ )、茶多酚( $X5$ )、氨基酸( $X6$ )、咖啡碱( $X7$ )、酚氨比( $X8$ )、茶黄素( $X9$ )、茶红素( $X10$ )不能预测与因变量品质( $Y$ )的回归方程。这些变量可以解释不同茶树品种及两种干燥方式的工夫红茶贮藏一年品质( $Y$ ) 93.8%的变化。

$$Y=-1.112X1+0.906X2+0.359X4-0.538X11 \quad (1)$$

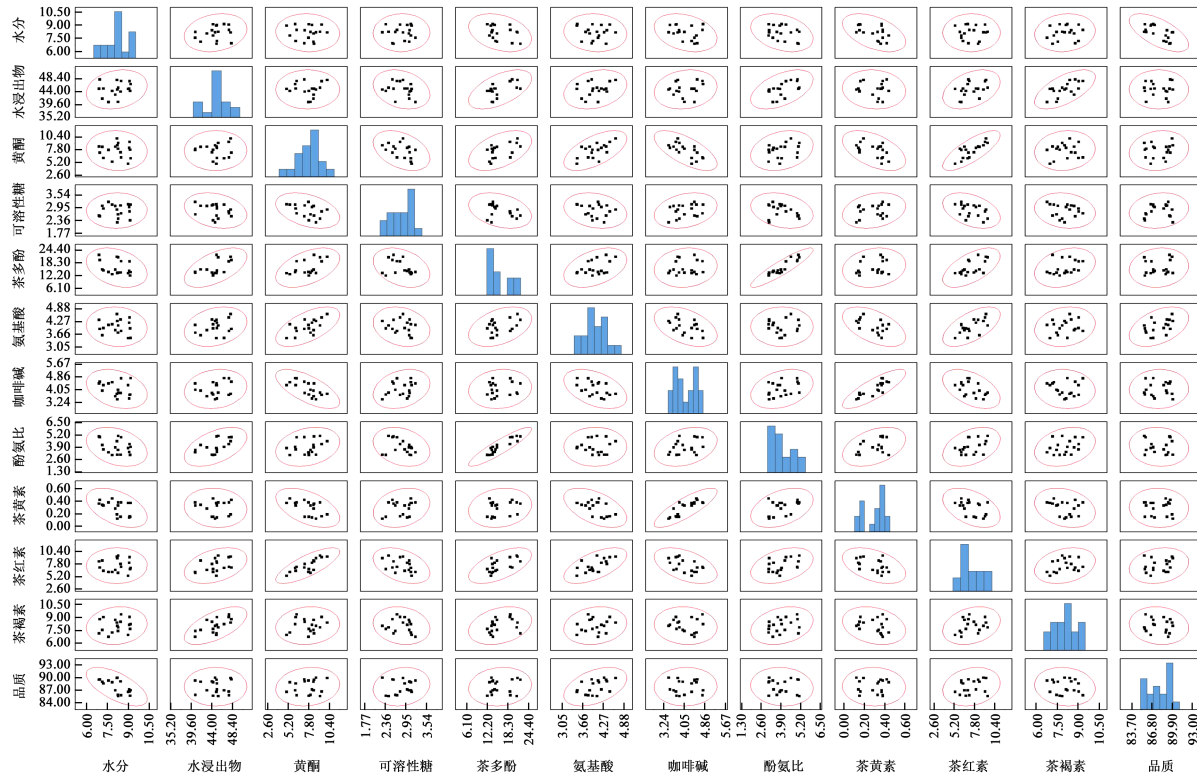


图6 工夫红茶贮藏过程中的品质矩阵散点图

Fig.6 Matrix scatter plot of quality during the storage process of Congou black tea

表9 工夫红茶贮藏过程中品质的多元回归分析

Table 9 Multiple regression analysis of the quality of Congou black tea during storage

	B	$\beta$	t	p	F/p	$R^2$
X1	-2.339	-1.112	-7.161	<0.001**	8.196/0.009**	0.938
X2	0.616	0.906	3.371	0.015*		
X3	0.579	0.512	1.526	0.178		
X4	2.019	0.359	2.878	0.028*		
X5	-2.343	-4.788	-1.509	0.182		
X6	8.805	1.801	1.407	0.209		
X7	1.345	0.367	1.477	0.19		
X8	8.105	3.646	1.258	0.255		
X9	-7.524	-0.515	-1.702	0.14		
X10	0.057	0.046	0.189	0.856		
X11	-1.135	-0.538	-2.871	0.028*		

### 3 结论

试验结果表明,红茶在贮藏过程中受品种以及干燥方式的影响较大。根据感官审评得分烘干红茶在贮藏过程中品质优于晒干红茶。主成分分析和聚类分析表明,在红茶贮藏过程中茶树品种对红茶品质的影响大于干燥方式对红茶品质的影响。在红茶贮藏滋味物质形成的调节作用分析中,水分、水浸出物、茶多酚和茶黄素含量对滋味物质形成的调节作用受品种以及干燥方式的影响较大,咖啡碱含量对滋味物质形成的调节作用受干燥方式的影响较大。本研究发现水分、水浸出物、黄酮、可溶性糖、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、酚氨比、茶黄素、茶红素和茶褐素可以解释工夫红茶贮藏一年品质 93.8% 的变化。其中,水分、水浸出物、可溶性糖和茶褐素能显著预测红茶贮藏一年中品质的变化。但本研究涉及的工夫红茶品种数量和贮藏时间有限,故建立的红茶贮藏一年中主要理化指标与品质的回归方程的准确性有待进一步验证。

### 参考文献

- [1] 王绍梅,宋文明,冷燕,等.花香型古树滇红茶挥发物气质相色谱分析[J].江苏农业学报,2021,37(4):1010-1015.
- [2] 李琛,岳翠男,杨普香,等.工夫红茶特征香气研究进展[J].食品安全质量检测学报,2021,12(22):8834-8842.
- [3] 邓少春,蓝增全.26份云南大叶茶树品种资源生化成分多样性分析[J].西南农业学报,2023,36(7):1378-1384.
- [4] 宁功伟,杨盛美,宋维希,等.云南茶树种质资源研究60年[J].植物遗传资源学报,2023,24(3):587-598.
- [5] 汤海昆,杨方慧,张艳梅,等.基于HS-SPME-GC-MS分析不同茶树品种晒红茶的香气成分[J].食品工业科技,2023,44(7):260-268.
- [6] 徐梦婷,邵淑贤,陈静,等.不同茶树品种工夫红茶挥发性成分及其关键香气成分分析[J].现代食品科技,2023,39(1):281-290.
- [7] 杨霁虹,周汉琛,刘亚芹,等.基于HS-SPME-GC-MS和OAV分析黄山地区不同茶树品种红茶香气的差异[J].食品科学,2022,43(16):235-241.
- [8] FANG R, REDFERN S P, KIRKUP D, et al. Variation of theanine, phenolic, and methylxanthine compounds in 21 cultivars of *Camellia sinensis* harvested in different seasons [J]. Food Chemistry, 2017, 220: 517-526.
- [9] 蔡烈伟,周炎花,杨双旭,等.不同乌龙茶品种加工红茶的品质比较[J].食品科技,2016,41(6):46-50.
- [10] 张军,崔廷宏,郑文忠,等.云南大叶种茶树品种生产秋季滇红茶品质差异研究[J].农业与技术,2021,41(13):23-29.
- [11] 阳景阳,罗莲凤,骆妍妃,等.桂热2号红茶冷冻干燥关键技术研究及品质评价[J].食品与发酵工业,2021,47(20):97-104.
- [12] PANCHARIYA P C, POPOVIC D, SHARMA A L. Thin-layer modelling of black tea drying process [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 52(4): 349-357.
- [13] VARGAS R, VECCHIETTI A. Influence of raw material moisture on the synthesis of black tea production process [J]. Journal of Food Engineering, 2016, 173(Mar.): 76-84.
- [14] KUMAR R S S, MURUGESAN S, KOTTUR G, et al. Black tea: The plants, processing/manufacturing and production [J]. Tea in Health and Disease Prevention, 2013: 41-45.
- [15] ZHOU J, FANG T T, LI W, et al. Widely targeted metabolomics using UPLC-QTRAP-MS/MS reveals chemical changes during the processing of black tea from the cultivar *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze cv. Huangjinya [J]. Food Research International, 2022, 16: 1-13.
- [16] 王婷婷,罗学平,李丽霞,等.不同干燥工艺对红茶滋味和香气的影响[J].食品研究与开发,2022,43(22):121-128.
- [17] 胡源,刘梦圆,周秦羽,等.干燥工艺对红茶品质的影响[J].食品与机械,2021,37(6):191-200,232.
- [18] 魏昊,蓝天梦,缪伊雯,等.基于感官组学分析不同足火方式对金牡丹工夫红茶香气的影响[J].茶叶科学,2023,43(1):109-123.
- [19] 鲁倩,熊梦钊,周艳珠,等.5种不同干燥方式对云南工夫红茶品质的影响[J].食品安全质量检测学报,2022,13(20):6772-6780.
- [20] 吕世懂,吴远双,王晨,等.云南晒青红茶与烘青红茶香气成分对比[J].食品科学,2016,37(14):62-67.
- [21] GB/T 8304-2013,茶 水分测定[S].
- [22] GB/T 8305-2013,茶 水浸出物测定[S].
- [23] GB/T 8312-2013,茶 咖啡碱测定[S].
- [24] GB/T8313-2018,茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].
- [25] GB/T 8314-2013,茶 游离氨基酸总量的测定[S].
- [26] 张正竹.茶叶生物化学实验教程[M].第1版.北京:中国农业出版社,2009:52-57.
- [27] GB/T 23776-2018,茶叶感官审评方法[S].
- [28] GB/T 14487-2017,茶叶感官审评术语[S].
- [29] 陈秋月,安江珊,刘琨毅,等.云南晒干红茶的生化成分与品质分析[J].食品研究与开发,2023,44(6):176-183.
- [30] 周小芬,周为,刘飞.不同干燥工艺对红茶品质影响的研究——以青心乌龙品种为例[J].中国茶叶加工,2020,3: 58-64.
- [31] 宋振硕,卫聿铭,李铁汉,等.室温贮藏对花果香红茶风味品质的影响[J].食品科学,2024,45(2):258-267.
- [32] 陈丹.红茶贮藏过程中主要化学物质变化规律及茶黄素-茶氨酸互作研究[D].西安:陕西科技大学,2022.
- [33] 任玲,何姣姣,黄媛,等.不同萎凋方式对萎凋叶及工夫红茶品质影响分析[J].中国茶叶,2023,45(6):10-17.
- [34] 王近近,袁海波,陶瑞涛,等.温度和湿度对龙井绿茶和

- 工夫红茶贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(24):209-217.
- [35] 高健健,陈丹,彭佳莹,等.茶叶贮藏化学与贮藏技术研究进展[J].中国茶叶,2021,43(12):1-10.
- [36] DAI W, LOU N, XIE D, et al. N-Ethyl-2-Pyrrolidinone-Substituted flavan-3-Ols with anti-inflammatory activity in lipopolysaccharide-stimulated macrophages are storage-related marker compounds for green tea [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2024, 68(43): 12164-12172.
- [37] 曾亮,田小军,罗理勇,等.不同贮藏时间普洱生茶水提物的特征性成分分析[J].食品科学,2017,38(2):198-205.
- [38] SCHARBERT S, HOFMANN T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2005, 53(13): 5377-5384.
- [39] 杨娟,李中林,钟应富,等.不同水分工夫红茶贮藏过程中主要内含成分及感官品质变化研究[J].食品安全质量检测学报,2018,9(2):299-305.
- [40] 石若瑜,陈际名,黄业伟,等.云南红茶贮存中主要化学成分变化及茶红素、茶褐素功效的探究[J].云南农业大学学报(自然科学),2016,31(6):1097-1102.
- [41] 郭爽爽.贮藏年限对泾阳茯砖茶品质及其保健功效的影响[D].咸阳:西北农林科技大学,2018.
- [42] 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.
- [43] 余鹏辉,陈盼,黄浩,等.保靖黄金茶1号工夫红茶加工工序对主要滋味物质形成的影响[J].食品科学,2020,41(10):185-191.
- [44] SAHA P, GHORAI S, TUDU B, et al. Feature fusion for prediction of theaflavin and thearubigin in tea using electronic tongue [J]. *IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement*, 2017, 7: 1703-1710.