

适宜口感下的绿茶品饮冲泡技术研究

王彬^{1,2}, 王蓉^{1,2}, 刘青如², 李敏³, 肖文军^{1,2,3}, 龚志华^{1,2*}

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 长沙 410128; 2. 湖南农业大学园艺学院, 长沙 410128;
3. 湖南省茶叶学会, 长沙 410128)

摘要: **目的** 通过茶叶的耐泡性品质特征探究适宜口感下的绿茶冲泡上限及其技术参数。**方法** 试验以一芽二叶绿茶为原料, 将感官审评方法制备的茶汤梯度稀释并由 50 名志愿者品饮确定适宜口感浓度, 以适宜口感下的水浸出物、茶多酚、氨基酸浓度为考察指标, 采用单因素+响应面法的试验设计优化筛选了绿茶每次品饮冲泡的技术参数以及适宜口感下的冲泡次数。**结果** 绿茶茶汤中水浸出物、茶多酚、氨基酸的质量浓度分别为 2.14、1.07、0.34 mg/mL 时, 具有适宜的品饮口感; 采用茶水比 1:60 (g:mL)、100°C 的纯水冲泡 3.0 min 的优化参数冲泡第 1 次以及茶水比 1:50 (g:mL)、100°C 的纯水冲泡 5.0 min 的优化参数冲泡第 2 次, 各次所得茶汤均具有适宜的品饮口感并达到适宜口感的水浸出物、茶多酚、氨基酸浓度; 但采用茶水比 1:33.21 (g:mL)、90°C 的纯水冲泡 5.86 min 的优化参数进行第 3 次冲泡, 所得茶汤口感过淡, 同时茶汤中水浸出物、氨基酸也未能达到适宜口感下的浓度要求。**结论** 适宜口感下的绿茶品饮冲泡以冲泡两次为宜。

关键词: 绿茶; 品饮; 冲泡技术; 适宜口感; 响应面法

Study on brewing technology of green tea based on appropriate taste evaluation

WANG Bin^{1,2}, WANG Rong^{1,2}, LIU Qing-Ru², LI Min³, XIAO Wen-Jun^{1,2,3}, GONG Zhi-Hua^{1,2*}

(1. Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Hunan Tea Association, Changsha 410128, China)

ABSTRACT: Objective To explore the upper limit and technical parameters of green tea brewing under suitable taste based on the characteristics of tea foam resistance. **Methods** Test with one bud two leaves green tea as raw material, the tea soup prepared by the sensory evaluation method was diluted by gradient and tasted by 50 volunteers to determine the appropriate taste concentration, the appropriate taste of water extract, tea polyphenols, amino acid concentration were used as evaluation index, the single factor and response surface methodology was used to optimize the experimental design to screen the technical parameters of green tea brewing for each drink and the number of brewing times under suitable taste. **Results** When the mass concentration of water extract, tea polyphenols and amino acids were 2.14, 1.07 and 0.34 mg/mL, respectively, the tea soup had appropriate taste. The optimal parameters of pure water brewing at the tea ratio of 1:60 (g:mL) and 100°C for 3.0 min were used for the first time and the optimal

基金项目: 湖南省科技厅重点研发计划项目(2021NK2016)、湖南省科技重大专项(2021NK1020)

Fund: Supported by the Office of Science and Technology Research and Development Project in Hunan Province (2021NK2016), and the Major Special Science and Technology in Hunan Province (2021NK1020)

***通信作者:** 龚志华, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶生理生化与品质化学。E-mail: gzh041211@163.com

***Corresponding author:** GONG Zhi-Hua, Ph.D, Professor, Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: gzh041211@163.com.

parameters of pure water brewing at the tea ratio of 1:50 (g:mL) and 100°C for 5.0 min were used for the second time. The tea soup obtained for each time had appropriate taste and reached the suitable concentration of water extract, tea polyphenols and amino acids. However, using the optimal parameters of tea water ratio of 1:33.21 (g:mL), 90°C pure water brewing 5.86 min for the third time, the tea soup taste was too weak, and the concentration of water extract and amino acids in the tea soup also failed to meet the requirements of appropriate taste. **Conclusion** In order to get appropriate taste, we advice that the green tea shall not be brewed more than twice.

KEY WORDS: green tea; tasting; brewing technology; appropriate taste; response surface methodology

0 引 言

绿茶是我国茶叶生产与消费的第一大茶类。随着生活质量的提高,人们对绿茶口感和品质的要求逐渐提高。为突显绿茶品质尤其是耐泡性品质,少数商家常以“茶叶越泡越好喝”“好茶越泡越甘甜”的方式进行推介。其实这一评判绿茶品质的推介方式与茶叶耐泡性的科学理论相矛盾。因此,为保证人们有较好的品茶口感体验,以茶叶的耐泡性特征为基础确定科学的泡茶方式是十分必要的。

茶叶的耐泡性主要是指在茶叶的多次冲泡过程中茶汤品质可以维持适合品饮的特性^[1],其好坏的评判皆以每次冲泡后的茶汤是否具有适宜口感为前提。童梅英等^[2]研究认为,茶叶冲泡条件是影响茶叶内含物质浸出率的重要因素,最主要的是茶水比、冲泡时间及冲泡温度^[3-7];投茶量、水温、浸泡时间等环节的细微改变都将会影响茶汤的口感以及内含成分的浸出量^[8-9]。而绿茶茶汤滋味口感与茶汤中的水浸出物浓度、氨基酸浓度、茶多酚浓度紧密相关^[10-11],水浸出物浓度越大,茶汤滋味口感阈值越高^[12],茶多酚是茶汤涩味的主要物质^[13],氨基酸含量的增加有利于茶汤鲜爽度的提高^[14-15]。研究表明,水浸出物、茶多酚以及氨基酸浓度均随着冲泡条件的改变发生相应的变化^[16-18]。张嗣凤^[1]、满雪玉等^[19]研究表明,茶叶冲泡后,茶底内仍保留有部分呈味物质,可以继续冲泡溶出。然而,绿茶中的内含物质含量有限,在适宜口感下究竟能泡多少次,不仅取决于茶叶本身内含物质含量水平与溶出速率^[20],还与冲泡条件密切相关^[21],但目前鲜有相关研究报道。因此,本研究将通过感官评审方法所制备的绿茶茶汤进行梯度稀释,并在 50 名志愿者品饮确定茶汤适口浓度的基础上,采用单因素与响应面法结合的试验方法,以适宜口感下的水浸出物、茶多酚、氨基酸浓度为考察指标,优化筛选了绿茶每次品饮冲泡的技术参数以及适宜口感下的冲泡次数,为科学冲泡绿茶提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

普通炒青绿茶,嫩度为一芽二叶,购自湖南省石门县茶祖印象太平茶叶专业合作社。

碳酸钠、磷酸氢二钠、磷酸二氢钾、2%茚三酮(分析

纯,国药集团化学试剂有限公司);氯化亚锡(分析纯,西陇化工股份有限公司);福林酚试剂(分析纯,合肥博美生物有限公司)。

1.2 仪器与设备

722E 型可见分光光度计(上海光谱仪器公司);数字食品温度计(开化云联智能科技有限公司);HH 型数显恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司);UV-9100 D 型紫外可见分光光度计(北京莱伯泰科仪器有限公司)。

1.3 方 法

1.3.1 试验方法

适宜口感茶汤的确定:根据 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》获得茶汤原液。将原液与纯水分别按照 1:0.5、1:0.75、1:1、1:1.25、1:1.5 的比例(即审评茶汤与纯水的体积比分别为 50 mL:25 mL、50 mL:37.5 mL、50 mL:50 mL、50 mL:87.5 mL,下同)混合稀释,形成 5 个浓度梯度的茶汤。经 50 人对不同梯度的茶汤口感滋味进行品饮,选出适宜口感茶汤(即为适宜口感下的标准茶汤)。检测标准茶汤的水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度、茶多酚质量浓度,作为是否适宜口感的茶汤品质成分含量依据。

优化试验:模拟生活品饮泡茶,每次冲泡分别进行茶水比、冲泡温度和冲泡时间 3 个因素对茶汤水浸出物质量浓度的单因素试验,以最接近适宜口感茶汤的水浸出物质量浓度为指标,初步选出各次较优的茶汤冲泡技术参数后,选取冲泡时间(A)、冲泡温度(B)、茶水比(C) 3 个因素的优化值水平范围,以茶汤水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度、茶多酚质量浓度为响应值,依据 Box-Behnken Design (BBD)试验设计原理进行三因素三水平的响应面试验,共 17 组试验,重复 5 次用以估计试验误差^[22]。然后检测各冲泡处理水浸出物、氨基酸、茶多酚质量浓度,利用 Design-Expert 软件对 17 组的检测数据进行多元非线性回归拟合,获得茶汤水浸出物、氨基酸、茶多酚质量浓度对冲泡时间、冲泡温度、茶水比的二次回归方程以及适宜口感下每次冲泡的优化技术参数。第 1 次冲泡完毕后,滤净茶汤,按照此方法进行后续的多次冲泡,直至茶汤水浸出物质量浓度不能达到标准茶汤水浸出物质量浓度为止。

验证试验:对于响应面法获得的最优冲泡参数进行 3 个

重复的验证性试验, 探究优化结果与试验结果的拟合程度。

1.3.2 检测方法

水浸出物测定参照 GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定》; 游离氨基酸测定参照 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》; 茶多酚的测定参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》。

1.3.3 数据处理方法

采用 Design Expert 11 软件构建二阶回归方程并进行方差分析, 并通过数据模型对冲泡参数进行预测优化。

2 结果与分析

2.1 适宜口感下的绿茶茶汤浓度的确定

根据 50 名嗅觉、味觉以及不同年龄阶段的正常人士对滋味的打分结果以及测得的各种稀释梯度下茶汤内含成分浓度如表 1, 由表 1 可知, 将原液与纯水按照 1:0.75 梯度稀释时, 茶汤滋味最佳, 为适宜口感下的标准品饮茶汤。标准品饮茶汤中, 水浸出物质量浓度为 2.14 mg/mL, 氨基酸质量浓度为 0.34 mg/mL, 茶多酚质量浓度为 1.07 mg/mL。

2.2 第 1 次冲泡结果与分析

2.2.1 第 1 次冲泡单因素试验结果及分析

单因素试验表明, 在冲泡温度 100°C、冲泡时间 4 min 条

件下, 随着茶水比的增大, 茶汤中的水浸出物质量浓度在不断增大, 这与李洁^[23]研究一致。茶水比 1:25 (g/mL, 下同) 时水浸出物质量浓度最高, 茶水比为 1:100 时水浸出物的质量浓度为 2.04 mg/mL, 与标准茶汤的水浸出物质量浓度 2.14 mg/mL 接近, 茶水比为 1:75 时, 水浸出物质量浓度为 2.50 mg/mL。因此选择 1:50、1:75、1:100 的茶水比进行后续响应面法试验。

在茶水比 1:75、冲泡时间为 4.0 min 条件下, 随着冲泡温度的增加, 茶汤的水浸出物质量浓度越高, 这与余浩等^[24]研究一致。80°C 下水浸出物质量浓度为 1.72 mg/mL、90°C 下水浸出物质量浓度为 2.16 mg/mL、100°C 下水浸出物质量浓度为 2.52 mg/mL, 故选择这 3 种梯度进行后续响应面法试验。

在茶水比 1:75、冲泡温度为 90°C 条件下, 随着冲泡时间的增加, 茶汤的水浸出物质量浓度随之增高, 这与余浩等^[24]的研究一致。3.0 min 下水浸出物质量浓度为 2.04 mg/mL、3.5 min 下水浸出物质量浓度为 2.62 mg/mL、4.0 min 下水浸出物质量浓度为 2.40 mg/mL, 故选择这 3 种梯度进行后续响应面法试验。

2.2.2 第 1 次冲泡响应面法试验结果及分析

(1) 响应面法试验设计及结果

在单因素试验结果的基础上, 设计出 17 组冲泡方案, 对 17 组冲泡出的茶汤水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度、茶多酚质量浓度进行检测。冲泡方案及结果见表 2。

表 1 不同稀释处理条件下绿茶茶汤水浸出物、氨基酸、茶多酚的质量浓度及志愿者品饮结果($n=5$)

Table 1 Mass concentrations of water extracts, amino acids and tea polyphenols in green tea soup under different dilution conditions and results of volunteers' drinking ($n=5$)

稀释倍数	水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)	评分
原液	3.48±0.02	0.82±0.02	1.99±0.28	85±2
1:0.5	2.44±0.03	0.51±0.02	1.09±0.23	90±1
1:0.75	2.14±0.01	0.34±0.03	1.07±0.07	95±2
1:1	2.08±0.02	0.31±0.04	0.99±0.10	91±2
1:1.25	1.72±0.03	0.27±0.01	0.71±0.04	86±1
1:1.5	1.48±0.04	0.22±0.01	0.66±0.12	82±2

注: 打分依据参照 GB/T 23776—2018 中的绿茶滋味评分标准对茶汤进行打分。

表 2 第 1 次响应面法冲泡处理组合及水浸出物、氨基酸、茶多酚质量浓度结果($n=5$)

Table 2 First response surface methodology infusion treatment combination and mass concentration results of water extract, amino acid and tea polyphenol ($n=5$)

处理组合	因素			水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)
	A 冲泡时间/min	B 冲泡温度/°C	C 茶水比(g/mL)			
1	3.0	100	1:100	1.58±0.02	0.19±0.01	0.70±0.03
2	3.0	80	1:50	2.22±0.01	0.35±0.04	0.76±0.01
3	3.0	90	1:75	1.72±0.02	0.20±0.02	0.71±0.02
4	3.0	90	1:100	1.44±0.03	0.14±0.01	0.40±0.02
5	3.5	90	1:75	2.16±0.04	0.40±0.02	0.72±0.03
6	3.5	90	1:75	1.96±0.02	0.36±0.01	0.64±0.03
7	3.5	90	1:75	2.26±0.04	0.42±0.01	0.79±0.02
8	3.5	80	1:75	1.80±0.01	0.18±0.01	0.65±0.01
9	3.5	90	1:75	2.06±0.03	0.38±0.01	0.73±0.03

表 2(续)

处理组合	因素			水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)
	A 冲泡时间/min	B 冲泡温度/°C	C 茶水比(g:mL)			
10	3.5	90	1:75	2.04±0.02	0.37±0.01	0.63±0.04
11	3.5	90	1:100	1.82±0.01	0.28±0.01	0.86±0.01
12	3.5	100	1:50	3.02±0.04	0.51±0.02	1.27±0.01
13	3.5	100	1:100	1.86±0.01	0.30±0.01	0.74±0.03
14	4.0	90	1:100	1.68±0.01	0.28±0.02	0.66±0.02
15	4.0	90	1:50	3.40±0.02	0.56±0.01	1.32±0.06
16	4.0	80	1:100	1.52±0.04	0.17±0.01	0.71±0.04
17	4.0	100	1:75	2.18±0.02	0.31±0.01	0.91±0.05

(2)模型建立及方差分析

利用 Design Expert 软件对表 2 中的数据进行多元非线性回归拟合, 得到水浸出物质量浓度(Y1)、氨基酸质量浓度(Y2)、茶多酚质量浓度(Y3)对冲泡时间(A)、冲泡温度(B)、茶水比(C)的二次回归方程为:

$$Y1=2.10+0.2864A+0.1374B-0.6653C-0.0690AB-0.1501AC+0.0569BC-0.1547A^2-0.1338B^2+0.3267C^2$$

$$Y2=0.3716+0.0663A+0.0633B-0.1525C-0.0400AB+0.0250AC+0.0456BC-0.0694A^2-0.0899B^2+0.0676C^2$$

$$Y3=0.7378+0.1300A+0.1095B-0.2488C-0.0646AB-0.0304AC-0.0181BC-0.0332A^2+0.0064B^2+0.1703C^2$$

由表 3 可得, 对于第 1 次冲泡水浸出物质量浓度的模型, 其 $P<0.0001$, 表明该模型达到了极显著的水平, 而失拟项 $P=0.7463>0.05$, 失拟项差异不显著, 说明该模型有效。

对于第 1 次冲泡氨基酸质量浓度回归方程模型 $P<0.001$, 达到极显著的水平, 失拟项 $P=0.1223>0.05$, 失

拟项差异不显著, 说明该模型有效。

对于茶多酚质量浓度回归方程其模型 $P<0.05$, 差异显著, 而失拟项 $P=0.0842>0.05$, 失拟项差异不显著, 说明该模型有效。

2.2.3 第 1 次冲泡下最优冲泡条件的确定及验证

利用 Design-Expert 软件对所得回归方程进行分析求解, 使得方程中水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度、茶多酚质量浓度为标准品饮茶汤的浓度, 可得其最佳冲泡条件为: 冲泡时间 3.0 min、冲泡温度为 100°C、茶水比 1:59.63, 考虑到实际可操作性, 选择茶水比 1:60。根据上述实际冲泡条件进行 3 次验证性试验并检测, 结果表明, 茶汤中水浸出物质量浓度为 2.14 mg/mL、氨基酸质量浓度为 0.36 mg/mL、茶多酚质量浓度为 0.98 mg/mL, 与回归方程预测值的拟合度较高, 说明经方程求解得出的冲泡条件有效。

表 3 第 1 次响应面法冲泡下的 Box-Behnken 试验方差分析
Table 3 Analysis of variance in Box-Behnken test using the first response surface methodology

响应面值	变异来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
水浸出物质量浓度	模型	4.07	9	0.4525	44.56	<0.0001	**
	A	0.4472	1	0.4472	44.04	0.0003	**
	B	0.0823	1	0.0823	8.10	0.0248	*
	C	2.14	1	2.14	210.81	<0.0001	**
	失拟项	0.0172	3	0.0057	0.4246	0.7463	
氨基酸质量浓度	模型	0.2165	9	0.0241	20.49	0.0003	**
	A	0.0240	1	0.0240	20.42	0.0027	**
	B	0.0175	1	0.0175	14.87	0.0062	**
	C	0.1125	1	0.1125	95.81	<0.0001	**
	失拟项	0.0060	3	0.0020	3.64	0.1223	
茶多酚质量浓度	模型	0.6945	9	0.0722	5.21	0.0203	*
	A	0.0922	1	0.0922	6.23	0.0413	*
	B	0.0523	1	0.0523	3.53	0.1024	
	C	0.2994	1	0.2994	20.21	0.0028	**
	失拟项	0.0863	3	0.0906	4.71	0.0842	

注: *表示有统计学差异($P<0.05$), **表示差异极显著($P<0.01$), 下同。

2.3 第 2 次冲泡结果与分析

2.3.1 第 2 次冲泡单因素试验结果及分析

在第 1 次最优条件下冲泡完毕并滤净茶汤之后进行第 2 次冲泡。结果表明,在冲泡温度 100℃、冲泡时间 4.0 min 条件下,茶汤中水浸出物质量浓度随着茶水比的减小在不断增加;茶水比 1:25 时其水浸出物质量浓度为 2.80 mg/mL,茶水比 1:50 时其水浸出物的质量浓度为 2.00 mg/mL,与标准品饮茶汤的水浸出物质量浓度最为接近,根据实际操作,选择 1:50、1:75、1:100 的茶水比进行第 2 次响应面法冲泡的优化试验。

在茶水比 1:50、冲泡时间 4.0 min 条件下,茶汤中水浸出物质量浓度随着冲泡时间的增加而增加,但其增长趋势逐渐缓慢;4.5 min 下水浸出物质量浓度为 2.12 mg/mL、5.0 min 下水浸出物质量浓度为 2.18 mg/mL、5.5 min 下水浸出物质量浓度为 2.21 mg/mL,故选择这 3 种梯度进行后续响应面法优化试验。

在茶水比 1:50、冲泡时间 4.5 min 条件下,茶汤中水浸出物质量浓度随着冲泡水温的增加而增加;温度越高,越接近标准品饮茶汤的水浸出物质量浓度,在 90℃下水浸出物质量浓度为 2.04 mg/mL、95℃下水浸出物质量浓度为 2.13 mg/mL、100℃下水浸出物质量浓度为 2.14 mg/mL,因此选择这 3 种梯度进行后续优化试验。

2.3.2 第 2 次冲泡响应面法试验结果及分析

(1) 响应面法试验设计及结果

由表 4 可知在 17 组试验设计中,其水浸出物和茶多

酚呈现低浓度的现象,且 17 组试验设计中,无任何一组氨基酸质量浓度达到标准品饮茶汤的浓度,因此,当第 2 次冲泡时,其口感已经发生变化,但在可允许范围内,故仍可建立模型。

(2) 模型建立及方差分析

利用 Design Expert 软件对表 4 中的数据进行多元非线性回归拟合,得到水浸出物质量浓度(Y1)、氨基酸质量浓度(Y2)、茶多酚质量浓度(Y3)对冲泡时间(A)、冲泡温度(B)、茶水比(C)的二次回归方程为:

$$Y1=1.44-0.0448A+0.0454B-0.4124C-0.0663AB-0.0104AC+0.0914BC-0.0528A^2+0.1384B^2+0.0621C^2$$

$$Y2=0.1141-0.0053A-0.0060B-0.0808C+0.0057AB+0.0032AC-0.0051BC+0.0015A^2+0.0138B^2+0.0307C^2$$

$$Y3=0.6593+0.0458A+0.1002B-0.2062C-0.0589AB-0.0126AC-0.0173BC-0.0383A^2+0.0769B^2+0.0428C^2$$

由表 5 可知,对于第 2 次冲泡水浸出物质量浓度模型 $P=0.0006$,建立的模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型的拟合程度极良好,方程有效。

对于氨基酸质量浓度回归方程其模型 $P=0.0018$,建立的模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型方程有效。

对于茶多酚质量浓度回归方程其模型 $P=0.0001$,建立的模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型方程有效。

表 4 第 3 次响应面法冲泡处理组合及水浸出物、氨基酸、茶多酚质量浓度结果($n=5$)

Table 4 Second response surface methodology infusion treatment combination and mass concentration results of water extract, amino acid and tea polyphenol ($n=5$)

处理组合	因素			水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)
	A 冲泡时间/min	B 冲泡温度/℃	C 茶水比(g/mL)			
1	4.5	95	1:100	1.04±0.02	0.05±0.01	0.40±0.01
2	4.5	100	1:75	1.78±0.03	0.15±0.00	0.86±0.02
3	5.0	100	1:75	1.54±0.04	0.11±0.01	0.82±0.04
4	5.0	90	1:100	1.30±0.02	0.10±0.00	0.48±0.06
5	5.0	100	1:50	2.22±0.03	0.24±0.01	1.15±0.02
6	5.0	95	1:75	1.44±0.04	0.11±0.01	0.68±0.03
7	4.5	100	1:50	2.18±0.02	0.23±0.00	1.02±0.03
8	5.5	95	1:100	1.00±0.03	0.07±0.00	0.52±0.04
9	5.0	90	1:50	1.92±0.04	0.24±0.01	0.86±0.02
10	5.0	95	1:75	1.50±0.01	0.13±0.00	0.65±0.02
11	5.0	95	1:75	1.54±0.02	0.13±0.00	0.71±0.04
12	5.5	95	1:50	1.84±0.03	0.23±0.01	0.93±0.03
13	5.5	90	1:75	1.46±0.00	0.11±0.01	0.70±0.02
14	5.0	95	1:75	1.48±0.03	0.12±0.00	0.64±0.01
15	4.5	90	1:75	1.46±0.02	0.15±0.01	0.52±0.07
16	5.5	100	1:75	1.46±0.01	0.12±0.00	0.75±0.03
17	5.0	95	1:75	1.24±0.02	0.08±0.01	0.59±0.02

表 5 第 2 次响应面法冲泡下的 Box-Behnken 试验方差分析
Table 5 Analysis of variance in Box-Behnken test using the second response surface methodology

响应面值	变异来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
水浸出物质量浓度	模型	1.80	9	0.2004	17.20	0.0006	**
	A	0.0146	1	0.0146	1.25	0.2998	
	B	0.0136	1	0.0136	1.17	0.3150	
	C	0.8755	1	0.8755	75.14	<0.0001	**
	失拟项	0.0264	3	0.0088	0.6368	0.6297	
氨基酸质量浓度	模型	0.0547	9	0.0061	11.82	0.0018	**
	A	0.0002	1	0.0002	0.4043	0.5451	
	B	0.0002	1	0.0002	0.4632	0.5180	
	C	0.0336	1	0.0336	65.33	<0.0001	**
	失拟项	0.0019	3	0.0006	1.46	0.3525	
茶多酚质量浓度	模型	0.6189	9	0.0689	25.92	0.0001	**
	A	0.0153	1	0.0153	5.74	0.0477	*
	B	0.0664	1	0.0664	24.98	0.0016	**
	C	0.2190	1	0.2190	82.40	<0.0001	**
	失拟项	0.0106	3	0.0035	1.76	0.2925	

2.3.3 第 2 次冲泡下最优冲泡条件的确定及验证

利用 Design-Expert 软件对所得回归方程进行分析求解, 使得水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度、茶多酚质量浓度为标准品饮茶汤浓度, 可得其最佳冲泡条件为: 冲泡时间 4.99 min, 冲泡温度为 99.41°C, 茶水比 1:50.06, 考虑到实际可操作性, 将各冲泡技术改为冲泡时间 5 min、冲泡温度 100°C、茶水比 1:50, 在此条件下冲泡 3 次, 经检测其水浸出物质量浓度为 2.14 mg/mL, 氨基酸质量浓度为 0.24 mg/mL, 茶多酚质量浓度为 1.07 mg/mL, 试验值与回归方程预测值拟合度较高, 此冲泡条件有效, 但在第 2 次冲泡下其氨基酸质量浓度已无法到达标准品饮茶汤的氨基酸质量浓度。

2.4 第 3 次冲泡结果与分析

2.4.1 第 3 次冲泡单因素试验结果及分析

分别在第 1 次、第 2 次最优技术参数条件下冲泡完毕并滤净茶汤之后进行第 3 次单因素冲泡。在第 3 次冲泡的单因素试验中, 在最优冲泡温度 100°C、最优冲泡时间 6.0 min 条件下, 随着茶水比的减小, 茶汤中的水浸出物质量浓度

在不断减小, 茶水比为 1:25 时其水浸出物质量浓度最高, 为 1.85 mg/mL, 在此比例下, 水浸出物质量浓度仍与标准品饮茶汤水浸出物质量浓度相差较多, 因此, 分别选择水浸出物质量浓度较优的 3 个水平的茶水比(1:25、1:50、1:75)、冲泡温度(90、95、100°C)、冲泡时间(5.0、5.5、6.0 min)进行后续响应面法优化试验。

2.4.2 第 3 次冲泡响应面法试验结果及分析

(1) 响应面试验设计及结果

由表 6 可得, 在 17 组方案中其水浸出物及氨基酸质量浓度远远低于标准品饮茶汤浓度, 个别组合如第 5、11、17 组合中茶多酚质量浓度高于标准茶汤浓度, 前者说明茶叶经两次冲泡后, 其水溶性物质已经大部分溶出, 第 3 次冲泡的茶汤难以达到标准品饮茶汤的浓度。与第 1、2 次冲泡的茶汤相比, 第 3 次冲泡的茶汤水浸出物质量浓度偏低, 滋味较淡薄, 同时茶多酚质量浓度增加, 鲜爽滋味物质氨基酸质量浓度减少, 品质成分组成比例发生改变, 对茶汤滋味与口感产生不利影响。因此, 第 3 次冲泡的茶汤滋味已不能达到适宜口感要求。

表 6 第 3 次响应面法冲泡处理组合及水浸出物、氨基酸、茶多酚质量浓度结果(n=5)

Table 6 Third response surface methodology infusion treatment combination and mass concentration results of water extract, amino acid and tea polyphenol (n=5)

处理组合	因素			水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)
	A 冲泡时间/min	B 冲泡温度/°C	C 茶水比(g:mL)			
1	5.5	95	1:75	0.80±0.02	0.00±0.00	0.58±0.02
2	5.5	100	1:50	1.16±0.01	0.02±0.01	0.83±0.02
3	5.5	95	1:25	1.68±0.03	0.09±0.01	1.15±0.01
4	5.5	90	1:50	1.16±0.02	0.03±0.00	0.73±0.01
5	6.0	90	1:25	2.08±0.01	0.19±0.01	1.34±0.01

表 6(续)

处理组合	因素			水浸出物/(mg/mL)	氨基酸/(mg/mL)	茶多酚/(mg/mL)
	A 冲泡时间/min	B 冲泡温度/°C	C 茶水比(g:mL)			
6	6.0	100	1:75	0.96±0.03	0.00±0.00	0.61±0.02
7	6.0	95	1:50	1.26±0.01	0.03±0.00	0.82±0.01
8	6.0	95	1:50	1.26±0.02	0.04±0.00	0.79±0.01
9	6.0	95	1:50	1.24±0.02	0.03±0.00	0.75±0.02
10	6.0	95	1:50	1.22±0.03	0.05±0.01	0.72±0.01
11	6.0	100	1:25	1.68±0.01	0.11±0.00	1.20±0.02
12	6.0	95	1:50	1.08±0.03	0.02±0.00	0.75±0.04
13	6.0	90	1:75	0.76±0.01	0.01±0.00	0.61±0.07
14	6.5	95	1:75	0.76±0.02	0.01±0.00	0.71±0.02
15	6.5	100	1:50	1.20±0.03	0.03±0.01	0.93±0.02
16	6.5	90	1:50	1.08±0.02	0.01±0.00	0.80±0.01
17	6.5	95	1:25	1.74±0.01	0.11±0.00	1.24±0.03

(2)模型建立及方差分析

利用 Design Expert 软件对表 6 中的数据进行多元非线性回归拟合,得到水浸出物质量浓度(Y1)、氨基酸质量浓度(Y2)、茶多酚质量浓度(Y3)对冲泡时间(A)、冲泡温度(B)、茶水比(C)的二次回归方程为:

$$Y1=1.21-0.0025A+0.0100B-0.4875C+0.0300AB-0.0250AC+0.1500BC-0.0935A^2+0.0315B^2+0.1265C^2$$

$$Y2=0.0307-0.0036A-0.0081B-0.0688C+0.0075AB-0.0004AC-0.0229BC-0.0189A^2+0.0126B^2+0.0309C^2$$

$$Y3=0.8597+0.0803A-0.0660B+0.1140C+0.0529AB-0.0341AC-0.1077BC+0.0396A^2-0.1076B^2+0.0638C^2$$

由表 7 可知,对于第 3 次冲泡水浸出物质量浓度的模型 $P<0.0001$,建立的模型极显著,失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型方程有效。

对于氨基酸质量浓度回归方程其模型 $P=0.0009$,建立的模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型方程有效。

对于茶多酚质量浓度回归方程其模型 $P=0.0002$,建立的模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明所选用的二次多项模型的方程有效。

2.4.3 第 3 次冲泡下最优条件的确定及验证

利用 Design-Expert 软件对所得回归方程进行分析求解。由于第 3 次冲泡中,用响应面法优化冲泡方案获得的茶汤水浸出物质量浓度、氨基酸质量浓度已不能达到标准品饮茶汤的浓度,因此取茶多酚质量浓度为响应值进行冲泡条件的优化,可得其最佳冲泡条件为:冲泡时间 5.86 min,冲泡温度为 90°C,茶水比 1:33.21。根据上述实际冲泡条件进行 3 次验证性试验,经检测,其水浸出物质量浓度为 1.74 mg/mL、氨基酸质量浓度为 0.13 mg/mL、茶多酚质量浓度为 1.07 mg/mL,说明试验值与回归方程预测值拟合度较高,冲泡条件有效,但与标准品饮茶汤内含成分浓度相差较多。因此,为确保品饮绿茶中能获得适宜口感滋味,不建议进行第 3 次冲泡。

表 7 第 3 次响应面法冲泡下的 Box-Behnken 试验方差分析
Table 7 Analysis of variance in Box-Behnken test using the third response surface methodology

响应面值	变异来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
水浸出物质量浓度	模型	2.10	9	0.2336	40.69	<0.0001	**
	A	0.0000	1	0.0000	0.0087	0.9283	
	B	0.0008	1	0.0008	0.1394	0.7200	
	C	1.90	1	1.90	331.23	<0.0001	**
	失拟项	0.0173	3	0.0058	1.01	0.4762	
氨基酸质量浓度	模型	0.0468	9	0.0052	15.08	0.0009	**
	A	0.0001	1	0.0001	0.3015	0.6000	
	B	0.0005	1	0.0005	1.53	0.2554	
	C	0.0378	1	0.0378	109.64	<0.0001	**
	失拟项	0.0019	3	0.0006	4.76	0.0830	
茶多酚质量浓度	模型	0.3215	9	0.3116	22.87	0.0002	**
	A	0.0516	1	0.0516	0.6529	0.4457	
	B	0.0348	1	0.0348	0.4403	0.5282	
	C	0.1039	1	0.1039	1.31	0.2892	
	失拟项	0.2401	3	0.0800	1.02	0.4714	

3 讨论与结论

研究表明, 在绿茶的冲泡过程中, 第 1 次最佳冲泡技术为冲泡时间 3.0 min、冲泡温度 100°C、茶水比 1:60, 第 2 次最佳冲泡技术为冲泡时间 5.0 min、冲泡温度 100°C、茶水比 1:50, 在此冲泡条件下, 茶汤中的内含成分除第 2 次冲泡后的氨基酸质量浓度略低于标准品饮茶汤外, 皆能达到标准品饮茶汤的浓度。第 3 次最佳冲泡技术为冲泡时间 5.86 min, 冲泡温度为 90°C, 茶水比 1:33.21, 此时冲泡出的茶汤中水浸出物质量浓度以及氨基酸质量浓度已达不到适宜口感茶汤的浓度要求, 因此, 不建议进行第 3 次冲泡。

试验中茶多酚、氨基酸质量浓度随着冲泡温度的增加而增加, 这与吴咏芳等^[25]研究一致, 其中茶多酚的含量随温度的增加而增加的最为明显。在冲泡过程中, 第 1 次冲泡下茶多酚溶出量最多, 随着冲泡的次数增加, 茶多酚的溶出量逐渐减少, 与前人研究一致^[26-27]。此外, 本研究发现第 3 次冲泡中一些组合中的茶多酚类物质出现较高浓度的现象, 经分析是由于一些耐泡的多酚类物质浸出, 例如酯型儿茶素, 导致茶多酚质量浓度增高, 使得茶汤变苦涩^[25]。氨基酸在 3 次冲泡过程中, 其浓度皆呈现逐渐递减的趋势, 并且下降速率逐渐升高, 在第 2 次冲泡中, 其浓度未能达到标准品饮茶汤氨基酸质量浓度, 使得第 2 次冲泡口感发生了变化, 在第 3 次冲泡时, 茶汤内的氨基酸质量浓度下降到较低值, 大大降低了茶汤的口感滋味, 这是因为茶叶的原料嫩度高, 化学成分浸出速度快, 因而冲泡两次后茶汤中化学成分含量基本完全浸出, 且在同一冲泡条件下氨基酸的溶出速率明显较茶多酚快, 这与余则恩等^[28]的研究一致。以上研究充分表明冲泡技术(冲泡时间、冲泡温度、茶水比)直接影响着绿茶中茶多酚、氨基酸等主要品质成分的溶出量^[29-30], 进而影响茶汤的口感滋味^[31]。本研究中绿茶经两次冲泡后茶叶内水溶性物质基本溶出, 茶汤滋味寡淡不再适合冲泡, 说明了绿茶在品饮中针对适宜口感条件下有着冲泡上限, 并不具有“越泡越好喝”品质特征。

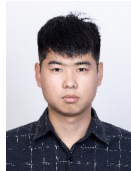
参考文献

- [1] 张嗣凤. 大红袍和冰岛古树茶的耐泡性分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
ZHANG SF. Analysis on the resistance to brewing of dahongpao and bingdao gushu tea [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2019.
- [2] 童梅英, 刘江华, 江金中, 等. 茶叶耐泡性初探[J]. 茶业通报, 1997, (2): 32-25.
TONG MY, LIU JH, JIANG JZ, *et al.* Preliminary study on foam resistance of tea [J]. J Tea Business, 1997, (2): 32-25.
- [3] 揭晓. 牡丹花茶的制作工艺与营养成分分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2017.
JIE X. Study on processing protocol and nutrient analysis of tree peony flower tea [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2017.
- [4] PARVEZ S, WANI IA, MASOODI FA. Extraction optimization of green tea beverage (Noon Chai) for yield, polyphenols and caffeine using response surface methodology [J]. Arabian J Sci Eng, 2022, 47(1): 227-239.
- [5] 喻洁瑶. 冲泡条件和特征性挥发物对祁门红茶品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
YU JY. Effect of brewing conditions and characteristic aroma compounds on the quality of keemun black tea [D]. Chongqing: Southwest University, 2021.
- [6] 陶冬冰, 高雪, 张旋, 等. 不同冲泡条件下六安瓜片茶汤涩味值和茶多酚含量的相关性研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(19): 13-16.
TAO DB, GAO X, ZHANG X, *et al.* Correlation between the astringency value and the content of tea polyphenols in Lu'an Guapian tea soup by different brewing conditions [J]. Food Res Dev, 2019, 40(19): 13-16.
- [7] XU YQ, JI WB, YU P, *et al.* Effect of extraction methods on the chemical components and taste quality of green tea extract [J]. Food Chem, 2018, 248: 146-154.
- [8] 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 LZ. Influence and analysis of water temperature on green tea brewing [J]. China Food Saf Magaz, 2020, (24): 96-97.
- [9] LIN SD, YANG JH, HSIEH YJ, *et al.* Effect of different brewing methods on quality of green tea [J]. J Food Process Preser, 2014, 38(3): 1234-1243.
- [10] LIN J, SHI YX, DONG CW, *et al.* Headspace volatiles influenced by infusion matrix and their release persistence: A case study of Oolong tea [J]. Food Sci Biotechnol, 2019, 28(5): 1349-1358.
- [11] ZHANG HH, LI YL, LV YJ, *et al.* Influence of brewing conditions on taste components in Fuding white tea infusions [J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(9): 2826-2833.
- [12] 徐准盾, 龚淑英. 茶汤浓度对绿茶水浸出物含量及其感官审评的影响[J]. 茶叶, 2005, (3): 166-169.
XU ZD, GONG SY. Effect of tea concentration on the content of water extract of green tea and its sensory evaluation [J]. J Tea, 2005, (3): 166-169.
- [13] KALLITHRAKA S, BAKKER J, CLIFFORD MN. Evaluation of bitterness and astringency of (+)-catechin and (-)-epicatechin in red wine and in model solution [J]. J Sensory Stud, 1997, 12(1): 25-37.
- [14] 乔小燕, 饶幸霞, 黄国资, 等. 传统客家绿茶在连续化生产线加工过程中主要品质成分的变化趋势研究[J]. 江西农业学报, 2015, 27(4): 4.
QIAO XY, RAO XX, HUANG GZ, *et al.* Research on changes in main quality components of traditional hakka green tea in processing through continuous production line [J]. Acta Agric Jiangxi, 2015, 27(4): 4.
- [15] YANG C, HU ZY, LU ML, *et al.* Application of metabolomics profiling in the analysis of metabolites and taste quality in different subtypes of white tea [J]. Food Res Int, 2018, 106: 909-919.
- [16] 陈亮, 余佳, 游湘涛, 等. 冲泡条件对湘西黄金茶生物活性成分及其抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 183-188.
CHEN L, YU J, YOU XT, *et al.* Effect of brewing conditions on bioactive compounds of Xiangxi golden tea and its antioxidant activity [J]. Food Mach, 2019, 35(8): 183-188.
- [17] 马静钰, 刘强, 孙云, 等. 不同冲泡条件对茶叶内含物浸出率影响的研究进展[J]. 中国茶叶, 2019, 41(5): 21-24.

- MA JY, LIU Q, SUN Y, *et al.* Research progress on the influence of different brewing conditions on the leaching rate of tea contents [J]. *China Tea*, 2019, 41(5): 21–24.
- [18] 陈建烟, 刘超兰, 刘伟, 等. 冲泡条件对福鼎白茶茶汤多酚含量和抗氧化活性的影响[J]. *中国茶叶*, 2020, 42(3): 38–43.
CHEN JY, LIU CL, LIU W, *et al.* Effect of brewing conditions on polyphenol content and antioxidant activity of Fuding white tea soup [J]. *China Tea*, 2020, 42(3): 38–43.
- [19] 满雪玉, 许靖. 模拟日常饮茶方式浸泡茶水中茶多酚测定[J]. *贵州科学*, 2019, 37(1): 17–20.
MAN XY, XU J. Detection of polyphenols in tea made by simulating daily drinking manners [J]. *Guizhou Sci*, 2019, 37(1): 17–20.
- [20] 王银斌, 袁海波, 李佳, 等. 基于不同冲泡条件宜红工夫茶滋味品质评价[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(12): 65–71, 76.
WANG YC, YUAN HB, LI J, *et al.* Evaluation of taste of Yichang Congou black tea based on different brewing conditions [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(12): 65–71, 76.
- [21] PEREZ-BURILLO S, GIMENEZ R, RFIAN-HENARES JA, *et al.* Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties [J]. *Food Chem*, 2018, 248(15): 111–118.
- [22] GAN CY, LATIFF AA. Extraction of antioxidant pectic-polysaccharide from mangosteen (*Garcinia mangostana*) rind: Optimization using response surface methodology [J]. *Carbohydr Polymers*, 2011, 83(2): 600–607.
- [23] 李洁. 白茶饮料加工中浸提工艺技术的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
LI J. A study on extraction techniques for white tea beverage [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012.
- [24] 余浩, 唐敏, 黄升谋. 冲泡条件对绿茶水浸出物含量及感官品质的影响研究[J]. *绿色科技*, 2016, (24): 137–140.
YU H, TANG M, HUANG SM. Study on the influence of brewing conditions on the content of water extract and sensory quality of green tea [J]. *J Green Sci Technol*, 2016, (24): 137–140.
- [25] 吴咏芳, 王瑶, 刘芬. 绿茶茶汤浸提工艺的优化探究[J]. *南方农业*, 2020, 14(29): 154–157.
WU YF, WANG Y, LIU F. Optimization of extraction technology of green tea soup [J]. *South China Agric*, 2020, 14(29): 154–157.
- [26] 张昊阳, 王元秀. 传统冲泡工艺对茶叶中茶多酚溶出的影响研究[J]. *中国果菜*, 2016, 36(9): 9–12.
ZHANG HY, WANG YX. Effects of brewing process on the dissolution of tea polyphenols of China Tea [J]. *China Fruit Veget*, 2016, 36(9): 9–12.
- [27] SHAO X, GONG S, ZHANG Y. Effect of infusion conditions on extraction rate and tea liquor concentration of Xihu Longjing Tea [J]. *J Tea*, 2006, 32(2): 92–96.
- [28] 余泽恩, 丁仕华, 梁青青, 等. 绿茶“陕茶1号”中主要品质成分的溶出规律研究[J]. *西南农业学报*, 2018, 31(8): 1682–1688.
YU ZE, DING SH, LIANG QQ, *et al.* Study on dissolving rules of main quality components in Green Tea ‘Shanchayihao’ [J]. *Southwest China J Agric Sci*, 2018, 31(8): 1682–1688.
- [29] FERNANDO CD, SOYSA P. Extraction kinetics of phytochemicals and antioxidant activity during black tea (*Camellia sinensis* L.) brewing [J]. *Nutr J*, 2015, 14(1): 74.
- [30] SÜRÜCÜ CG, ARTIK N. Effect of different brewing methods on some physicochemical properties of green tea (*Camellia sinensis*) [J]. *Turkish J Agric Food Sci Technol*, 2022, 10(4): 693–701.
- [31] 陈正函, 吕晓玲, 徐蕾然, 等. 绿茶多酚的最适冲泡溶出条件及成分分析[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(1): 277–281.
CHEN ZH, LV XL, XU LR, *et al.* Optimum brewing conditions for dissolving green tea polyphenols and components analysis [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(1): 277–281.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)

作者简介



王彬, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶生理生化与品质化学。
E-mail: 1737053422@qq.com



龚志华, 博士, 教授, 主要研究方向为茶叶生理生化与品质化学。
E-mail: gzh041211@163.com