DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260304006
引用格式: 王淑腾, 彭欣悦, 葛悦, 等. 秭归丝绵茶冲泡条件工艺优化及品质分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(18): 59–66.
Wang Shuteng, Peng Xinyue, Ge Yue, et al. Optimization of brewing conditions and quality analysis of Zigui Simian tea [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(18): 59–66. (in Chinese with English abstract).

秭归丝绵茶冲泡条件工艺优化及品质分析

王淑腾[1,2], 彭欣悦[1], 葛　悦[3], 周立永[3], 龚颖年[4], 陈玉琼[1*]

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 武汉　430070; 2. 深圳市深宝华城科技有限公司, 深圳　518000; 3. 秭归县农业农村局, 宜昌　443600; 4. 九畹丝绵茶业有限公司, 宜昌　443600)

摘　要: 目的　优化秭归丝绵茶冲泡条件工艺, 并分析其品质。**方法**　采用单因素和正交实验的方法, 通过感官评价和主要理化成分分析, 对冲泡茶水比、水温度、冲泡时间和冲泡次数进行工艺优化并分析其对丝绵茶品质的影响。**结果**　单因素冲泡实验结果表明, 80~90 ℃冲泡时茶汤汤色浅绿明亮、香气为嫩栗香、滋味较鲜醇, 叶底嫩绿明亮; 茶水比(1:40~1:50, g:mL)时汤色浅绿明亮、嫩栗香尚浓、滋味尚鲜醇; 一泡 40~60 s、二泡 40~60 s、三泡 40~80 s 时茶汤综合感官品质最优。正交实验表明, 冲泡温度是决定丝绵茶感官总分、香气纯度与叶底色泽的核心因素, 茶水比影响汤色明亮度与滋味鲜醇度; 80~85 ℃、茶水比(1:40~1:50, g:mL)、冲泡时间 40~60 s 冲泡时茶汤汤色浅绿明亮、嫩栗香较高、滋味鲜醇, 叶底嫩绿明亮。品质成分分析表明, 茶汤茶多酚浓度受冲泡温度影响最大, 呈高度正相关, 其他指标受茶水比影响最大, 呈高度负相关; 冲泡时间对各指标影响不明显(P>0.05)。**结论**　本研究优化的冲泡条件下能更好展现秭归丝绵茶的色香味品质, 为科学冲泡丝绵茶提供理论基础和实践指导。

关键词: 丝绵茶; 冲泡条件; 感官品质; 品质成分
中图分类号: TS272.5　　**文献识别码:** A　　**文章编号:** 2095–0381(2026)18–0059–08

Optimization of brewing conditions and quality analysis of Zigui Simian tea

WANG Shu-Teng[1,2], PENG Xin-Yue[1], GE Yue[3], ZHOU Li-Yong[3], GONG Ying-Nian[4], CHEN Yu-Qiong[1*]

(1. *College of Horticulture and Forestry Sciences*, *Huazhong Agricultural University*, *National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Fruit*, *Vegetable and Horticultural Crops*, *Wuhan* 430070, *China*; 2. *Shenzhen Shen Bao Hua Cheng Technology Co., Ltd.*, *Shenzhen* 518000, *China*; 3. *Zigui County Agricultural and Rural Bureau*, *Yichang* 443600, *China*; 4. *Jiuwan Simian Tea Industry Co., Ltd.*, *Yichang* 443600, *China*)

ABSTRACT: Objective　To optimize the brewing conditions of Zigui Simian tea, and analyze its quality. **Methods**　By means of single-factor and orthogonal experiments, through sensory evaluation and analysis of the main physical and chemical components, the process optimization of the tea-to-water ratio, water temperature, brewing time and brewing frequency was carried out, and their influences on the quality of Simian tea were analyzed. **Results**　The single-factor brewing experiment results showed that brewing at 80–90 ℃ produced tea infusions with light-green and bright liquor,

收稿日期: 2026-03-04
第一作者: 王淑腾(2001—), 女, 硕士, 主要研究方向为茶叶加工利用、茶叶品质与安全。E-mail: wangst@webmail.hzau.edu.cn
***通信作者:** 陈玉琼(1968—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶加工利用、茶叶品质与安全。E-mail: chenyq@mail.hzau.edu.cn

tender chestnut-like aroma, relatively fresh-mellow taste, and tender-green bright infused leaves. At a tea-to-water ratio of 1:40–1:50 (g:mL), the liquor was light-green and bright with moderately strong tender chestnut-like aroma and moderately fresh-mellow taste. The optimal comprehensive sensory quality was obtained with 40–60 s for the first infusion, 40–46 s for the second infusion and 40–80 s for the third infusion. Orthogonal experiments indicated that brewing temperature was the core factor determining the total sensory score, aroma purity and infused-leaf colour of Simian tea; tea-to-water ratio affected liquor brightness and taste freshness-mellowness. Under the conditions of 80–85 ℃, tea-to-water ratio of 1:40–1:50 (g:mL) and brewing duration of 40–60 s, the tea infusion exhibited light-green bright liquor, prominent tender chestnut-like aroma and fresh-mellow taste, and tender-green bright infused leaves. Quality component analysis demonstrated that tea polyphenol concentration in infusion was most strongly affected by brewing temperature, showing a high positive correlation; other indicators were most influenced by tea-to-water ratio, presenting a high negative correlation. Brewing time exerted no significant effect on all indicators (P>0.05). **Conclusion** The optimized brewing conditions in this study can better manifest the colour, aroma and taste qualities of Zigui Simian tea, providing theoretical basis and practical guidance for its scientific brewing.

KEY WORDS: Simian tea; brewing conditions; sensory quality; quality components

0 引 言

丝绵茶产自湖北省宜昌市秭归县, 是秭归具有代表性的名优茶叶, 因其清花香、鲜醇味的优异品质和鲜叶断面“银丝万缕、银光夺目”, 富含“丝”的特点受到关注[1–2]。丝绵茶独特品质的形成受品种、环境条件、加工工艺等影响, 而品饮时, 丝绵茶品质的呈现则受冲泡条件影响较大。

茶叶的冲泡条件包括投茶量、冲泡水温、冲泡时间、冲泡次数等, 这些冲泡参数对茶汤色泽、香气和滋味等感官品质影响明显[3–4]。Zhang 等[5]探究了冲泡条件对福鼎白茶茶汤滋味的影响, 认为在水温 100 ℃, 茶水比 1:50 (g:mL, 下同), 冲泡 3 min 时综合得分最高。姚林等[6]针对白茶、红茶和乌龙茶冷泡茶的冲泡条件进行了研究, 最终得出这 3 类茶的最佳冲泡条件, 对提高冷泡茶品质和科学冲泡冷泡茶提供了参考。陶冬冰等[7]探究了不同冲泡条件对六安瓜片不同目标滋味(涩、苦、鲜、咸、甜、酸)的影响, 发现冲泡水质是影响多种滋味的关键因素。郭桂义等[8]探究出在冲泡水温 85 ℃、冲泡 4 min, 茶多酚和氨基酸浸出率较好, 茶汤滋味较佳; 条索紧结的茶样以茶水比为 3:150 时品质较好, 条索松散的茶样以茶水比为 4:150 时品质较好。程筱阳等[9]研究发现蒲公英茶冲泡时间 5 min, 冲泡温度 94 ℃, 茶水比 1:50, 总黄酮、总多酚、总多糖和总氨基酸含量相对较高, 抗氧化活性也较强。因此不同茶类因其原料特性、加工工艺的差异, 其最佳冲泡条件也不尽相同。

目前秭归丝绵茶的研究多集中于鲜叶非挥发性成分、丝形态结构及产业文化传承[1,2,10]等方面, 针对冲泡条件参数的优化研究较少, 因此本研究以丝绵茶特级为材料, 选用常用盖碗器具冲泡, 采用单因素和正交实验, 研究了丝绵茶主要冲泡参数: 茶水比、冲泡水温度、冲泡时间和冲泡次数对丝绵茶品质的影响, 为科学冲泡丝绵茶提供理论基础和实践指导, 也为消费者更好体验丝绵茶品质, 进而促进丝绵茶消费, 为推动丝绵茶良性发展奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

秭归丝绵茶特级, 由九畹丝绵茶业有限公司提供, 2024 年 4 月 3 日生产。

福林酚、丙酮、甲醇、乙醇、浓硫酸、蒽酮、茚三酮、碳酸钠(分析纯)、葡萄糖(纯度≥98%)、咖啡碱标准品(纯度>98%)(国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

AW220 型电子分析天平(感量 0.0001 g, 日本 Shimadzu 公司); LD-5-10 型离心机(北京医用离心机厂); HH-2 系列恒温水浴锅(江苏金坛中大仪器厂); 722 型可见光分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司); CS-820N 型台式分光测色仪(上海精密仪器仪表有限公司); 101-3B 型电热恒温干燥箱(上海尚普仪器设备有限公司); SHZ-3 型循环水多用真空泵(上海沪西仪器厂有限公司); CLXXXUVM2 型实验室超纯水机(Veolia Water Solutions & Technologies)。

1.3 实验方法

1.3.1 单因素实验

称取一定量茶叶置于 150 mL 白瓷杯中(统一用水量 150 mL), 按照相应冲泡条件进行冲泡, 冲泡结束后, 茶汤沥入 240 mL 白瓷碗中, 对茶汤进行感官审评, 每个实验重复 3 次。冲泡温度设置 70、80、90、100 ℃, 茶水比为 1:50, 冲泡时间为 60 s; 茶水比设置 1:30、1:40、1:50、1:60, 冲

泡温度为优化温度, 冲泡时间为 60 s; 冲泡时间设置 20、40、60、80 s, 茶水比为 1:50, 温度为优化温度; 多次冲泡时间设置: 在第一次冲泡基础上, 第二泡、第三泡冲泡时间为 20、40、60、80 s, 茶水比为 1:50, 温度为优化温度。

1.3.2　正交实验

在单因素冲泡实验基础上, 选取冲泡温度(*A*: 80、85、90 ℃)、冲泡时间(*B*: 40、50、60 s)和茶水比(*C*: 1:30、1:40、1:50)进行正交实验, 采用 $L_9(3^3)$正交因素水平如表 1 所示。

表 1　特级丝绵茶正交实验冲泡条件因素水平表

Table 1　Table of factor and level of orthogonal experiment for brewing conditions of premium Simian tea

水平	*A*: 冲泡温度/℃	*B*: 冲泡时间/s	*C*: 茶水比(g:mL)
1	80	40	1:30
2	85	50	1:40
3	90	60	1:50

1.3.3　感官审评

参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》, 由 4 名经过专业培训的审评人员进行感官审评, 并对各项进行定量打分, 总分 100 分, 审评因子及权数分别为: 香气(35%), 汤色(15%), 滋味(40%), 叶底(10%)。

1.3.4　理化成分测定

茶多酚浓度参照 GB/T 831—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中福林酚比色法测定; 游离氨基酸浓度参照GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》, 采用茚三酮比色法测定; 茶汤可溶性糖浓度的测定采用蒽酮比色法[11]; 茶汤咖啡碱浓度的测定 GB/T 8312—2013《茶 咖啡碱测定》, 采用高效液相色谱法测定, 以咖啡碱标准品外标法进行定性与定量; 黄酮浓度的测定采用三氯化铝比色法[12]。

1.4　数据处理

数据表示为平均值±标准偏差, 采用 Microsoft Excel 2016 及 IBM SPSS Statistics 26 软件进行数据分析, 采用 Duncan 法进行显著性分析(P<0.05)。

2　结果与分析

2.1　单因素冲泡实验结果分析

2.1.1　冲泡条件对丝绵茶茶汤感官品质的影响

不同冲泡条件下, 丝绵茶茶汤的感官审评结果如图 1、表 2 所示。通过对各因素的梯度实验分析, 可明确各参数的最优水平区间, 为后续正交实验的水平设计提供直接依据。茶水比 1:50, 冲泡时间 60 s 条件下, 随冲泡温度升高, 茶汤感官审评总分呈先升后降趋势, 80 ℃处理总分最高, 90 ℃次之, 二者无显著差异(P>0.05), 均显著高于 100 ℃处理; 100 ℃处理总分最低, 与 70 ℃无显著差异(P>0.05)。汤色与香气评分随温度升高呈下降趋势, 70 ℃与 80 ℃差异不显著, 显著高于 90 ℃和 100 ℃处理(P<0.05), 能更好展现丝绵茶浅绿亮的汤色和嫩栗香型特质; 滋味评分 90 ℃处理最高, 与 80 ℃无显著差异(P>0.05); 100 ℃处理时叶底评分显著低于其他处理(P<0.05)。80~90 ℃处理时茶汤汤色浅绿明亮、嫩栗香纯正、滋味鲜醇, 综合品质最优; 70 ℃处理品质成分浸出不足、100 ℃导致香气挥发, 均不适宜作为优化水平, 因此正交实验选取 80、85、90 ℃为温度水平。

冲泡茶水比显著影响茶汤质量, 茶汤浓度过高或过低都会影响其滋味表现[13]。在冲泡时间 60 s, 水温 80 ℃条件下, 随着茶水比增大, 感官评分总分也呈现先升后降趋势, 最优区间为茶水比 1:40~1:50, 茶水比为 1:40 时得分最高。汤色在茶水比 1:50 时表现为浅绿明亮, 评分最高; 香气在茶水比1:30~1:50间无显著差异, 在茶水比1:60时显著低于上述3组(P<0.05); 滋味评分在茶水比1:40和1:50时最佳, 两者无显著差异(P>0.05)。叶底各处理间差异不明显。综合比较, 茶水比 1:40 的香气、滋味和总分得分最高品质最优。



图 1　特级丝绵茶干茶、茶汤、叶底图片

Fig.1　Pictures of dry tea, tea soup and infused leaves of premium Simian tea

在冲泡温度 80 ℃, 茶水比 1:40, 随冲泡时间延长, 一泡时间在 40~60 s 区间时感官评价最优, 汤色浅黄绿明亮, 香气有嫩栗香, 滋味尚鲜醇, 叶底嫩绿明亮; 一泡冲泡时间 40 s 时, 二泡冲泡时间同样为 40 s 最佳, 此时评分最高, 80 s 时评分最低; 一泡二泡均为 40 s 时, 三泡则以 80 s 时评分最高, 显著优于其他时间处理(P<0.05)。

综合各项得分, 特级茶以冲泡温度为 80~90 ℃, 茶水比 1:40~1:50, 冲泡时间一泡 40~60 s、二泡 40~60 s、三泡时间分别为 40~80 s, 能较好展现出特级丝绵茶的风味品质。

2.1.2　冲泡条件对丝绵茶茶汤主要品质成分的影响

感官审评结合理化指标分析是评估冲泡条件影响茶叶品质的有效方式[14]。冲泡条件对茶叶品质成分的浓度具有明显影响, 冲泡温度、茶水比、冲泡时间等共同决定了茶叶主要品质成分的浸出率及它们之间的相互作用, 进而影响茶汤的风味[15]。丝绵茶茶汤中主要品质成分浓度如表 3 所示。茶汤茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖、黄酮和咖啡碱浓度随温度升高均显著上升(P<0.05), 100 ℃时各成分浓度最高, 但酚氨比显著升高, 不利于滋味品质[16–17]。70~90 ℃酚氨比无显著差异。茶氨酸作为茶叶中主要的氨基酸, 赋予茶汤鲜爽的口感, 低温冲泡更有利于茶氨酸的保留和浸出, 高温冲泡会降低其含量或改变其比例[18], 同时, 过高的水温也可能引起某些酚类物质的氧化聚合, 影响茶汤的色泽和风味[19]。

随着茶水比增大, 各成分浓度显著下降, 1:30 处理时茶汤茶多酚、游离氨基酸、咖啡碱等品质成分浓度最高, 酚氨比最低; 1:60 处理茶时茶多酚、游离氨基酸、黄酮、咖啡碱浓度最低, 茶汤口感较淡。

表 2 不同冲泡处理下特级丝绵茶茶汤的感官品质评分

Table 2 Sensory quality scores of premium Simian tea soup under different brewing conditions

处理		汤色(15%)		香气(35%)		滋味(40%)		叶底(10%)		总评分/分
		评语	评分/分	评语	评分/分	评语	评分/分	评语	评分/分	
温度	70 ℃	嫩绿明亮	92.5±0.2^{a}	嫩栗香尚浓	92.0±0.2^{a}	尚鲜醇	87.0±0.1^{c}	嫩绿明亮	92.0±0.3^{a}	90.1±0.3^{ab}
	80 ℃	浅绿明亮	92.0±0.1^{a}	嫩栗香尚浓	92.0±0.1^{a}	较鲜醇	90.0±0.2^{ab}	嫩绿明亮	92.0±0.2^{a}	91.2±0.2^{a}
	90 ℃	较绿, 明亮	90.0±0.1^{b}	嫩栗香	90.0±0.1^{b}	鲜浓	91.0±0.2^{a}	绿明亮	91.0±0.1^{a}	90.5±0.1^{a}
	100 ℃	绿较明亮	88.0±0.1^{c}	有嫩栗香	88.0±0.1^{c}	浓尚鲜	88.0±0.1^{b}	较绿明亮	89.0±0.1^{b}	88.1±0.1^{b}
茶水比	1:30 (g:mL)	绿较明亮	87.2±0.3^{c}	嫩栗香尚浓	92.0±0.2^{a}	尚浓醇	88.0±0.1^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.3^{a}	89.7±0.2^{c}
	1:4 (g:mL)	浅黄绿较明亮	90.2±0.3^{b}	嫩栗香较浓	93.0±0.3^{a}	较鲜醇	90.5±0.3^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.2^{a}	91.5±0.3^{a}
	1:50 (g:mL)	浅绿明亮	92.0±0.1^{a}	嫩栗香尚浓	92.0±0.1^{a}	较鲜醇	90.0±0.2^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.3^{a}	91.2±0.1^{b}
	1:60 (g:mL)	浅淡, 明亮	90.0±0.1^{b}	有嫩栗香	89.0±0.1^{b}	醇和	86.0±0.1^{c}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	88.3±0.1^{d}
一泡时间	20 s	浅黄绿明亮	90.0±0.1^{ab}	嫩栗香浓	94.0±0.3^{a}	尚鲜醇	87.0±0.1^{d}	嫩绿明亮	92.0±0.2^{a}	90.4±0.2^{b}
	40 s	浅黄绿明亮	90.3±0.6^{a}	嫩栗香浓	94.0±0.2^{a}	醇尚鲜	89.8±0.3^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.2^{a}	91.6±0.2^{a}
	60 s	浅黄绿明亮	90.0±0.1^{ab}	嫩栗香较浓	93.0±0.2^{b}	较鲜醇	90.5±0.2^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	91.5±0.2^{a}
	80 s	浅黄绿较明亮	89.7±0.3^{b}	嫩栗香	91.0±0.1^{c}	醇尚鲜	89.0±0.1^{c}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	90.1±0.1^{b}
二泡时间	20 s	浅绿明亮	92.0±0.0^{a}	嫩栗香	91.0±0.0^{b}	较鲜浓	89.0±0.0^{ab}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	90.5±0.0^{bc}
	40 s	浅黄绿明亮	91.2±0.8^{a}	嫩栗香	91.2±1.4^{b}	较鲜醇	90.3±1.4^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	90.9±0.2^{a}
	60 s	浅黄绿明亮	91.2±0.8^{a}	嫩栗香尚浓	93.0±0.0^{a}	醇尚鲜	88.0±0.0^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	90.6±0.1^{b}
	80 s	浅黄绿明亮	91.8±0.3^{a}	嫩栗香	91.7±0.6^{ab}	醇尚鲜	88.0±0.0^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	90.3±0.2^{c}
三泡时间	20 s	浅绿明亮	92.8±0.3^{a}	嫩栗香低	89.3±0.6^{c}	醇和	86.0±0.0^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	88.8±0.2^{c}
	40 s	浅绿明亮	93.0±0.0^{a}	嫩栗香	90.0±0.0^{b}	醇尚鲜	87.5±0.0^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	89.7±0.0^{b}
	60 s	浅绿明亮	92.8±0.3^{a}	嫩栗香	91.0±0.0^{a}	尚浓醇	86.5±0.0^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	89.6±0.0^{b}
	80 s	浅绿明亮	93.0±0.0^{a}	嫩栗香	90.0±0.0^{b}	尚鲜浓	89.0±0.0^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.0^{a}	90.3±0.0^{a}

注: 不同小写字母表示同一因素内不同处理间差异显著(P<0.05), 表 3~4、6 同。

表 3 不同冲泡处理下特级丝绵茶茶汤的主要品质成分浓度

Table 3 Concentrations of main quality components in premium Simian tea infusion under different conditions

处理		茶多酚/(μg/mL)	游离氨基酸/(μg/mL)	可溶性糖/(μg/mL)	黄酮/(μg/mL)	咖啡碱/(μg/mL)	酚氨比
温度	70 ℃	293.65±7.52^{d}	146.99±0.63^{d}	79.19±1.70^{c}	6.09±0.11^{d}	84.04±4.17^{d}	2.00±0.05^{b}
	80 ℃	428.33±2.81^{c}	218.88±1.61^{c}	80.83±3.29^{c}	6.70±0.08^{c}	151.20±7.58^{c}	1.96±0.02^{b}
	90 ℃	461.89±18.16^{b}	225.52±1.01^{b}	87.21±1.66^{b}	7.88±0.26^{b}	174.76±7.67^{b}	2.05±0.09^{b}
	100 ℃	551.31±6.93^{a}	241.45±3.78^{a}	96.37±1.38^{a}	8.68±0.27^{a}	226.07±3.93^{a}	2.28±0.01^{a}
茶水比	1:30 (g:mL)	357.03±5.10^{a}	377.68±3.99^{a}	185.16±6.55^{a}	11.76±0.25^{a}	244.31±13.61^{a}	0.97±0.04^{c}
	1:40 (g:mL)	279.25±9.07^{b}	277.71±2.22^{b}	116.72±3.24^{b}	7.02±0.02^{b}	146.71±2.90^{b}	1.03±0.02^{ab}
	1:50 (g:mL)	236.31±2.55^{c}	232.88±4.55^{c}	95.28±0.36^{c}	6.90±0.22^{b}	131.06±5.18^{bc}	1.01±0.03^{bc}
	1:60 (g:mL)	204.77±3.82^{d}	191.50±3.09^{d}	98.24±1.10^{c}	5.21±0.27^{c}	114.82±2.58^{c}	1.08±0.01^{a}
一泡时间	20 s	288.24±1.35^{d}	144.69±5.93^{d}	68.50±0.49^{c}	6.19±0.08^{d}	89.12±4.38^{c}	1.99±0.09^{b}
	40 s	401.31±11.65^{c}	177.55±1.99^{c}	90.91±2.35^{b}	6.82±0.29^{c}	145.33±5.03^{b}	2.22±0.06^{a}
	60 s	449.50±21.04^{b}	223.17±3.55^{b}	126.31±6.71^{a}	8.27±0.08^{b}	159.43±2.98^{a}	2.01±0.05^{b}
	80 s	520.68±15.58^{a}	251.59±1.58^{a}	131.66±3.17^{a}	9.01±0.22^{a}	167.88±5.23^{a}	2.07±0.07^{ab}
二泡时间	20 s	429.10±22.74^{c}	316.76±4.17^{d}	147.34+7.81^{c}	6.61±0.04^{d}	171.37±2.04^{b}	1.35±0.06^{b}
	40 s	461.53±12.74^{c}	352.29±15.06^{bc}	161.25±1.77^{bc}	8.78±0.04^{c}	188.38±4.42^{b}	1.28±0.05^{b}
	60 s	528.20±22.14^{b}	400.98±12.00^{a}	167.52±2.19^{b}	11.15±0.19^{b}	219.37±9.29^{a}	1.32±0.02^{b}
	80 s	596.67±15.84^{a}	381.55±34.44^{ab}	197.34+10.8^{a}	12.23±0.05^{a}	235.75±11.36^{a}	1.62±0.05^{a}
三泡时间	20 s	389.16±19.27^{d}	190.56±3.10^{d}	94.88±1.22^{c}	6.54±0.37^{b}	148.45±5.33^{b}	2.10±0.03^{a}
	40 s	472.04±25.20^{c}	226.41±3.92^{c}	100.66±4.27^{c}	6.65±0.18^{b}	161.29±2.45^{b}	2.08±0.08^{a}
	60 s	538.11±11.47^{b}	285.83±10.09^{b}	125.74±3.17^{b}	8.27±0.11^{a}	200.26±5.16^{a}	1.92±0.09^{a}
	80 s	635.71±13.19^{a}	327.42±17.20^{a}	136.43±5.65^{a}	8.21±0.40^{a}	199.32±10.98^{a}	1.94±0.07^{a}

随着冲泡时间延长, 一泡时间从 20 s 增至 80 s, 茶汤茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖和咖啡碱等浓度显著上升(P<0.05), 且 20~40 s 阶段浓度急速增加, 60~80 s 增长放缓, 此时可溶糖和咖啡碱含量差异未达到显著水平。酚氨比随冲泡时间延长有增加趋势。二泡时, 20 s 和 40 s 处理的茶多酚和咖啡碱增加不显著(P>0.05), 60 s 到 80 s 处理间咖啡碱增加不明显。酚氨比随冲泡时间延长呈上升趋势, 其中 80 s 处理显著高于其他处理, 其余处理间差异不显著(P>0.05)。三泡随时间延长, 茶汤各成分浓度呈显著上升趋势, 其中 20 s 和 40 s 处理, 可溶性糖、黄酮和咖啡碱增加不明显, 60 s 到 80 s 处理间黄酮和咖啡碱增加不明显, 各处理酚氨比差异不明显。

2.2　正交实验结果分析

在单因素实验基础上, 以冲泡温度、冲泡时间和茶水比 3 个因素为变量进行正交实验。考虑到单因素实验冲泡温度 80 ℃感官品质总分最高, 但与 90 ℃处理无显著差异(P>0.05); 茶水比 1:40 总分最高; 第一次冲泡时间 40 s 感官品质得分最高, 与 60 s 时无显著差异, 故正交实验参数以它们为基准进行, 以期获得更精准的冲泡参数。正交实验设计参数及感官审评结果如表 4 所示, 各项指标评分主效应分析结果如表 5 所示。特级丝绵茶感官总分受温度的影响大于茶水比和冲泡时间。总分与温度呈显著负相关(P<0.05), 即温度越高, 总分越低; 与茶水比呈弱正相关。总分最高的冲泡参数组合为 $A_1B_3C_3$ 组合(预测组合为 $A_1B_1C_3$), 即温度 80 ℃、冲泡 60 s、茶水比 1:50。汤色得分受茶水比影响最大, 呈显著正相关, 与冲泡温度和冲泡时间呈显著负相关, 得分最高组合为 $A_1B_3C_3$(预测组合 $A_1B_1C_3$)。香气评分受温度影响最大, 呈显著负相关, 得分最高组合为 $A_1B_2C_2$(预测组合 $A_1B_1C_2$), 即温度 80 ℃, 冲泡 50 s, 茶水比 1:40。滋味得分受茶水比影响最大, 呈弱正相关, 最优组合为 $A_1B_3C_3$。叶底评分影响最大的是冲泡温度, 80 ℃冲泡温度的所有组合和 $A_2B_1C_3$ 组合得分都相对较高(预测组合为 $A_1B_1C_3$), 即 80~85 ℃、茶水比 1:40~1:50、冲泡时间 40~60 s 冲泡时茶汤综合品质最优。

表 4　正交处理下特级丝绵茶茶汤的感官品质评分

Table 4　Sensory quality scores of premium Simian tea soup under orthogonal treatment

处理(A/B/C)	汤色		香气		滋味		叶底		总评分/分
	评语	评分/分	评语	评分/分	评语	评分/分	评语	评分/分	
80 ℃/40 s/1:30	浅黄绿明亮	90.5±0.7^{c}	嫩栗香尚高	92.0±0.7^{b}	醇尚鲜	91.0±0.1^{d}	嫩绿明亮	92.0±0.7^{a}	91.4±0.2^{d}
80 ℃/50 s/1:40	浅绿明亮	92.3±0.1^{b}	嫩栗香较高	93.0±0.0^{a}	鲜醇	93.1±0.1^{c}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	92.8±0.1^{b}
80 ℃/60 s/1:50	浅绿明亮	93.0±0.1^{a}	嫩栗香尚高	92.0±0.1^{b}	鲜醇甘甜	93.9±0.1^{a}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	92.9±0.1^{a}
85 ℃/40 s/1:50	浅绿明亮	92.3±0.4^{b}	栗香较高	91.5±0.1^{bc}	鲜醇	93.5±0.1^{b}	嫩绿明亮	92.0±0.1^{a}	92.5±0.1^{c}
85 ℃/50 s/1:30	浅黄绿较明亮	88.0±0.1^{d}	栗香尚浓	91.0±0.1^{cd}	略涩	88.0±0.1^{h}	嫩黄绿明亮	91.0±0.1^{a}	89.4±0.1^{h}
85 ℃/60 s/1:40	浅黄绿明亮	90.7±0.2^{c}	栗香略闷	90.5±0.1^{de}	尚鲜醇	90.0±0.1^{e}	嫩绿明亮	91.5±0.1^{a}	90.5±0.1^{e}
90 ℃/40 s/1:40	浅黄绿明亮	90.3±0.4^{c}	栗香尚高	90.0±0.1^{e}	尚鲜醇	89.0±0.1^{g}	嫩绿明亮	91.0±0.1^{a}	89.8±0.1^{f}
90 ℃/50 s/1:50	浅黄绿明亮	90.3±0.4^{c}	栗香略闷	89.0±0.1^{f}	尚鲜醇	89.5±0.1^{f}	嫩绿明亮	91.2±0.1^{a}	89.7±0.1^{g}
90 ℃/60 s/1:30	黄绿较明亮	87.0±0.1^{e}	栗香尚高略闷	88.0±0.1^{g}	较浓略涩	87.0±0.1^{i}	嫩绿明亮	91.0±0.1^{a}	87.9±0.1^{i}

表 5　特级丝绵茶感官品质评分主效应分析

Table 5　Main effects analysis of sensory quality score for premium Simian tea

项目		感官评分/分		
		A: 冲泡温度	B: 冲泡时间	C: 茶水比
总评分	K_1	277.10	273.64	268.67
	K_2	272.32	271.87	273.03
	K_3	267.30	271.21	275.02
	R	–3.27	–0.81	2.12
	P	0.028	0.306	0.062
汤色	K_1	275.80	273.00	265.50
	K_2	270.90	270.55	273.20
	K_3	267.50	270.65	275.50
	R	–2.77	–0.78	3.33
	P	0.001	0.012	<0.001
香气	K_1	277.00	273.50	271.00
	K_2	273.00	273.00	273.50
	K_3	267.00	270.50	272.50
	R	–3.33	–1.00	0.50
	P	0.023	0.184	0.269

表 5(续)

项目		感官评分/分		
		A: 冲泡温度	*B*: 冲泡时间	*C*: 茶水比
滋味	K_1	184.10	183.90	183.00
	K_2	275.40	273.50	269.00
	K_3	268.50	270.60	276.00
	R	28.13	28.90	31.00
	P	0.068	0.528	0.087
叶底	K_1	276.00	275.00	274.00
	K_2	274.50	274.20	274.50
	K_3	273.20	274.50	275.20
	R	–0.93	–0.17	0.40
	P	0.118	0.617	0.420

注: *K* 代表水平影响程度, K_1、K_2、K_3 代表因素的 3 个水平; *R* 正负代表相关性, 不代表大小, 数值越大相关性越强; $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著, 表 7 同。

理化成分分析如表 6、7 所示, 茶汤茶多酚、游离氨基酸和黄酮含量随泡茶水温升高、冲泡时间延长而增加, 随茶水比增大而减小。茶汤茶多酚含量受冲泡温度影响最大, 呈显著正相关, 与茶水比呈显著负相关, 与冲泡时间呈弱正相关。茶汤游离氨基酸含量受茶水比影响最大, 其次是冲泡温度, 与冲泡温度和冲泡时间都呈显著正相关, 与茶水比呈显著负相关。茶汤黄酮含量与茶水比呈显著负相关, 与其他指标呈弱正相关。冲泡条件对茶汤可溶性糖、咖啡碱含量和酚氨比影响不明显。总体而言, 冲泡水温、茶水比和时间明显影响茶叶内含成分的浸出, 茶汤中各品质成分含量适量适比, 是构成茶汤良好口感的基础, 过浓、过淡都不利茶汤良好风味品质的呈现。

表 6 正交处理下特级丝绵茶茶汤的品质成分浓度

Table 6 Concentration of quality component in premium Simian tea tea soup under orthogonal treatment

处理	茶多酚/(μg/mL)	游离氨基酸/(μg/mL)	可溶性糖/(μg/mL)	黄酮/(μg/mL)	酚氨比	咖啡碱/(μg/mL)
80 ℃/40 s/1:30	512.21±3.78^{d}	384.11±19.51^{c}	124.24±5.35^{c}	5.67±0.17^{cd}	1.34±0.07^{cd}	208.89±1.19^{b}
80 ℃/50 s/1:40	422.34±7.01^{ef}	272.35±10.20^{ef}	125.97±3.29^{c}	5.15±0.13^{e}	1.52±0.02^{abc}	155.50±5.76^{d}
80 ℃/60 s/1:50	368.74±2.55^{f}	255.74±8.87^{f}	120.45±3.41^{cd}	4.59±0.19^{f}	1.44±0.06^{bcd}	115.44±3.70^{f}
85 ℃/40 s/1:50	405.45±21.79^{e}	286.46±6.21^{e}	111.31±0.73^{d}	4.39±0.13^{f}	1.37±0.06^{cd}	180.20±7.04^{c}
85 ℃/50 s/1:30	630.45±36.31^{b}	475.49±26.16^{b}	129.41±0.98^{c}	7.34±0.27^{b}	1.33±0.00^{d}	218.53±6.36^{b}
85 ℃/60 s/1:40	556.13±6.37^{c}	342.26±0.89^{d}	127.69±2.93^{c}	5.93±0.19^{c}	1.62±0.01^{ab}	215.43±11.70^{b}
90 ℃/40 s/1:40	570.99±7.01^{c}	336.30±10.06^{d}	120.97±3.17^{c}	5.55±0.22^{cde}	1.68±0.00^{a}	151.59±2.01^{d}
90 ℃/50 s/1:50	514.68±12.99^{d}	371.41±17.90^{c}	140.79±8.29^{b}	5.36±0.13^{de}	1.34±0.02^{cd}	135.67±3.02^{e}
90 ℃/60 s/1:30	871.44±1.27^{a}	539.75±2.66^{a}	188.72±8.78^{a}	8.72±0.47^{a}	1.61±0.01^{ab}	254.81±11.85^{a}

表 7 特级丝绵茶茶汤的理化物质浓度主效应分析

Table 7 Main effects analysis of chemical and physical substance concentration for premium Simian tea

成分	水平	*A*: 冲泡温度	*B*: 冲泡时间	*C*: 茶水比	成分	水平	*A*: 冲泡温度	*B*: 冲泡时间	*C*: 茶水比
茶多酚	K_1	1296.75	1482.79	2016.57	黄酮	K_1	15.41	15.79	21.61
	K_2	1585.95	1621.53	1538.2		K_2	17.54	17.73	16.81
	K_3	2017.93	1796.31	1345.86		K_3	19.81	19.24	14.34
	R	240.39	104.51	–223.57		*R*	1.47	1.15	–2.42
	P	0.026	0.126	0.029		*P*	0.081	0.124	0.030
游离氨基酸	K_1	459.63	495.20	703.19	咖啡碱	K_1	48.44	54.54	38.57
	K_2	541.91	563.07	473.89		K_2	58.25	59.92	42.31
	K_3	625.60	568.87	450.06		K_3	40.33	32.56	66.14
	R	55.32	24.56	–84.38		*R*	–2.7	–7.33	9.19
	P	0.021	0.081	0.008		*P*	0.626	0.739	0.153
可溶性糖	K_1	190.16	186.11	234.9	酚氨比	K_1	8.92	8.73	6.28
	K_2	190.07	200.94	184.29		K_2	9.31	9.37	9.35
	K_3	225.24	218.42	186.28		K_3	6.28	6.41	8.88
	R	11.69	10.77	–16.21		*R*	–0.88	–0.77	0.87
	P	0.183	0.260	0.101		*P*	0.090	0.244	0.086

3　结论与讨论

茶汤中茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖、黄酮类、咖啡碱等理化成分是茶汤苦、涩、鲜、甜等滋味的重要贡献者[20–22], 这些物质的适量适比决定了茶汤的滋味品质[23]。茶多酚含量与茶汤的涩味高度相关[23], 其浸出浓度与冲泡温度呈显著正相关; 茶氨酸是茶汤鲜爽味的核心物质, 也与冲泡温度呈正相关; 咖啡碱和黄酮含量与茶汤的苦味高度相关[24], 过量浸出会导致滋味苦涩发闷, 影响感官评分; 可溶性糖能有效缓和茶多酚、咖啡碱的苦涩味, 提升滋味协调性。高温(≥90 ℃)会加速茶多酚、咖啡碱等苦涩味物质的浸出, 导致茶汤涩感加重, 同时引发酚类物质氧化聚合, 易出现熟闷味, 茶汤变黄; 而低温(≤70 ℃)则导致滋味物质浸出不足, 茶汤浓度和鲜醇度不够。

茶水比直接影响茶汤浓度, 1:50 左右时, 茶多酚、氨基酸等品质成分比例协调, 酚氨比维持在 1.0 左右, 既保证滋味鲜醇, 又避免过浓或过淡。冲泡时间上, 一泡 40~60 s 可充分浸出可溶性糖、氨基酸等具有鲜爽、甘甜口感的物质, 二泡 40~60 s 可延续风味, 三泡 40~80 s 延长时间以保证品质成分充分浸出。实验表明, 这些苦涩味物质溶出浓度与冲泡温度和时间高度相关。因此, 在冲泡茶叶时, 应综合考虑水温、冲泡时间和茶水比等因素, 以平衡茶汤的色、香、味和功能性成分含量[25]。不同茶叶由于原料嫩度、加工方式不尽相同, 茶叶细胞破坏程度不同, 茶叶中内含成分的浸出速率也会发生相应变化。Liang 等[26]通过代谢组学分析表明揉捻和塑形是影响绿茶苦涩感增强的关键过程。一般揉捻重的茶叶, 茶叶细胞壁破坏大, 内含成分容易泡出, 可考虑适当降低泡茶水温、减少浸泡时间或加大水量[27], 相反, 条索疏松、揉捻较轻的茶叶冲泡, 可考虑提高水温或增加冲泡时间来达到茶汤浓度较高的目的。丝绵茶属于条形绿茶, 揉捻程度较重, 细胞破坏程度相对较高, 冲泡时滋味物质浸出速率较快, 建议冲泡时水温宜低, 冲泡时间宜短。根据本研究结果建议丝绵茶特级泡茶参数为 80~85 ℃冲泡水温、茶水比 1:50、第一泡冲泡时间为 40~60 s, 二泡 40~60 s, 三泡 40~80 s。

本研究未针对不同等级、季节丝绵茶开展冲泡条件适配性研究, 且水质、器具、冲泡方式等均会影响茶叶风味[28–29], 如 Guo 等[30]研究发现使用锡制茶具冲泡绿茶和白茶时风味更佳, Cao 等[31]发现低矿物质的冲泡水更有利于中国茶的感官品质和健康益处。后续可结合水质和器型等因素展开深入研究, 为消费者能更好体验丝绵茶的品质提供参考。

参考文献

[1] 刘璇, 李玉川, 宋育林, 等. 秫归丝绵茶鲜叶非挥发性成分及丝形态结构分析[J]. 食品科学, 2024, 45(2): 268–273.
Liu Xuan, Li Yuchuan, Song Yulin, et al. Non-volatile components and filamentary morphology of fresh leaves of Zigui Simian tea [J]. Food Science, 2024, 45(2): 268–273.

[2] 张耀武, 张静姝. 探索茶文化传承 助力茶产业发展: 九畹丝绵茶业有限公司的文化担当[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2020, (1): 35–37.
Zhang Yaowu, Zhang Jingshu. Exploring the inheritance of tea culture and promoting the development of tea industry: the cultural responsibility of Jiuyi Simian tea Co., Ltd [J]. Newsletter of Sericulture and Tea, 2020(1): 35–37.

[3] 杨丽珍. 水温对冲泡绿茶的影响与分析[J]. 食品安全导刊, 2020(24): 96–97.
Yang Lizhen. Influence and analysis of water temperature on brewing green tea [J]. Food Safety Guide Magazine, 2020(24): 96–97.

[4] Lin Shengdun, Yang J H, Hsieh Y J, et al. Effect of different brewing methods on quality of green tea: quality of green tea [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2014, 38(3): 1234–1243.

[5] Zhang Haihua, Li Yulin, Lv Yangjun, et al. Influence of brewing conditions on taste components in Fuding white tea infusions [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 97(9): 2826–2833.

[6] 姚林, 彭律文, 欧阳林, 等. 不同冲泡条件对冷泡茶茶汤的影响及冲泡条件优化[J]. 茶叶通讯, 2025, 52(3): 364–372.
Yao Lin, Peng Lüwen, Ouyang Lin, et al. Effects of different brewing conditions on cold-brewing tea soup and optimization of brewing conditions [J]. Journal of Tea Communication, 2025, 52(3): 364–372.

[7] 陶冬冰, 高雪, 张旋, 等. 不同冲泡条件对六安瓜片茶汤滋味的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 214–218.
Tao Dongbing, Gao Xue, Zhang Xuan, et al. The influence of different brewing conditions on the flavour of Lu'an Guapian tea soup [J]. The Food Industry, 2020, 41(6): 214–218.

[8] 郭桂义, 赵文净, 陈秀兰, 等. 冲泡条件对信阳毛尖茶汤内主要滋味成分的影响[J]. 河南农业科学, 2010(11): 27–30.
Guo Guiyi, Zhao Wenjing, Chen Xiulan, et al. Influence of brewing condition on taste components of Xinyang Maojian tea [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2010(11): 27–30.

[9] 程筱阳, 万琪林, 胡栋宝, 等. 冲泡条件对蒲公英茶抗氧化活性及有效成分的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(4): 243–253.
Cheng Xiaoyang, Wan Qilin, Hu Dongbao, et al. Effects of brewing conditions on the antioxidant activities and bioactive components of *Taraxacum mongolicum* tea [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(4): 243–253.

[10] 刘璇. 土壤、原料对秫归丝绵茶丝及品质成分的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021: 1–5.
Liu Xuan. Effect of soil and raw material on the silk and quality composition of Simian tea in Zigui County [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021: 1–5.

[11] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 40–42.
Zhang Zhengzhu. Tea biochemistry experiment course [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 40–42.

[12] 宛晓春. 茶叶实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 124–126.
Wang Xiaochun. Tea science experiment technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 124–126.

[13] 钟国玉, 吴成建, 林瑜玲. 武夷水仙茶汤浓度与感官品质初探[J]. 中国茶叶, 2020, 42(5): 39–41.

Zhong Guoyu, Wu Chengjian, Lin Yuling. Study on the infusion concentration and sensory quality of'Wuyi Shuixian' tea [J]. China Tea, 2020, 42(5): 39–41.

[14] 叶颖君, 安琪, 戴前颖. 感官评价分析方法在茶叶中的应用[J]. 茶业通报, 2021, 43(3): 115–119.
Ye Yingjun, An Qi, Dai Qianying. Application of sensory evaluation and analysis methods on tea [J]. Journal of Tea Business, 2021, 43(3): 115–119.

[15] Liu Yunqing, Feng Xinyu, Gao Ting, et al. Advancement and challenges in tea brewing: the dynamic principles, influencing factors, innovative processing technologies and pollutants [J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 153: 104735.

[16] Shi Yu, Zhang Shaorong, Sun Kang, et al. Characterization of bitter taste theacrine in Pu'er tea [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 106: 104331.

[17] 韦雅杰, 高彦祥. 茶汤滋味物质及其调控研究进展[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(11): 189–197.
Wei Yajie, Gao Yanxiang. Taste-related compounds in tea infusion and the regulation: a review [J]. Food Research and Development, 2022, 43(11): 189–197.

[18] Society T K T, Okuyama C, Oh E U, et al. Infusion of major components affected by brewing conditions in different Japanese green tea manufactured with different cultivars [J]. The Korean Tea Society, 2024, 30(1): 22–31.

[19] Vinci G, D'Ascenzo F, Maddaloni L, et al. The influence of green and black tea infusion parameters on total polyphenol content and antioxidant activity by ABTS and DPPH assays [J]. Beverages, 2022, 8(2): 18.

[20] 陈美丽, 唐德松, 龚淑英, 等. 绿茶滋味品质的定量分析及其相关性评价[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2014, 40(6): 670–678.
Chen Meili, Tang Desong, Gong Shuying, et al. Quantitative analysis and correlation evaluation on taste quality of green tea [J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2014, 40(6): 670–678.

[21] 刘忠英, 杨婷, 戴宇樵, 等. 基于分子感官科学的茶叶滋味研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(4): 337–343, 355.
Liu Zhongying, Yang Ting, Dai Yuqiao, et al. Research progress of tea taste based on molecular sensory science [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(4): 337–343, 355.

[22] 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, 28.
Guo Ying, Chen Qi, Huang Junrong, et al. The tea flavor quality and its ingredients [J]. Journal of Tea Communication, 2015, 42(3): 13–15, 28.

[23] 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.
Zhou Feng, Ke Jiaping, Jiang Zongde, et al. Research progress on tea taste composition [J]. China Tea Processing, 2023(4): 15–21.

[24] 薛长风, 裴志胜, 文攀, 等. 基于电子舌的茶叶滋味与特征成分相关性分析[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 316–321.
Xue Changfeng, Pei Zhisheng, Wen Pan, et al. Analysis of flavor and characteristic component correlation of tea based on electronic tongue [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(7): 316–321.

[25] Liu Yan, Luo Liyong, Liao Chenxi, et al. Effects of brewing conditions on the phytochemical composition, sensory qualities and antioxidant activity of green tea infusion: a study using response surface methodology [J]. Food Chemistry, 2018, 269: 24–34.

[26] Liang Guoqiang, Liao Kaili, Zhou Jingtao, et al. Formation mechanism analysis of bitterness and astringency during Enshi Yulu green tea processing by metabolomics and sensomics [J]. Food Chemistry, 2026, 500: 147422.

[27] 陈义. 不同嫩度信阳红冲泡方法的研究[J]. 福建茶叶, 2015, 37(3): 23–25.
Chen Yi. Study on Xinyang red brewing methods with different tenderness [J]. Tea in Fujian, 2015, 37(3): 23–25.

[28] 刘菲, 赖凌凌, 张雪儿, 等. 不同冲泡条件对金骏眉感官品质的影响[J]. 茶叶学报, 2023, 64(4): 21–28.
Liu Fei, Lai Lingling, Zhang Xueer, et al. Sensory perception of Jinjunmei tea affected by brewing conditions [J]. Acta Tea Sinica, 2023, 64(4): 21–28.

[29] 许泽梅. 西湖龙井茶不同冲泡方式的比较[J]. 茶叶, 2022, 48(2): 122–126.
Xu Zemei. A comparative study on methods for brewing West Lake Longjing tea [J]. Journal of Tea, 2022, 48(2): 122–126.

[30] Guo Haowei, Pan Yani, Li Chunlin, et al. Influence of various tea utensils on sensory and chemical quality of different teas [J]. Plants, 2024, 13(5): 669.

[31] Cao Qingqing, Wang Fang, Wang Jieqiong, et al. Effects of brewing water on the sensory attributes and physicochemical properties of tea infusions [J]. Food Chemistry, 2021, 364: 130235.

(责任编辑: 范彩旭 蔡世佳)