

# 基于相关性和主成分分析的上 犹名优绿茶品质评价

张贱根<sup>1</sup>, 刘均华<sup>2</sup>, 刘知远<sup>2</sup>, 李琛<sup>1</sup>, 曹挥华<sup>1</sup>, 王礼献<sup>1</sup>, 江和源<sup>3\*</sup>, 江新凤<sup>1\*</sup>

(1. 江西省经济作物研究所, 南昌 330203; 2. 上犹县农业农村局, 上犹 341200;  
3. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 310008)

**摘要:** **目的** 比较8种上犹名优绿茶的品质。**方法** 对8种上犹名优绿茶进行感官审评和品质成分检测, 采用相关性和主成分分析对结果进行综合评价。**结果** 8种上犹名优绿茶感官品质综合得分由高到低排序为: 五指峰上洞茶厂云片>峻岭茗毫毛尖>油石嶂毛尖>忠誉鹰盘山黄金叶毛尖>陶氏茶业毛尖>营前雾毫毛尖>光菇山毛尖>犹江绿月毛尖; 各茶样在品质成分含量上存在一定差异, 水浸出物含量为 32.62%~51.75%, 可溶性糖含量为 4.31%~5.37%, 可溶蛋白含量为 1.92%~2.22%, 茶多酚含量为 15.37%~18.97%, 游离氨基酸含量为 3.24%~5.71%, 咖啡碱含量为 3.52%~4.08%, 黄酮含量为 0.39%~0.61%; 相关性分析结果显示, 水浸出物、可溶性糖、茶多酚与汤色呈弱正相关, 可溶性糖与香气呈弱正相关; 游离氨基酸与滋味、香气呈弱正相关, 咖啡碱与滋味、香气均呈高度正相关( $P<0.05$ ), 相关系数分别为 0.81 和 0.85; 采用主成分分析法建立综合品质得分数学模型  $Y=0.4848Y_1+0.1829Y_2+0.1456Y_3$ , 8个茶样综合品质得分由高到低依次是: 陶氏茶业毛尖>营前雾毫毛尖>油石嶂毛尖>犹江绿叶毛尖>五指峰上洞茶厂云片>峻岭茗毫毛尖>忠誉鹰盘山黄金叶毛尖>光菇山毛尖。**结论** 上犹名优绿茶品质整体较为优良, 本研究建立的上犹名优绿茶品质评价方法将为上犹名优绿茶的生产工艺优化和品质等级评价提供数据支撑。

**关键词:** 上犹名优绿茶; 感官审评; 品质成分; 相关性分析; 主成分分析

## Quality analysis of Shangyou famous green tea based on correlation and principal component analysis

ZHANG Jian-Gen<sup>1</sup>, LIU Jun-Hua<sup>2</sup>, LIU Zhi-Yuan<sup>2</sup>, LI Chen<sup>1</sup>, CAO Hui-Hua<sup>1</sup>,  
WANG Li-Xian<sup>1</sup>, JIANG He-Yuan<sup>3\*</sup>, JIANG Xin-Feng<sup>1\*</sup>

(1. Jiangxi Institute of Cash Crop/The Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control in Jiangxi Province, Nanchang 330203, China; 2. Shangyou County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Shangyou 341200, China; 3. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China)

**基金项目:** 江西省茶叶产业技术体系项目(JXARS-02)、江西省茶叶质量与安全控制重点实验室项目(20192BCD40007)、江西省技术创新引导类科技计划科技合作专项重点项目(20212BDH80011、20212BDH80025)

**Fund:** Supported by the Modern Agricultural Industrial Technology System of Jiangxi Province (JXARS-02), the Jiangxi Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control (20192BCD40007), and the Key Projects of Science and Technology Cooperation in Jiangxi Province (20212BDH80011, 20212BDH80025)

\*通信作者: 江和源, 博士, 研究员, 主要研究方向为茶叶化学与加工。E-mail: jianghy@tricaas.com

江新凤, 博士, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工及资源利用。E-mail: jiangxinyue003@163.com

\*Corresponding author: JIANG He-Yuan, Ph.D, Professor, Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China. E-mail: jianghy@tricaas.com.

JIANG Xin-Feng, Ph.D, Associate Professor, Jiangxi Institute of Cash Crop, Nanchang, Jiangxi 330202, China. E-mail: jiangxinyue003@163.com.

**ABSTRACT: Objective** To compare the quality of 8 kinds of famous green tea in Shangyou. **Methods** Sensory evaluation and quality chemical composition detection of famous green tea in Shangyou were carried out. And the results were comprehensively evaluated by correlation analysis and principal component analysis. **Results** The comprehensive sensory evaluation scores of 8 kinds of famous green tea ranked from high to low was as follows: Wuzhifeng Yunpian>Junlingminghao>Youshizhang Maojian>Zhongyi Huangjinye>Taoshichaye> Yingqianwuhao=Guanggushan Maojian>Youjianglvye Maojian. There was a certain difference in the content of chemical composition, 32.62%–51.75% for water extract, 4.31%–5.37% for soluble sugar, 1.92%–2.22% for soluble protein, 15.37%–18.97% for tea polyphenol, 3.24%–5.71% for amino acid, 3.52%–4.08% for caffeine and 0.39%–0.61% for flavonoids. The correlation analysis results showed that there was a weak positive correlation between the water extract, the soluble sugar, tea polyphenols and the color of the tea infusion, and a weak positive correlation between the soluble sugar and the tea infusion aroma, respectively, the free amino acids were positively correlated with taste, the caffeine was positively correlated with taste and aroma ( $P<0.05$ ), and the correlation coefficients were 0.81 and 0.85, respectively. The mathematical model of comprehensive score was established for the 8 kinds of tea samples by principal component analysis:  $Y=0.4848Y_1+0.1829Y_2+0.1456Y_3$ , and the comprehensive scores in descending order were as follows: Taoshichaye>Yingqianwuhao>Youshizhang Maojian>Youjianglvye Maojian>Wuzhifeng Yunpian>Junlingminghao>Zhongyi Huangjinye>Guanggushan Maojian. **Conclusion** Shangyou famous green tea is rich in quality chemical composition, the quality evaluation method established in this study will provide data supports for the production process optimization and quality grade evaluation of Shangyou famous green tea.

**KEY WORDS:** Shangyou famous green tea; sensory quality; quality composition; correlation analysis; principal component analysis

## 0 引言

茶叶是上犹县的农业传统产业,上犹是江西省重点产茶县之一<sup>[1]</sup>。上犹县位于江西省赣州市西部,罗霄山脉南端,总面积 1543.8 平方公里,境内生态环境良好,无污染且资源丰富,森林覆盖率达 81.4%,山地有机质含量丰富,特殊的山区库区气候及得天独厚的自然条件,形成了上犹茶叶“香高、味浓、形美、汤绿”的高山名优绿茶独特的风味<sup>[2]</sup>,受到茶叶爱好者的青睐,现已成为独具特色农产品<sup>[3]</sup>。

茶叶中的化学成分很复杂,在制茶过程中,不同的加工方式会引导品质化学成分向不同方向转化,同一种鲜叶按不同方式加工的成品茶香气、滋味的具体特征均有不同<sup>[4-6]</sup>。茶多酚、可溶蛋白、氨基酸、咖啡碱、可溶性糖和黄酮等物质是茶叶的主要成分,也是茶叶发挥重要生物学作用的物质基础<sup>[7-9]</sup>。据报道,上犹绿茶的氨基酸含量为 3.5%~5.5%,水浸出物平均含量在 40.0%~50.0%,均高于国家绿茶标准<sup>[10-11]</sup>。李琛等<sup>[12]</sup>、王治会等<sup>[13]</sup>、徐骥远等<sup>[14]</sup>分别对庐山、铅山、浮梁等地茶叶品质进行了评价,认为江西茶叶具有香高、味纯、耐泡、有效成分高等品质特点。上犹县茶叶产地主要分布在 500~800 m 的高山、丘

陵地区,气温温和,雨量充沛,昼夜温差大,茶树病虫害少,所产绿茶具有江西绿茶的典型特点<sup>[15]</sup>。但文献报道中少见关于上犹绿茶品质特点的评价。目前,江西上犹县名优绿茶的报道多集中在品牌建设上,在上犹名优绿茶品质分析方面研究甚少,导致外界对上犹绿茶的品质特点了解较少,制约了上犹绿茶的品牌推广和产业发展。本研究选择了上犹县不同产茶区域的 8 份代表性名优绿茶样品,对其进行感官审评和品质成分分析,并采用相关性和主成分分析对上犹绿茶品质特征进行综合评价,拟为上犹县名优绿茶的工艺优化和品质评价提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

8 种代表性上犹名优绿茶均由上犹县农业农村局茶果产业发展中心技术人员从上犹县不同乡镇茶企购得,具体茶样信息见表 1。试验中所选取的不同厂家的名优绿茶来自上犹县不同产茶区域,且样品的鲜叶原料均为 2022 年春季一芽二叶样品,参照江西省地方标准 DB36/T 633—2018《上犹绿茶加工技术规程》制作成上犹名优绿茶。具体加工过程为:鲜叶→摊青→杀青→揉捻→造形→提毫→提香→烘干。

表1 上犹名优绿茶样品基本信息  
Table 1 Basic information of famous green teas in Shangyou

编号	茶样名称	产地	原料等级	茶树品种	年份
T1	营前雾毫毛尖	上犹县营前镇	一芽二叶	福云6号	2022年春季
T2	五指峰上洞茶厂云片	上犹县五指峰乡	一芽二叶	浙农113	2022年春季
T3	陶氏茶业毛尖	上犹县东山镇	一芽二叶	福鼎大白茶	2022年春季
T4	忠誉鹰盘山黄金叶毛尖	上犹县黄沙坑	一芽二叶	黄金叶	2022年春季
T5	油石嶂毛尖	上犹县油石嶂	一芽二叶	乌牛早	2022年春季
T6	峻岭茗毫毛尖	上犹县东山镇	一芽二叶	中茶108	2022年春季
T7	犹江绿月毛尖	上犹县陡水湖	一芽二叶	福鼎大白茶	2022年春季
T8	光菇山毛尖	上犹县光菇山	一芽二叶	福鼎大白茶	2022年春季

甲醇、碱式乙酸铅、十二水磷酸氢二钠(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);盐酸(分析纯,泰迪亚有限公司);氢氧化钠、浓硫酸(分析纯,重庆川东化工有限公司);碳酸钠(分析纯,天津市永大化学试剂有限公司);福林酚(分析纯,北京索莱宝科技有限公司);没食子酸标准品(纯度 $\geq 98\%$ )、谷氨酸标准品(纯度 $99\%$ )、蒽酮(分析纯)(国药集团化学试剂有限公司);水合茚三酮(分析纯,上海阿拉丁生化科技有限公司);葡萄糖(分析纯,天津市永大化学试剂有限公司);磷酸二氢钾(分析纯,成都金山化学试剂有限公司);咖啡碱标品(纯度 $\geq 98\%$ ,成都曼思特生物科技有限公司);氯化亚锡(分析纯,广东光华科技股份有限公司)。

## 1.2 仪器和设备

LS120A 电子天平(精度 0.01 g, 上海天美天平仪器有限公司); FW177 中草药粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); DHG-9203 电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒化学仪器有限公司); SHZ-III 循环水真空抽滤/抽气装置(上海亚荣生化仪器厂); DK-98-II 电热恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司); UH5300 分光光度计(日本株式会社日立高新技术科学); H1850R 高速冷冻离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司)。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 感官审评

感官审评工作在标准感官审评室中进行,审评程序参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》和 GB/T 14487—2017《茶叶感官审评术语》的相关要求。

### 1.3.2 品质成分检测

水浸出物的测定参照 GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定》;茶多酚总量、儿茶素组分及总量的测定参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》;游离氨基酸总量的测定参照 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》;咖啡碱的测定参照 GB/T 8312—2013《茶咖啡碱测定》中的紫外分光光度法;可溶性糖含量的

测定采用蒽酮硫酸比色法<sup>[9]</sup>;茶叶中可溶蛋白含量的测定参照张贤忠等<sup>[16]</sup>的方法。

## 1.4 数据处理

每个茶样的品质指标检测均重复 3 次,数据采用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS Statistics 26.0 软件进行记录和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官品质特征

8 种上犹名优绿茶的感官审评结果见表 2。从干茶外形来看,上犹名优绿茶均为卷曲型,条索均较紧实、匀齐,个别有朴片、青条等;干茶外形最高分为 T2(五指峰上洞茶厂云片)和 T8(光菇山毛尖),二者条索卷曲,绿较润,较匀齐;最低分为 T4(忠誉鹰盘山黄金叶毛尖)和 T5(油石嶂毛尖),有朴片、青条存在。汤色方面,T2 和 T4 均嫩绿明亮,得分最高为 94 分;T5 黄绿较明亮,有毫浑,得分最低为 89 分。香气最高的茶样为 T5,其香气较高爽,较馥郁,有花香;得分最低的为 T7,其香气尚闷,有陈味,尚有火工味,为 86 分,可能是茶叶杀青时温度未把握好,后期提香和烘干的过程中温度偏高所致。审评滋味得分最高的为 T5 和 T6,二者均为 89 分,其中 T5 滋味表现为较醇厚,鲜爽,T6 滋味表现为较甘鲜,嫩爽;滋味最低得分的茶样为 T3 和 T7,分别表现为微生,微苦和微生,较涩,这也与香气表现不佳较为一致,可能是加工过程中摊放不足、杀青温度偏低导致。叶底得分比较一致,在 88 分到 92 分之间,这也间接说明该批样品采摘嫩度较为一致,绿茶加工水平也较为一致。8 种上犹名优绿茶感官品质综合得分由高到低为: T2>T6>T5>T4>T3>T1=T8>T7,也即感官品质次序为:五指峰上洞茶厂云片>峻岭茗毫毛尖>油石嶂毛尖>忠誉鹰盘山黄金叶毛尖>陶氏茶业毛尖>营前雾毫毛尖=光菇山毛尖>犹江绿月毛尖。

表2 上犹名优绿茶感官审评结果  
Table 2 Sensory evaluation results of famous green tea in Shangyou

编号	外形		汤色		香气		滋味		叶底		总分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
T1	条索卷曲, 绿较润, 较匀齐	89	黄绿较明亮, 有毫浑	92	较清新, 微闷, 有火工香, 较持久	90	浓、较涩	86	嫩绿较明亮, 尚匀齐, 有摊张、爆点	88	88.6
T2	扁平较削直, 有鱼叶, 翠绿较匀齐	93	嫩绿明亮	94	有火工香, 有水闷味	89	嫩鲜微涩	88	细嫩成朵, 较匀齐, 有摊张	92	90.3
T3	较绿卷曲, 较匀齐, 有毫	90	较嫩绿明亮	92	尚清高, 较爽	91	微生, 微苦	84	嫩绿明亮, 较匀齐, 摊张明显	90	88.7
T4	黄绿卷曲, 尚匀齐, 有朴片	86	嫩绿明亮	94	有清香, 较高爽, 火工足	92	较嫩鲜, 较涩	87	黄绿明亮, 尚匀齐, 有摊张	89	89.2
T5	较绿油润, 较匀齐, 卷曲, 有青条	86	黄绿较明亮, 有毫浑	89	较高爽, 较馥郁, 有花香	94	较醇厚, 鲜爽	89	嫩绿, 有青张, 尚匀齐, 有爆点	89	89.9
T6	绿翠, 尚卷曲, 尚匀齐	88	较黄绿, 毫浑	90	清高鲜爽, 嫩香较显	92	较甘鲜, 嫩爽	89	细嫩成朵, 较匀齐	91	90.0
T7	较绿较卷曲, 尚有毫, 有梗	87	嫩绿明亮	91	尚闷, 有陈味, 尚有火工味	86	微生, 较涩	84	嫩绿明亮, 较匀齐	91	86.6
T8	嫩绿卷曲, 较匀整, 尚有毫	93	较嫩绿明亮	90	较高爽, 火工足	88	浓, 较苦, 较涩	85	较细嫩成朵, 较匀齐, 有摊张	91	88.6

## 2.2 品质成分特征

茶叶中的水浸出物含量高低直接反映的是茶叶中可溶性物质的多寡, 一般认为水浸出物含量直接影响茶汤厚薄, 茶汤滋味浓强等, 是茶叶品质评价的重要指标<sup>[17]</sup>。由表3可知, 8种上犹名优绿茶平均水浸出物含量为41.26%, T2五指峰上洞茶厂云片含量最高(51.75%), T4忠誉鹰盘山黄金叶毛尖含量最低(32.62%); 除T4外, 其他茶样均高于江西省地方标准DB36/T 631—2018《上犹绿茶》中剑绿和毛尖茶不小于36%的规定, 这说明上犹名优绿茶内含物质丰富, 也符合“嫩鲜、醇厚”的感官品质特征(表2), 同时也与上犹县优良生态环境相关。

可溶性糖含量的高低取决于茶叶的老嫩程度, 是茶汤滋味和香气的来源之一。可溶性糖是茶汤甜味的主要成分, 对茶汤的苦味、涩味有一定的掩盖和协调作用, 是影响茶叶香气、滋味和汤色的重要因子<sup>[9,18]</sup>。8种上犹名优绿茶的可溶性糖含量为4.31%~5.37%, 平均含量为4.71%,

变异系数为7.78%。其中, T3江西陶氏茶业样品可溶性糖含量最高, 而T8光菇山毛尖含量最低, 推测可能与茶叶鲜叶原料的嫩度有关, 嫩度越高, 可溶性糖含量越低<sup>[19]</sup>。此次收集的8个上犹绿茶样品鲜叶原料比较一致, 均为一芽二叶标准, 故可溶性糖含量较高。

可溶蛋白是茶叶中含氮化合物的一种, 在制茶过程中一般会由于热作用凝固变性, 但其进入茶汤, 对滋味有一定的作用。一般情况下, 高可溶蛋白含量的茶树鲜叶原料更适合制成高档成型茶(形美的茶叶), 同时也能增加茶汤的浓稠度、增进茶叶滋味和香气<sup>[18]</sup>。本研究结果显示, 8种上犹名优绿茶的可溶蛋白含量为1.92%~2.22%, 平均含量为2.14%, 变异系数为4.58%。其中以T2五指峰上洞茶厂云片、T8光菇山毛尖含量最高, T1营前雾毫毛尖含量最低。8个上犹名优绿茶样品中的可溶蛋白含量变异系数较低, 说明该批茶叶样品整体品质优良且稳定。

表3 上犹名优绿茶品质化学成分含量(%)  
Table 3 Quality chemical composition content of famous green tea in Shangyou (%)

茶样	水浸出物	可溶性糖	可溶蛋白	茶多酚	游离氨基酸	咖啡碱	黄酮
T1	43.66±0.52	5.15±1.12	1.92±1.12	18.97±0.03	4.09±0.40	3.70±0.24	0.53±0.00
T2	51.75±0.47	4.50±1.57	2.22±0.10	15.51±0.02	4.28±0.45	3.85±0.18	0.39±0.01
T3	45.03±0.95	5.37±0.51	2.17±0.14	17.79±0.02	3.24±0.47	3.78±0.96	0.61±0.00
T4	32.62±1.08	4.72±2.08	2.20±0.16	16.91±0.01	5.01±2.04	3.72±1.02	0.45±0.00
T5	39.85±0.50	4.67±1.01	2.11±0.14	15.37±0.07	3.88±0.68	4.08±0.08	0.54±0.01
T6	40.37±0.62	4.47±0.60	2.12±0.11	16.21±0.02	5.71±0.75	3.90±0.75	0.54±0.00
T7	40.06±1.04	4.49±1.23	2.15±0.10	17.95±0.01	3.45±1.96	3.52±0.12	0.52±0.00
T8	36.71±0.56	4.31±0.42	2.22±0.13	15.43±0.01	5.22±2.84	3.57±0.32	0.48±0.02

茶多酚、黄酮是茶叶中的多酚类物质,是绿茶的主要品质指标<sup>[19-20]</sup>。茶多酚(儿茶素总量占80%左右)是茶叶中水溶性色素的主要组成部分,是茶汤色泽的主体,其也参与茶叶干茶的色泽组成,绿茶汤色浅黄绿色的主体是黄酮类物质。茶多酚不仅构成了茶汤涩味的主体,其含量高低也是茶汤浓淡、茶叶品质优劣的重要指标。本研究结果显示,8种上犹名优绿茶的茶多酚含量为15.37%~18.97%,平均含量为16.77%,变异系数为8.11%;黄酮含量为0.39%~0.61%,平均含量为0.51%,变异系数为13.14%。由此可见,茶多酚含量差异比较小,但黄酮含量差异稍大。推测为收集样品采摘的环境、茶树品种和采摘时间不同而导致。

游离氨基酸、咖啡碱和可溶蛋白一样是茶叶中重要的含氮化合物<sup>[18]</sup>。游离氨基酸不仅是茶汤鲜爽的主要物质,还是香气组成、变化的重要指标<sup>[21-22]</sup>。也有研究表明,茶树鲜叶氨基酸含量高,说明茶树的氮代谢旺盛,叶子丰满,持嫩性强,所制茶叶外形也比较漂亮<sup>[18]</sup>。咖啡碱能与某些酚类化合物结合成酸性咖啡碱化合物,同时有抑制蛋白质凝固的局部作用,利于茶汤滋味的形成<sup>[23-25]</sup>。由表3可知,8种上犹名优绿茶游离氨基酸含量为3.24%~5.71%,平均含量为4.36%,变异系数为20.10%;咖啡碱含量为3.52%~4.08%,平均值为3.76%,变异系数为4.81%。游离氨基酸变化最大,其主要影响因素可能是茶树品种,而咖啡碱含量变异系数小,形成上犹绿茶滋味的稳定性较好。

### 2.3 相关性分析

有研究发现,对茶汤滋味贡献较大的几种儿茶素类、咖啡碱、氨基酸等物质之间表现出协同增效作用<sup>[26]</sup>。咖啡碱可能和茶叶中的其物质形成络合物,表现出一定的鲜爽滋味,具有改善茶汤滋味的作用,但茶汤滋味的好坏并不与此络合物呈线性关系<sup>[27-28]</sup>;在一定的范围内,咖啡碱的浓度越高滋味越好,但是浓度过高则表现出不好

的滋味<sup>[29]</sup>。由表4可知,8种上犹名优绿茶主要品质成分之间、品质成分与审评的茶叶汤色、滋味、香气因子之间有相关性。其中水浸出物与汤色呈弱正相关(Pearson相关性为0.27),可溶性糖与汤色、香气呈弱正相关,相关性系数分别为0.26、0.29;茶多酚与汤色呈弱正相关,与香气呈弱负相关,相关系数为-0.26;游离氨基酸与滋味、香气呈弱正相关,相关系数分别为0.50和0.19;咖啡碱与滋味、香气均呈高度正相关,相关系数分别为0.81和0.85。该研究与顾谦等<sup>[18]</sup>研究的茶叶品质成分咖啡碱、氨基酸等含量与滋味、香气呈正相关的结果一致,说明构成绿茶内质的色、香、味等主要化合物如可溶蛋白、咖啡碱、氨基酸等与上犹名优绿茶品质呈正相关。

### 2.4 主成分分析

对8种上犹名优绿茶的8个品质化学成分进行主成分分析,提取了3个主成分因子,结果见表5,第1主成分贡献率为48.48%,第2主成分贡献率为18.29%,第3主成分贡献率为14.56%,其中前3个主成分累计贡献率为81.33%。

由表6可知,第1主成分中儿茶素具有较大的正载荷量,为0.95,可溶性糖、茶多酚、黄酮、水浸出物也为正载荷量,分别为0.89、0.83、0.64、0.31;游离氨基酸、可溶蛋白具有较大的负载荷量。可见儿茶素、可溶性糖、茶多酚、黄酮、水浸出物含量与上犹绿茶茶汤浓度、茶叶滋味密切相关,决定了上犹绿茶的化学品质。绿茶茶汤苦涩味(收敛性)几乎全部是有儿茶素引起的,鲜味来源于游离氨基酸,可溶蛋白也是茶汤浓强的反映。通过儿茶素、可溶性糖、茶多酚、黄酮、水浸出物荷载作用,形成的上犹绿茶的品质特征,第1主成分为上犹绿茶基础风味,因此也可将该主成分定义为“本体因子”,其回归方程为:

$$Y_1=0.246X_1+0.230X_2+0.213X_3-0.199X_4+0.166X_5-0.159X_6-0.017X_7+0.081X_8。$$

表4 上犹名优绿茶主要品质化合物相关性矩阵

Table 4 Correlation coefficient matrix of quality components of famous green tea in Shangyou

项目	水浸出物	可溶性糖	可溶蛋白	茶多酚	游离氨基酸	咖啡碱	黄酮	汤色	滋味	香气
水浸出物	1.00									
可溶性糖	0.25	1.00								
可溶蛋白	-0.10	-0.48	1.00							
茶多酚	0.03	0.68	-0.63	1.00						
游离氨基酸	-0.42	-0.57	0.18	-0.46	1.00					
咖啡碱	0.25	0.11	-0.09	-0.46	0.05	1.00				
黄酮	-0.10	0.59	-0.40	0.44	-0.38	0.11	1.00			
汤色	0.27	0.26	0.19	0.26	-0.08	-0.21	-0.54	1.00		
滋味	0.06	-0.33	-0.06	-0.57	0.50	0.81*	-0.31	-0.11	1.00	
香气	-0.17	0.29	-0.16	-0.26	0.19	0.85**	0.26	-0.15	0.68	1.00

注:\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关;\*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。绝对值≤0.5为弱相关,绝对值≥0.8为强相关。

表 5 主成分的特征值和贡献率  
Table 5 Eigenvalue and variance contribution rate of principal components

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	3.88	48.48	48.48	3.88	48.48	48.48
2	1.46	18.29	66.77	1.46	18.29	66.77
3	1.16	14.56	81.32	1.16	14.56	81.33
4	0.78	9.80	91.12			
5	0.35	4.31	95.42			
6	0.30	3.78	99.20			
7	0.06	0.80	100.00			

表 6 成分矩阵  
Table 6 Component matrix

品质成分	成份		
	PC1	PC2	PC3
儿茶素( $X_1$ )	0.95	0.10	-0.22
可溶性糖( $X_2$ )	0.89	0.09	0.14
茶多酚( $X_3$ )	0.83	-0.47	-0.09
游离氨基酸( $X_4$ )	-0.77	-0.26	0.38
黄酮( $X_5$ )	0.64	-0.12	0.50
可溶蛋白( $X_6$ )	-0.62	0.14	-0.45
咖啡碱( $X_7$ )	-0.07	0.77	0.60
水浸出物( $X_8$ )	0.31	0.73	-0.37

对第 2 主成分贡献较大的是水浸出物、咖啡碱,二者具有较大的正载荷量。水浸出物直接反应的茶叶可溶于水的物质,影响茶汤的厚薄、滋味;咖啡碱大多具有苦味,在茶汤中与其他成分协同作用,影响茶汤滋味,是茶汤浓度的主要物质。因此,将该主成分定义为“浓醇因子”,其回归方程为:

$$Y_2 = 0.068X_1 + 0.058X_2 - 0.321X_3 - 0.178X_4 - 0.079X_5 + 0.098X_6 + 0.527X_7 + 0.498X_8$$

第 3 主成分贡献较大的是咖啡碱、黄酮、游离氨基酸,具有较大正载荷量,咖啡碱具苦味,黄酮具苦涩、爽味,氨基酸具鲜味,因此,将该主成分定义为“呈味因子”,其回归方程是:

$$Y_3 = -0.186X_1 + 0.123X_2 - 0.075X_3 + 0.327X_4 + 0.431X_5 - 0.386X_6 + 0.511X_7 - 0.317X_8$$

根据 3 个主成分的特征值和贡献率,通过计算成分得分系数矩阵(表 7),计算主成分综合得分  $Y$  的计算公式为: $Y = 0.4848Y_1 + 0.1829Y_2 + 0.1456Y_3$ 。

采用 ZScore 标准化法进行上犹名优绿茶品质化学成分无量纲化处理后,利用主成分分析提取因子,计算各绿茶样品理化数据的特征值以及方差贡献率。采用因子所对应的方差贡献率为权重,最后将因子得分和对应的权重系数进行加权求和,计算得到上犹绿茶样品的内质的综合得

分(表 8)。 $Y$  得分由高到低排列顺序是: T3>T1>T5>T7>T2>T6>T4>T8。也即得分次序为:陶氏茶业毛尖>营前雾毫毛尖>油石樟毛尖>犹江绿叶毛尖>五指峰上洞茶厂云片>峻岭茗毫毛尖>忠誉鹰盘山黄金叶毛尖>光菇山毛尖。其中, T3 陶氏茶业毛尖样品得分最高, T8 光菇山毛尖得分最低。

表 7 成分得分系数矩阵  
Table 7 Component score coefficient matrix

品质成分	成份		
	PC1	PC2	PC3
儿茶素( $X_1$ )	0.25	0.07	-0.186
可溶性糖( $X_2$ )	0.23	0.06	0.123
茶多酚( $X_3$ )	0.21	-0.32	-0.075
游离氨基酸( $X_4$ )	-0.20	-0.18	0.33
黄酮( $X_5$ )	0.17	-0.08	0.43
可溶蛋白( $X_6$ )	-0.16	0.10	-0.39
咖啡碱( $X_7$ )	-0.02	0.53	0.51
水浸出物( $X_8$ )	0.08	0.50	-0.32

表 8 茶样综合得分  
Table 8 Composite score of tea samples

茶样	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y$	排名
T1	1.39	-0.55	0.42	0.64	2
T2	-0.65	1.64	-1.41	-0.22	5
T3	1.46	0.48	-0.16	0.77	1
T4	-0.57	-0.94	0.04	-0.44	7
T5	-0.91	0.83	1.17	-0.12	3
T6	-0.79	-0.36	0.97	-0.31	6
T7	0.39	-0.92	-1.15	-0.15	4
T8	-1.19	-0.85	-0.32	-0.78	8

### 3 讨论与结论

优良茶叶品质的取得与得天独厚的地理环境密不可分,上犹县茶叶产区良好的环境造就其茶树内含物质的丰盈,极大的促进了茶叶滋味、香气的提升<sup>[28-30]</sup>。本研究通过对 8 种上犹名优绿茶进行感官审评、内含成分检测,并结合主成分分析发现,8 种上犹名优绿茶感官品质综合得分由高到低排序为:五指峰上洞茶厂云片>峻岭茗毫>油石樟毛尖>忠誉黄金叶>陶氏茶业>营前雾毫>光菇山毛尖>犹江绿叶毛尖。8 个上犹名优绿茶均具有良好的代表性,基本达到了上犹绿茶地方标准规定的特点;但是,相当一部分产品具有高火香,在生产实践中需要按照地标要求加强指导和检查督促。8 种上犹名优绿茶内含物质成分含量(除个别样品外)均高于江西地方标准 DB36/T 631—2018 内对上犹绿茶的规定,表明上犹绿茶品质整体较为优良。

相关性分析显示,上犹名优绿茶水浸出物、可溶性

糖、茶多酚与汤色呈弱正相关,可溶性糖与香气呈弱正相关,游离氨基酸与滋味呈显著正相关,咖啡碱与滋味、香气呈高度正相关。值得注意的是,基于主成分分析的综合得分与感官审评得分排名并不一致,该主成分评判标准能很好的反应出上犹绿茶内含物质的变化,感官审评结果虽能最大程度反应出上犹绿茶加工水平的好坏,但会受人为因素的影响,评价上犹绿茶品质应两种方法兼顾更为科学合理,也为政府部门进行区域品牌、资源整合提供数据支撑。

综上,适量的茶多酚、黄酮、水浸出物、咖啡碱等成分共同形成了上犹名优绿茶“香高、味纯、耐泡、有效成分高”等品质特点,后期可结合GC-MS等技术手段对上犹名优绿茶开展分析,充分探究上犹名优绿茶形成的品质特点,为指导上犹绿茶的生产加工和茶叶的提质增效提供科学的数据支撑。

### 参考文献

- [1] 黄长林. 上犹县茶业现状与发展战略研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.  
HUANG CL. Study on the present situation and development strategy of tea industry in Shangyou County [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2005.
- [2] 好山好水出好茶—江西“上犹绿茶”[J]. 中国茶叶, 2016, 38(12): 25–26.  
Good things come out of good places—“Shangyou Green Tea” in Jiangxi Province [J]. China Tea, 2016, 38(12): 25–26.
- [3] 徐春晖, 王远兴. 基于UPLC-QTOF-MS结合非靶向代谢组学鉴别3种江西名茶[J]. 食品科学, 2022, 43(2): 316–323.  
XU CH, WANG YX. Non-targeted metabolomics based on ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry for discrimination of three Jiangxi famous teas [J]. Food Sci, 2022, 43(2): 316–323.
- [4] FLAIG M, QI S, WEI G, *et al.* Characterization of the key odorants in a high-grade Chinese green tea beverage (*Camellia sinensis* Jingshan cha) by means of the sensomics approach and elucidation of odorant changes in tea leaves caused by the tea manufacturing process [J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(18): 5168–5179.
- [5] 辛董董, 李东霄, 张浩. 不同茶类制茶过程中的化学变化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(2): 216–224.  
XIN DD, LI DX, ZHANG H. Chemical changes of different kinds of tea with the processing [J]. Food Res Dev, 2020, 41(2): 216–224.
- [6] LIU P, ZHENG P, GONG Z, *et al.* Comparing characteristic aroma components of bead-shaped green teas from different regions using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry combined with chemometrics [J]. Eur Food Res Technol, 2020, 246(9): 1703–1714.
- [7] 江新风. 江西特异茶树资源评价、鉴定及“黄金菊”新梢黄化的多组学分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.  
JIANG XF. Identification and evaluation of specific tea germplasm resources in Jiangxi Province and multiomics analysis of shoot etiolation in *Camellia sinensis* var. Huangjinju [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021.
- [8] XU C, LIANG L, LI Y, *et al.* Studies of quality development and major chemical composition of green tea processed from tea with different shoot maturity [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 142(25): 111055.
- [9] 张雪寒, 潘波旭, 宋勤飞, 等. 7种贵州名优绿茶品质化学成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(16): 5105–5111.  
ZHANG XH, PAN BX, SONG QF, *et al.* Analysis of quality chemical components of 7 kinds of famous green tea in Guizhou [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(16): 5105–5111.
- [10] 曹挥华, 江新风, 李琛, 等. 铅山引进茶树品种的红茶适制性及制茶品质研究[J]. 江西农业学报, 2022, 34(4): 145–149.  
CAO HH, JIANG XF, LI C, *et al.* Suitability of introduced cultivars in Yanshan for processing black tea and black tea quality evaluation [J]. Jiangxi Acta Agric, 2022, 34(4): 145–149.
- [11] LI S, ZHANG L, WAN X, *et al.* Focusing on the recent progress of tea polyphenol chemistry and perspectives [J]. Food Sci Hum Well, 2022, 11(3): 437–444.
- [12] 李琛, 江新风, 张贱根, 等. 基于不同海拔分布的庐山茶树资源品质成分变化研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(9): 2886–2891.  
LI C, JIANG XF, ZHANG JG, *et al.* Research on quality component changes of tea resource based on different altitude ranges in Lushan Mountain [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(9): 2886–2891.
- [13] 王治会, 岳翠男, 李琛, 等. 江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(1): 172–179.  
WANG ZH, YUE CN, LI C, *et al.* Diversity analysis and evaluation of chemical characteristics of tea germ-plasms in Jiangxi Province [J]. Jiangsu J Agric Sci, 2020, 36(1): 172–179.
- [14] 徐骥远, 陈斌, 卢利荣, 等. 浮梁楮叶种夏茶加工成红茶和绿茶的品质化学成分变化[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(5): 1604–1610.  
XU JY, CHEN B, LU LR, *et al.* Quality and chemical composition changes of black tea and green tea processed from Fuliang *Castanopsis sinensis* summer tea [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(5): 1604–1610.
- [15] 陈大林, 董鹏. 精心扶持, 着力推介全力打造“上犹绿茶”为全国知名品牌[J]. 老区建设, 2010, (12): 31–33.  
CHEN DL, DONG P. With careful support, efforts were made to promote “Shangyou Green Tea” as a national famous brand [J]. Old Area Constr, 2010, (12): 31–33.
- [16] 张贤忠, 刘铁兵, 郭小青, 等. 茶叶中蛋白质含量的测定[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(21): 9058–9059.  
ZHANG XZ, LIU TB, GUO XQ, *et al.* Determination of protein in tea [J]. Anhui Agric Sci, 2013, 41(21): 9058–9059.
- [17] 雷亚兰, 周志梅, 李瑾, 等. 基于主成分分析和聚类分析方法评价宝庆桂丁绿茶品质特性[J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 269–277.  
LEI YL, ZHOU ZM, LI J, *et al.* Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2022, 43(6): 269–277.
- [18] 顾谦, 陆锦时, 叶宝存. 茶叶化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2020.

- GU Q, LU JS, YE BC. Tea chemistry [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2020.
- [19] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.  
WAN XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2016.
- [20] MA X, RYU G. Effects of green tea contents on the quality and antioxidant properties of textured vegetable protein by extrusion-cooking [J]. Food Sci Biotechnol, 2019, 28: 67-74.
- [21] 郭颖, 陈琦, 黄峻榕, 等. 茶叶滋味与其品质成分的关系[J]. 茶叶通讯, 2015, 42(3): 13-15.  
GUO Y, CHEN Q, HUANG JR, *et al.* The tea flavor quality and its ingredients [J]. J Tea Commun, 2015, 42(3): 13-15.
- [22] YANG Z, KINOSHITA T, TANIDA A, *et al.* Analysis of coumarin and its glycosidically bound precursor in Japanese green tea having sweet-herbaceous odour [J]. Food Chem, 2009, 114(1): 289-294.
- [23] 陈华葵, 杨江帆. 不同岩区肉桂品种茶叶品质化学成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1287-1294.  
CHEN HK, YANG JF. Analysis of the chemical component on quality of Rougui tea in different rock areas [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(4): 1287-1294.
- [24] 陈敏星, 郭雅玲, 郭晓娜. 茶叶中色泽与滋味有效成分的研究态势[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1818-1823.  
CHEN MX, GUO YL, GUO XN. The research situation of tea and flavor constituents [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(6): 1818-1823.
- [25] 江新风, 李琛, 石旭平, 等. 高效液相色谱法对“黄金菊”茶中儿茶素和氨基酸组分含量的测定[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(5): 172-176.  
JIANG XF, LI C, SHI XP, *et al.* HPLC determination of catechin and amino acid components in *Camellia sinensis* 'Huangjinju' [J]. Food Res Dev, 2021, 42(5): 172-176.
- [26] 金孝芳, 罗正飞, 童华荣. 绿茶茶汤中主要滋味成分及滋味定量描述分析的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 343-346.  
JIN XF, LUO ZF, TONG HR. Study on the main taste components and quantitative description and analysis of taste in green tea soup [J]. Food Ind Technol Sci, 2012, 33(7): 343-346.
- [27] 曹学丽, 宋沙沙, 龙立梅. 绿茶品质及其审评方法的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(1): 47-52.  
CAO XL, SONG SS, LONG LM. Research process on quality assessment methods of green tea [J]. J Food Sci Technol, 2014, 32(1): 47-52.
- [28] ZHANG L, CAO QQ, GRANATO D, *et al.* Association between chemistry and taste of tea: A review [J]. Trends Food Sci Technol, 2020, 101: 139-149.
- [29] MOHANPURIA P, VINAY K, SUDESH YK. Tea caffeine: Metabolism, functions, and reduction strategies [J]. Food Sci Bio Technol, 2010, 19(2): 275-287.
- [30] QI DD, MIAO AQ, CAO JX, *et al.* Study on the effects of rapid aging technology on the aroma quality of white tea using GC-MS combined with chemometrics: In comparison with natural aged and fresh white tea [J]. Food Chem, 2018, 265: 189-199.

(责任编辑: 郑丽 韩晓红)

### 作者简介



张贱根, 副研究员, 主要研究方向为茶树资源利用。  
E-mail: 2279832809@qq.com



江和源, 博士, 研究员, 主要研究方向为茶叶化学与加工。  
E-mail: jianghy@tricaas.com



江新风, 博士, 副研究员, 主要研究方向为茶叶加工及资源利用。  
E-mail: jiangxinyue003@163.com