溪头滴水香绿茶化学成分分析与品质评价

方 捷[1], 方海涛[2], 唐志敏[1], 周 墨[1], 徐敏成[1*]

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016; 2. 歙县溪头镇人民政府, 黄山 245200)

摘 要: 目的 分析溪头滴水香绿茶的化学成分, 并进行品质评价。**方法** 采用相关性分析和主成分分析, 对溪头滴水香绿茶的感官指标和化学成分进行综合评价。**结果** 6 份溪头滴水香绿茶的感官品质综合得分从高到低排序为: 溪头>竹岭>汪满田=西坡>大北山>岱岭。不同产区的茶叶品质化学成分存在一定的差异, 水浸出物含量为 49.50%~52.40%, 游离氨基酸含量为 4.40%~5.80%, 茶多酚含量为 17.10%~19.10%, 儿茶素总量为 10.67%~14.24%, 水分含量为 1.86%~8.55%, 咖啡碱含量为 3.00%~3.70%。相关性分析结果显示, 滴水香绿茶的色、香、味等品质与氨基酸、水浸出物、酚氨比、儿茶素、酚碱比等有较强的关系。采用主成分分析建立综合品质得分数学模型, 6 件样品综合品质得分由高到低顺序为溪头>西坡>汪满田>竹岭>大北山>岱岭。**结论** 溪头滴水香绿茶具有优良的品质, 化学成分含量丰富, 滋味鲜爽、香气高, 但溪头滴水香绿茶的加工生产需要形成标准化工艺流程。本研究结果可为溪头滴水香绿茶的工艺、品质提升及宣传推广提供数据支撑和一定的理论依据。

关键词: 溪头滴水香绿茶; 感官评审; 品质化学成分; 相关性分析; 主成分分析

Chemical composition analysis and quality evaluation of Xitou dripping fragrant green tea

FANG Jie[1], FANG Hai-Tao[2], TANG Zhi-Min[1], ZHOU Mo[1], XU Min-Cheng[1*]

(1. *Nanjing Center of China Geological Survey*, *Nanjing* 210016, *China*; 2. *The Xitou Town People's Government of Shexian County*, *Huangshan* 245200, *China*)

ABSTRACT: Objective To analyze the chemical components of Xitou dripping fragrant green tea and evaluate its quality. **Methods** Correlation analysis and principal component analysis were used to evaluate the sensory indicators and chemical components of Xitou dripping fragrant green tea. **Results** The comprehensive sensory evaluation scores of 6 samples of Xitou dripping fragrant green tea ranked from high to low was as follows: Xitou>Zhuling>Wang Mantian=Xipo>Da Beishan>Dailing. There was a certain difference in the content of chemical composition between the different Xitou dripping fragrant green tea producing areas, 49.50%–52.40% for water extract, 4.40%–5.80% for free amino acid, 17.10%–19.10% for tea polyphenol, 10.67%–14.24% for total catechins, 1.86%–8.55% for water content, 3.00%–3.70% for caffeine. The correlation analysis results showed that the color, aroma and taste of Xitou dripping fragrant green tea were strongly related to amino acid, water extract, tea polyphenol-amino acid ratio, total catechins, tea polyphenol-caffeine ratio. The mathematical model of comprehensive score was established for the 6 samples by principal component analysis, and the comprehensive scores in descending order were as follows: Xitou>Xipo>Wang

基金项目: 全国地质调查项目组织实施费项目(DD20221834)

Fund: Supported by the Implementation and Organization of the National Geological Survey Projects (DD20221834)

***通信作者:** 徐敏成, 教授级高级工程师, 主要研究方向为基础地质、矿产地质。E-mail: 2392983797@qq.com

***Corresponding author:** XU Min-Cheng, Professor, Nanjing Center of China Geological Survey, Zhongshan East Road, Qinhuai District, Nanjing 210016, China. E-mail: 2392983797@qq.com

Mantian>Zhuling>Da Beishan>Dailing. **Conclusion**　The Xitou dripping fragrant green tea has excellent quality, which is rich in chemical constituents, has full-bodied fresh, high aroma, but it's need to form a standardized process. The results of this study will provide data supports and some theoretical basis for the production technology, quality improvement and promotion of the Xitou dripping fragrant green tea.

KEY WORDS: Xitou dripping fragrant green tea; sensory evaluation; quality chemical composition; correlation analysis; principal component analysis

0　引　言

滴水香是徽州地区优良的茶树品种, 1994 年《农业考古》曾记载滴水香与东海龙王的传说[1]。滴水香茶具有"外形紧结、滋味浓醇、色泽绿润、香气高爽"四大特点, 原主要分布在黄山市歙县溪头镇大谷运、岱岭、大北山一带, 后产区逐渐扩大到汪满田、木岭后、竦坑等地。

茶叶中含有丰富的化学物质, 相同的鲜叶在加工过程中, 不同的工艺也会导致化学成分发生变化, 茶叶的香气、滋味、口感也会不同[2−3]。目前, 茶叶品质的评价方法主要有感官评定、成分分析检测等, 感官评审具有方便、快捷等特点, 是茶叶品质评审的基本方法[4], 但会受感官评定员专业性、感官阈值和感官疲劳等不可控因素的干扰[5]; 成分分析检测技术较成熟, 结果准确, 但成本高、时间长, 且成分分析检测只能测定茶叶中各类物质的种类、含量, 而无法分析各类物质相互配合、相互反应、相互协调的作用[6]。近年来, 许多科技人员利用主成分分析、聚类分析等方法对贵州绿茶[7]、宝庆桂丁茶[8]、上犹绿茶[9]等进行茶叶品质的综合评价, 初步实现了更合理、快捷、准确的品质评判。

目前, 关于溪头滴水香绿茶的感官评价、生化成分分析和品质评价还未见报道, 茶叶品质、亮点与优势不系统, 品牌宣传与推广抓手不多, 是影响溪头滴水香绿茶的品牌建设和产业发展的主要因素。为充分了解溪头滴水香绿茶的品质, 本研究选择溪头镇不同产区 6 份滴水香茶叶样品, 开展感官评审和化学成分检测分析, 并采用相关性分析和主成分分析的方法, 综合研究与评价溪头滴水香绿茶的品质特征, 为溪头滴水香绿茶的工艺、品质提升及宣传推广提供数据支撑和一定的理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

6 件代表性溪头滴水香茶叶均从溪头镇不同村户购得, 具体茶样信息见表 1。实验中所选取的溪头滴水香茶叶来自该镇主要产区, 自南到北, 从丘陵到高山, 分别为溪头村、西坡村、汪满田、大北山、岱岭、竹岭, 鲜叶原料采摘于 2023 年 4 月 15 日左右, 按照歙县茶叶行业协会发布的歙县滴水香绿茶团体标准 T/SCX 001—2021《歙县滴水香绿茶》加工而成。加工流程为: 鲜叶拣剔、摊青、杀青、揉捻、做形、干燥。茶叶的感官评审和测试分析工作在中国农业科学院茶叶研究所完成。

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

表 1　溪头滴水香绿茶样品基本信息表
Table 1　Basic information of Xitou dripping fragrant green tea samples

编号	原料产地	加工	原料等级	年份
A1	歙县溪头镇西坡村	逸鸿茶厂	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日
A2	歙县溪头镇溪头村	逸鸿茶厂	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日
A3	歙县溪头镇岱岭	岱岭农户	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日
A4	歙县溪头镇大北山	大北山农户	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日
A5	歙县溪头镇汪满田	汪满田农户	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日
A6	歙县溪头镇竹岭	竹岭农户	一芽两叶	2023 年 4 月 18 日

1.2　仪器与设备

DHG-9203 电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒化学仪器有限公司); H1850R 高速冷冻离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司); LS120A 电子天平(精度 0.01 g, 上海天美天平仪器有限公司); DK-98-II 电热恒温水浴锅、FW177 中草药粉碎机(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); SHZ-III 循环水真空抽滤/抽气装置(上海亚荣生化仪器厂); 0.45 μm 有机膜

(上海市新亚净化器件厂)。

1.3 实验方法

1.3.1 感官评审

参照 GB/T 14487—2017《茶叶感官审评术语》和 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》, 在标准感官审评室中开展感官审评工作。用白底托盘分析天平准确称量样品 3.00 g(精确到 0.01 g), 首先评价绿茶的色泽、整碎度、净度、形状, 每组茶叶称取 10 份, 然后将茶叶倒入玻璃杯中, 加入 150 mL 沸水冲泡并盖上杯盖, 5 min 后将茶汤滤出, 待茶汤冷却, 将每组茶叶及茶汤随机编号, 由 10 位审评人员在独立审评室内进行打分, 样品的总得分为去掉一个最低分和一个最高分后的平均分, 评分方法见表 2。

1.3.2 茶样制备

准确称取 0.20 g(精确到 0.01 g)茶样于 10 mL 离心管中, 加入 5 mL 预热的 70%甲醇溶液, 搅拌均匀后, 立即移入 70℃的水浴锅中水浴 10 min(水浴 5 min 后摇匀一次), 冷却后 3500 r/min 离心 10 min, 残渣重复以上操作, 上清液移入 10 mL 容量瓶定容, 用 0.45 μm 有机膜过滤, 获得样品待测母液。

1.3.3 品质化学成分测定

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》; 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、儿茶素总量及组分的测定参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》。

1.4 数据处理

每个成分的检测均重复 3 次, 数据采用 SPSS Statistics 19 和 Microsoft Excel 2010 进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 感官评审分析结果

滴水香绿茶感官评审结果见表 2。溪头滴水香绿茶为螺形绿茶, 紧结, 整体评分较高, 梗和紧结度影响了 A1、A2、A5 的外形得分, 有爆点表明杀青温度较高。汤色评分中, 沉淀物和明亮度是评价的重要因素, 得分最高的为 A6, 微有沉淀, 明亮; 得分最低为 A3, 多沉淀、暗; 其他样品评价为明、较明, 微有沉淀、有沉淀。香气最高的茶为 A5, 清香且有花香, 得分 91 分; A4、A6 也带花香, 但略有烟味使得香气得分 A3 得分最低, 评价为烟, 可能是茶叶杀青过程中温度过高或提香与烘干温度偏高导致, A1、A2 提香工艺到位, 茶叶香气较高, 但略有火工。滋味评审 A5、A6 都是较甘醇、较鲜爽, 但是带有烟味影响了整体评价, 而 A1、A2 虽尚浓醇、尚甘爽、微涩, 但因为火候把控较好, 没有烟味, 得分反而略高; A3 仍因滋味中有烟味评价最低。叶底得分最高的为 A3、A4、A6, 最低的为 A5。

根据表 2 结果, A3 属于有加工缺陷的产品, 人为失误造成。6 份溪头滴水香绿茶的感官品质综合得分排序为 A2>A6>A5=A1>A4>A3, 即本次测试茶叶的感官品质次序为溪头>竹岭>汪满田=西坡>大北山>岱岭。

感官评审分析也表明溪头滴水香绿茶工艺加工过程中的工艺参数调控还有待提高, A1、A2 为规模化的厂家生产, 使用液化气、电生产, 工艺流程控制较规范; A3~A6 为农户自产, 杀青过程用的煤、柴火加热, 温度控制、杀青时间、投叶量没有标准, 依据自身经验判断, 存在偶然性和不确定性。因此在鲜叶质量、加工工艺基本相同的情况下, 规范化加工显得尤为重要。

表 2 溪头滴水香绿茶感官评审结果

Table 2 Sensory evaluation results of Xitou dripping fragrant green tea

编号	外形(25%)		汤色(10%)		香气(25%)		滋味(30%)		叶底(10%)		总分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
A1 西坡	盘花成颗粒状、较紧结、略有梗、深绿	87	黄、较明、微有沉淀	84	较高、略有火工、微闷	87	尚浓醇、尚甘爽、微闷、微涩	88	薄较软、带茎、黄绿	85	86.8
A2 溪头	盘花成颗粒状、较紧结、微有梗、深绿	88	浅黄、明、微有沉淀	85	较高、微有火工、微闷	88	尚浓醇、尚甘鲜、微闷、微涩	89	微软、较匀、黄绿	86	87.8
A3 岱岭	盘花成颗粒状、紧结、有爆点、黄绿稍深	90	浅黄、暗、多沉淀	82	烟	75	烟	75	较均匀、较绿	88	80.8
A4 大北山	盘结成颗粒状、紧结、有爆点、黄绿稍深	90	浅黄、明、微有沉淀	85	清香、微有花香、略烟	87	较甘醇、烟	83	较软、较匀、较绿	88	86.4
A5 汪满田	盘结成颗粒状、较紧结、有爆点、黄绿稍深	86	浅黄、明、有沉淀	84	清香、有花香、微烟	91	较甘醇、较鲜爽、略烟	86	薄较软、黄绿暗	83	86.8
A6 竹岭	盘花成颗粒状、紧结、有爆点、黄绿稍深	90	浅黄、明亮、微有沉淀	88	尚清香、微有花香、略烟	88	较甘醇、较鲜爽、烟	84	较均匀、较绿	88	87.3

2.2　品质化学特征

茶叶中的水浸出物是茶叶品质评价的重要指标[8], 直接反映了冲泡后茶汤中可溶性物质的多少, 影响着茶汤厚薄、滋味、香气、浓度等。由溪头滴水香绿茶品质化学成分含量表可知(表 3), 6 份溪头滴水香绿茶水浸出物平均含量为 50.72%, 水浸出物 A2>A1>A5=A6>A4>A3, A2 样品含量最高为 52.40%, A3 样品含量最低为 49.50%, 总体标准偏差为 1.08, 表明 6 个样品水浸出物含量差别不大。6 份样品水浸出物含量均显著高于 GB/T 14456.1—2017《绿茶》中大于等于 34%的规定, 这说明溪头滴水香绿茶茶汤中物质丰富, 整体品质优良且稳定。

茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称, 主要由黄烷醇类(主要是儿茶素类化合物)、花色素和花白素类、黄酮醇类、酚酸及缩酚酸类 4 类化合物组成, 是茶汤色泽、涩味、浓淡的主体, 是绿茶的重要品质指标[10−11]。其主要成分为儿茶素类化合物, 由 C、EC、EGC、ECG、EGCG 等组成[12], 有研究表明酯型儿茶素是影响茶叶品质的关键因子之一, 还具有抗突变防癌、降血脂抑菌、抗氧化、除固醇等功效[13−14]。本次研究发现 6 份溪头滴水香绿茶茶多酚含量 17.10%~19.10%, 平均含量为 17.97%, 排序为 A3>A2>A6>A1>A4>A5。儿茶素总量为 10.67%~14.24%, 平均含量 12.05%, 其中 C 含量为 1.07%~1.45%, EC 含量为 0.52%~0.66%, EGC 含量为 1.48%~2.21%, ECG 含量为 1.56%~1.98%, EGCG 含量为 5.66%~8.00%。茶多酚与儿茶素总量含量均高于 GB/T 14456.1—2017 中大于等于 11%、7%的规定, ECGC 含量也与全国主栽茶树品种 EGCG 平均含量相当[15]。游离氨基酸是茶叶呈现鲜爽滋味的主要物质[16], 对茶叶香气组成与变化也有重要影响[17], 特别是对于绿茶, 氨基酸直接影响着茶叶的品质[18−21]。顾谦等[22]研究认为茶叶中氨基酸含量与茶树代谢具有显著关系, 氨基酸含量越高表明茶树的代谢越旺盛, 则茶叶厚实丰满、嫩绿性持久, 制茶后的叶形也越漂亮。由表 3 可知 6 种溪头滴水香绿茶氨基酸含量为 4.40%~5.80%, 平均含量为 5.07%, 排序为 A2>A1>A6>A5>A4>A3。

咖啡碱是一种黄嘌呤生物碱化合物, 在茶叶中含量一般在 2%~4%之间, 是茶叶苦味的主要来源, 但咖啡碱能与氨基酸、酯类化合物结合形成一种鲜爽物质, 有改善茶汤滋味的作用, 也被视为茶叶品质的影响因素[23−25]。6 种溪头滴水香茶叶咖啡碱含量在 3.00%~3.70%之间, 平均含量为 3.33%, 咖啡碱含量较为稳定且在正常区间内。茶叶水分含量是影响茶叶品质的重要因子。水含量过高的话, 茶叶中的化学反应则越活跃, 会造成叶绿素变性与分解, 茶叶则会变褐变深, 影响色泽; 氨基酸、茶多酚等呈味物质也会迅速减少; 组成新茶香气的二甲硫、苯乙醇等芳香物质锐减, 导致茶叶品质降低, 水分超标的茶叶也不宜长期贮存。GB/T 14456.1—2017 规定水分含量应小于 7%, A5 样品水分含量(8.55%)不达标, 这与感官评审中“黄绿暗”的评语相符, 水分含量过多, 茶叶易劣变使色泽变深。这也印证了农户自产茶叶加工过程的非标准化, 存在偶然性和不确定性。

表 3　溪头滴水香绿茶品质化学成分含量(%)

Table 3　Quality chemical composition content of Xitou dripping fragrant green tea (%)

类别	A1 西坡	A2 溪头	A3 岱岭	A4 大北山	A5 汪满田	A6 竹岭	均值	标准偏差
水分	2.08	1.86	3.90	2.15	8.55	3.85	3.73	2.53
游离氨基酸总量	5.60	5.80	4.40	4.70	4.90	5.00	5.07	0.54
水浸出物	51.20	52.40	49.50	49.60	50.80	50.80	50.72	1.08
茶多酚	17.80	18.30	19.10	17.50	17.10	18.00	17.97	0.69
咖啡碱	3.40	3.60	3.20	3.10	3.70	3.00	3.33	0.28
儿茶素总量	12.16	11.74	12.78	10.68	14.24	10.67	12.05	1.36
EC	0.66	0.58	0.61	0.57	0.66	0.52	0.60	0.05
ECG	1.86	1.96	1.98	1.63	1.97	1.56	1.83	0.19
EGC	2.15	1.48	1.74	1.65	2.21	1.59	1.80	0.30
EGCG	6.42	6.48	7.00	5.71	8.00	5.66	6.55	0.87
C	1.07	1.24	1.45	1.12	1.40	1.34	1.27	0.15

注: 儿茶素(catechin, C); 表儿茶素(l-epicatechin, EC); 表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC); 表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG); 表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)。

2.3 品质化学成分与感官评审相关性分析

有学者研究表明绿茶茶汤中茶多酚、儿茶素、氨基酸、咖啡碱等滋味成分间存在协同作用[26]，茶叶的鲜爽滋味也受到酚氨比、儿茶素品质指数的影响[18,27–28]。在一定阈值内，咖啡碱与氨基酸、茶多酚的络合物能占据主导位置影响茶叶的品质，咖啡碱含量越高，则绿茶的品质越好[16,29–30]，因此本研究尝试用茶多酚与咖啡碱比值(酚碱比)来反映绿茶的品质。酯型儿茶素与非酯型儿茶素的比值在一定程度上比总儿茶素含量更能反映绿茶的差异[12]。本研究用品质化学成分与感官评审中的滋味、香气、汤色得分等相关性来研究茶叶品质评价方法。

由于感官评审结果中 A3 属于产品加工过程中有缺陷导致滋味、香气、汤色出现低分值，属于质量问题异常，因此在进行品质化学成分与感官评审相关性分析时，将 A3 数据剔除。

由表 4 可知，溪头滴水香绿茶主要品质化学成分之间、化学成分与感官评价指标之间具有一定的相关性。其中，氨基酸与水浸出物、滋味呈显著相关关系，与茶多酚也有一定的相关性；水浸出物与滋味呈显著相关关系，与其他化学成分也有较强的相关性；儿茶素总量与酚碱比具有显著的负相关性，与香气、咖啡碱具有较强的相关性；茶多酚与其他指标相关性不强，特别是与香气呈负相关性，与滋味相关性也仅为 0.425，这是因为茶多酚是涩味形成的主要物质，超过一定限度后会对茶叶品质带来消极影响，茶多酚含量高，虽然茶汤浓度加大，但是鲜醇度降低，苦涩味加重而引起味感的质变[31–32]。咖啡碱与滋味、香气具有较强的相关性；酚氨比与滋味具有显著的负相关性；酚碱比与汤色具有较强的相关性；酯型非酯型比与滋味有一定相关性。这些结果说明溪头滴水香绿茶的色、香、味等品质与氨基酸、酚氨比、儿茶素、咖啡碱、酚碱比等有较强的关系。

2.4 主成分分析

根据品质成分与感官指标相关性的分析结果，对其中的 5 个品质成分进行主成分分析，由表 5 可知，提取其中 2 个主成分因子，贡献率分别为 64.630%和 29.066%，2 个主成分的累计贡献率达到 93.696%。

从表 6 可以看出，对第 1 主成分贡献较大的是水浸出物、氨基酸、酚氨比和酚碱比，其中水浸出物和氨基酸具有较大正载荷，酚氨比和酚碱比具有较大负载荷。氨基酸主要是鲜味的来源，可以将该主成分定义为“鲜味因子”。对第 2 主成分贡献较大的是儿茶素总量和酚碱比，儿茶素类化合物是茶汤浓淡的重要因素，构成了茶汤涩味的主体，可以将该主成分定义为“浓郁因子”。根据成分得分系数矩阵(表 7)，两者的回归方程为式(1)~(2):

$$F_1=0.336X_1-0.15X_2-0.319X_3-0.097X_4+0.308X_5 \quad (1)$$

$$F_2=0.649X_2-0.11X_1+0.038X_3-0.47X_4-0.016X_5 \quad (2)$$

根据主成分的特征值和贡献率，主成分得分 F 的计算公式见式(3)。

$$F=0.6463F_1+0.29066F_2 \quad (3)$$

对溪头滴水香绿茶品质化学成分进行标准化处理后得到无量纲数据，利用公式(3)计算得到综合得分(表 8)，F 的得分由高到低为 A2>A1>A5>A6>A4>A3，即溪头>西坡>汪满田>竹岭>大北山>岱岭。

表 4 溪头滴水香绿茶主要品质化学成分相关性矩阵

Table 4 Correlation coefficient matrix of quality components of Xitou dripping fragrant green tea

项目	氨基酸	水浸出物	儿茶素总量	茶多酚	咖啡碱	酚氨比	酚碱比	酯型非酯型比	儿茶素品质	滋味	香气	汤色
氨基酸	1											
水浸出物	0.903*	1										
儿茶素总量	0.058	0.223	1									
茶多酚	0.708	0.652	–0.592	1								
咖啡碱	0.449	0.581	0.856	–0.199	1							
酚氨比	–0.964**	–0.876	–0.302	–0.499	–0.624	1						
酚碱比	–0.264	–0.377	–0.921*	0.418	–0.972**	0.476	1					
酯型非酯型比	0.477	0.658	0.342	0.238	0.733	–0.483	–0.618	1				
儿茶素品质	0.373	0.606	–0.081	0.524	0.323	–0.256	–0.158	0.858	1			
滋味	0.930*	0.899*	0.413	0.425	0.740	–0.985**	–0.596	0.605	0.347	1		
香气	–0.257	0.097	0.830	–0.574	0.619	0.083	–0.671	0.331	0.141	0.060	1	
汤色	–0.225	–0.085	–0.654	0.448	–0.728	0.421	0.813	–0.367	0.147	–0.477	–0.204	1

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。

表 5　主成分的特征值和贡献率
Table 5　Eigen values and variance contribution rates of principal components

成分	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	3.231	64.630	64.630	3.231	64.630	64.630
2	1.453	29.066	93.696	1.453	29.066	93.696
3	0.237	4.744	98.440			
4	0.055	1.096	99.536			
5	0.023	0.464	100.000			

表 6　成分矩阵
Table 6　Component matrix

品质成分	成分	
	1	2
酚氨比	–0.950	0.187
水浸出物	0.938	–0.153
氨基酸	0.936	–0.295
酚碱比	–0.743	–0.612
儿茶素总量	0.147	0.966

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

品质成分	成分	
	1	2
游离氨基酸总量	0.336	–0.110
儿茶素总量	–0.150	0.649
酚氨比	–0.319	0.038
酚碱比	–0.097	–0.470
水浸出物	0.308	–0.016

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

茶样	F_1	F_2	F	排名
A1 西坡	0.3563	–0.04127	0.21828	2
A2 溪头	0.56655	–0.08892	0.340317	1
A3 岱岭	–0.50246	–0.03776	–0.33571	6
A4 大北山	–0.14273	–0.3531	–0.19488	5
A5 汪满田	0.017888	0.613284	0.189818	3
A6 竹岭	0.065276	–0.51005	–0.10606	4

3　讨论与结论

优异的地理环境, 使得溪头滴水香绿茶具有优良的品质。溪头滴水香绿茶具有较高的水浸出物和游离氨基酸含量, 水浸出物平均含量高达 50.72%, 氨基酸平均含量达 5.07%, 酯型儿茶素平均含量达 8.38%, 是一款物质含量丰富, 鲜爽、香气高的产品。由于光照、海拔、温度等因素造成不同茶园溪头滴水香绿茶的理化成分存在一定的差异, 其中, 水浸出物、游离氨基酸总量、儿茶素总量、酚氨比、酚碱比等与茶叶品质有较为明显的相关性。感官评审得分与茶叶综合得分的排名基本一致, 说明该主成分分析方法能够有效地反映溪头滴水香绿茶品质成分的变化, 感官评审结果则直接反映的是消费者体验。

值得注意的是, 感官评审中滋味、香气评判中出现“烟”“闷”“有火工”及 A5 样品水分含量超过 7%, 说明农户在溪头滴水香绿茶加工过程中工艺参数掌握不规范, 建议当地茶叶主管部门联合规模化茶企, 探索形成标准化加工工艺流程, 稳定提升茶叶品质, 加大资源整合和品牌建设力度, 深度发挥溪头滴水香绿茶优势, 成为乡村振兴产业发展的有力抓手。

参考文献

[1] “滴水香”茶的传说[J]. 农业考古, 1994, (2): 288.
The legend of dripping fragrant green tea [J]. Agric Archaeol, 1994, (2): 288.

[2] 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.

[3] 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 sensomicsapproach and elucidation of odorant changes in tea leaves caused by the tea manufacturing process [J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(18): 5168–5179.

[4] 刘奇, 欧阳建, 刘昌伟, 等. 茶叶品质评价技术研究进展[J]. 茶叶科学, 2022, 42(3): 316–330.
LIU Q, OUYANG J, LIU CW, *et al*. Research progress of tea quality evaluation techniques [J]. J Tea Sci, 2022, 42(3): 316–330.

[5] 温立香, 张芬, 何梅珍, 等. 茶叶品质评价技术的研究现状[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(15): 197–204.
WEN LX, ZHANG F, HE MZ, *et al*. Research situation for evaluation technology of tea quality [J]. Food Res Dev, 2018, 39(15): 197–204.

[6] 欧伊伶, 张娅楠, 覃丽, 等. 茶叶色香味品质评价方法研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 342–360.
OU YL, ZHANG YN, QIN L, *et al*. Research advances on quality evaluation methods of tea color, aroma and taste [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(6): 342–360.

[7] 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.

[8] 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.
[9] 张贱根, 刘均华, 刘知远, 等. 基于相关性和主成分分析的上犹名优绿茶品质评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(3): 285–292.
ZHANG JG, LIU JH, LIU ZY, *et al*. Quality analysis of Shangyou famous green tea based on correlation and principal component analysis [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(3): 285–292.
[10] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
WAN XC. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2003.
[11] 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.
[12] 王海利, 杨秀芳, 孔俊豪, 等. 不同品种名优绿茶理化品质及挥发性成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(18): 217–223.
WANG HL, YANG XF, KONG JH, *et al*. Analysis of physical and chemical indicators and aroma components of different green tea [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(18): 217–223.
[13] PIMPISID K, SARAWUT K, CHARIRAT U, *et al*. Green tea extract modulates oxidative tissue injury in beta-thalassemic mice by chelation of redox iron and inhibition of lipid peroxidation [J]. Biomed Pharmacother, 2018. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.10.017
[14] YEDIDYA Z, MEITAL K, YOAV D, *et al*. Improved antioxidant activity, bioaccessibility and bioavailability of EGCG by delivery in *β*-lactoglobulin particles [J]. J Funct Foods, 2019, 52: 121–130.
[15] 郑红发, 黄亚辉, 黄怀生, 等. 高EGCG茶资源筛选及适制地域研究[J]. 福建茶叶, 2007, (2): 16–18.
ZHENG HF, HUANG YH, HUANG HS, *et al*. Research on the resources screening and suitable processing region of rich EGCG tea [J]. Tea Fujian, 2007, (2): 16–18.
[16] 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.
[17] ZHANG L, CAO QQ, GRANATO D, *et al*. Association between chemistry and taste of tea: A review [J]. Trends Food Sci Technol, 2022, 101: 139–149.
[18] 徐骥远, 陈斌, 卢利荣, 等. 浮梁槠叶种夏茶加工成红茶和绿茶的品质化学成分变化[J]. 食品质量安全检测学报, 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.
[19] 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.
[20] 李琛, 江新凤, 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 Montain [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(9): 2886–2891.
[21] XU YQ, ZHANG YN, CHEN JX, *et al*. Quantitative analyses of the bittemess and astringency of catechins from green tea [J]. Food Chem, 2018, 258: 16–24.
[22] 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, 2002.
GU Q, LU JS, YE BC. Tea chemistry [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2002.
[23] 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.
[24] 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.
[25] 江新凤, 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] 许伟, 彭影琦, 张拓, 等. 绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 36–41.
XU W, PENG YQ, ZHANG T, *et al*. Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality [J]. Food Sci, 2019, 40(11): 36–41.
[28] 桂安辉, 高士伟, 叶飞, 等. 不同产地扁形绿茶的品质成分差异分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(20): 218–229.
GUI ANH, GAO SW, YE F, *et al*. Different analysis of quality components of flat green tea from different producing areas [J]. Food Ind Technol Sci, 2020, 41(20): 218–229.
[29] 黄炎, 陈国光, 李雪平. 武夷山茶叶品质与土壤地球化学背景特征关系探讨[J]. 华东地质, 2020, 41(2): 166–176.
HUANG Y, CHEN GG, LI XP. Discussion on the relationship between Wuyishan tea quality and geochemistry background characteristics [J]. East China Geol, 2020, 41(2): 166–176.
[30] 程焕, 贺玮, 赵镭, 等. 红茶与绿茶感官品质与其化学组分的相关性[J]. 农业工程学报, 2012, 28(S1): 375–380.
CHENG H, HE W, ZHAO L, *et al*. Correlation between sensory attributes and chemical components of black and green tea [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2012, 28(S1): 375–380.
[31] 施兆鹏. 茶叶加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
SHI ZP. Tea processing science [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997.
[32] 刘小文, 高晓余, 何月秋, 等. 几种微量元素对茶树生理及茶叶品质的影响[J]. 广东农业科学, 2010, 37(6): 162–165.
LIU XW, GAO XY, HE YQ, *et al*. Effect of several trace elements on the tea plant physiological and tea quality [J]. Guangdong Agric Sci, 2010, 37(6): 162–165.

(责任编辑: 张晓寒 于梦娇)

作者简介

方 捷, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为资源评价。
E-mail: fangjie8785@163.com

徐敏成, 教授级高级工程师, 主要研究方向为基础地质、矿产地质。
E-mail: 2392983797@qq.com