

冲泡方式对祁门红茶茶汤品质的影响

李脉泉^{1,2,3,4#}, 张 灿^{1#}, 殷奔新¹, 刘仲华^{2,3,4*}

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 长沙 410128; 2. 湖南农业大学教育部茶学重点实验室, 长沙 410128; 3. 国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 长沙 410128; 4. 湖南省植物功能成分利用协同创新中心, 长沙 410128)

摘 要: **目的** 探究冲泡方式对祁门红茶茶汤品质的影响并确定祁门红茶最佳冲泡方式。**方法** 选取冲泡温度(80、100 °C)、冲泡时间(5、10、15 min)、冲泡水质(自来水、纯净水)这3个因素, 研究其对祁门红茶茶汤的总黄酮、总酚、氨基酸等主要功能成分、抗氧化活性及感官品质的影响。**结果** 不同的冲泡方法对祁门红茶抗氧化活性及功能成分影响不同。随冲泡时间延长, 祁门红茶茶汤中的功能成分的浸出率均会增加, 15 min时达到最高, 茶汤的抗氧化活性先增强再减弱, 在10 min时最强; 随冲泡温度升高, 茶汤中的功能成分浸出率增加, 100 °C时达到最高, 茶汤抗氧化活性在80 °C时最强; 纯净水对茶汤中功能成分的浸出率和茶汤抗氧化活性影响效果优于自来水; 感官评价结果表明, 使用100 °C纯净水冲泡10 min茶汤感官品质最佳。**结论** 使用100 °C的纯净水冲泡10 min, 祁门红茶能在最大程度上发挥抗氧化作用, 并且感官品质最佳。

关键词: 祁门红茶; 冲泡方式; 抗氧化活性; 功能成分; 感官评价

Effects of brewing methods on the quality of Keemun black tea soup

LI Mai-Quan^{1,2,3,4#}, ZHANG Can^{1#}, YIN Ben-Xin¹, LIU Zhong-Hua^{2,3,4*}

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. National Research Center of Engineering Technology for Utilization of Functional Ingredients from Botanicals, Changsha 410128, China; 4. Hunan Co-innovation Center for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha 410128, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of brewing methods on the quality of Keemun black tea soup and determine the best brewing method of Keemun black tea. **Methods** Three factors were selected including the brewing temperature (80, 100 °C), brewing time (5, 10, 15 min) and brewing water quality (tap water and purified water), and the effects of these factors on the main functional components such as total flavonoids, total phenols and amino acids, antioxidant activity and sensory quality of Keemun black tea soup were studied. **Results** Different brewing methods had different effects on antioxidant activity and functional components of Keemun black tea. With the extension of brewing time, the leaching rate of functional components in Keemun black tea soup would increase,

基金项目: 湖南省教育厅科学研究项目(19C0933)、湖南省自然科学基金青年项目(2020JJ5409)、中国博士后科学基金资助项目(2020M682568)、国家自然科学基金青年项目(32001680)

Fund: Supported by the Scientific Research Project of the Education Department of Hunan Province (19C0933), the Natural Science Foundation of Hunan Province (2020JJ5409), the China Postdoctoral Science Foundation Funded Project (2020M682568), and the National Natural Science Foundation of China (32001680)

[#]李脉泉、张灿为共同第一作者。

[#]LI Mai-Quan and ZHANG Can are co-first authors.

***通信作者:** 刘仲华, 博士, 教授, 主要研究方向为茶与天然产物功能成分的开发利用。E-mail: larkin-liu@163.com

***Corresponding author:** LIU Zhong-Hua, Ph.D, Professor, Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Tea Science Department, College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: larkin-liu@163.com

reached the highest at 15 min, and the antioxidant activity of tea soup first increased and then decreased, reached the strongest at 10 min. With the increase of brewing temperature, the leaching rate of functional components in tea soup increased, reached the highest at 100 °C, and the antioxidant activity of tea soup was the strongest at 80 °C. The effects of purified water on the leaching rate of functional components and antioxidant activity of tea soup were better than tap water. And the sensory evaluation results showed that the sensory quality of tea soup brewed with 100 °C purified water for 10 min was the best. **Conclusion** When brewed in pure water at 100 °C for 10 minutes, Keemun black tea shows the best antioxidant activity and sensory quality.

KEY WORDS: Keemun black tea; brewing method; antioxidant activity; bioactive components; sensory evaluation

0 引言

祁门红茶简称“祁红”，原产地在安徽，祁红条索紧细、外形秀丽、香气丰富且清新，冲泡后汤色橙红明亮、香气绵长，且口感上较为甘甜柔和。祁红不仅是中国的名茶，也享誉国外，是红茶中的极品，红茶含有的活性物质对人体健康均有益处。大量研究表明，红茶茶汤在抗氧化^[1-2]、降脂减肥^[3]、防止动脉硬化^[3]、降低胆固醇^[4]等方面有积极作用。

影响红茶品质的关键成分是黄酮、总酚、氨基酸及茶多酚的氧化产物茶黄素、茶红素、茶褐素等^[5]。因外部条件变化引起品质成分含量的差异将直接影响茶叶风味，也会影响茶汤的生物活性^[6]，同时，上述物质都具有各自的特征滋味，各类物质相互配合所引起的滋味的综合感觉形成茶汤的特殊风味。

冲泡方法是影响茶汤中功能成分含量、生物活性高低的重要因素。冲泡温度、冲泡时间、冲泡次数、冲泡水质、茶水比、冲泡器具等都会影响茶汤成分的浸出率^[7]。叶荏等^[8]在研究冲泡时间对酸枣叶茶成分影响的结果中表明，随着冲泡时间的延长，酸枣叶茶的有效成分含量及其抗氧化活性均呈逐渐上升趋势，冲泡时间超过 7 min 后，茶汤中活性成分及其抗氧化性达到动态平衡，处于相对稳定状态。叶羊等^[9]在研究冲泡时间与苦荞叶发酵茶茶汤抗氧化性的实验中发现，随着冲泡时间的延长，抗氧化活性逐渐增强。卢莉等^[10]研究发现在随着冲泡水温的升高，茶汤中的茶多酚、氨基酸、咖啡碱、黄酮类浸出率增加，茶红素和茶黄素随着水温升高，浸出率先升高后下降，分别在 80 °C 和 90 °C 达到最高值。孙慕芳等^[11]在研究冲泡条件对红茶茶汤成分析出率的影响发现，水质对茶汤中黄酮、氨基酸等主要功能成分影响无显著性差异。但刘艳艳^[12]的研究发现采用不同水质对茶叶进行冲泡，茶汤的滋味、鲜味、甜味、苦味、涩味等感官品质变化差异较为显著。茶水比对茶汤中功能成分以及生物活性也有一定影响作用。也有研究发现 γ -氨基丁酸在茶水比为 1:15 (*m*:*V*) 时浸提参数最佳^[13]。

品质成分含量的高低、生物活性的强弱都会对茶汤品质产生影响，除了对这些因素进行评价，还要综合感官对

茶汤进行整体评价。目前，理化审评开始成为检测茶叶优劣的重要方式。大量研究者通过检测茶汤中成分含量，研究茶叶品质与功能成分之间的相关性，探讨茶叶的颜色、滋味、气味等品质状况与茶叶内部成分含量的关系，从成分含量的具体数据来判定茶叶品质的优劣，寻求提升茶汤品质的方法。如陈冬等^[14]通过对祁门红茶滋味特征分析来探究红茶的冲泡方法。而同时，研究者也一直在关注冲泡方式对茶汤品质的影响，力求提高茶汤的风味和生物活性^[15]。

为阐明不同冲泡方式对祁门红茶茶汤品质的影响，本研究以祁门红茶为实验对象，结合理化分析、感官审评，探究不同冲泡水温、冲泡时间、冲泡水质对祁门红茶茶汤主要品质成分含量、抗氧化能力及感官品质的影响，最终明确祁门红茶的最佳冲泡方式，旨在保证茶汤风味的基础上最大限度地发挥祁门红茶茶汤的抗氧化能力，为指导人们科学饮茶提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

祁门红茶：祥源茶叶有限公司特级祁门功夫红茶(云境系列)。

实验用水：自来水(菌落总数 5.0×10^2 CFU/mL、硬度 58.05 mg/L、pH 6.65，湖南省长沙市自来水厂)；纯净水(菌落总数 0 CFU/mL、硬度 0 mg/L、pH 7.28，华润怡宝饮料有限公司)。

福林酚、氢氧化钠(NaOH)、亚硝酸钠、硝酸铝、甲醇、氯化铁(FeCl_3)、乙酸钠、盐酸、硫酸亚铁(FeSO_4)、氯化锡、谷氨酸、水合茚三酮(分析纯，国药集团化学试剂有限公司)。

芦丁、绿原酸(纯度>99%，上海源叶生物有限公司)。

2,2-联苯基-1-苦基肼基(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH)、奎诺二甲基丙烯酸酯(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, Trolox)、2,4,6-三(2-吡啶基)吡啶基三嗪[2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine, TPTZ](上海麦克林生化有限公司)。

1.2 仪器与设备

101-2AB 电热鼓风干燥箱、DK-98-II 电热恒温水浴锅(天津市泰斯特仪器有限公司)；SPL-250 生化培养箱(天津

市莱玻特瑞仪器设备有限公司); 722S 可见分光光度计(上海晶华科技仪器有限公司); PHS-3C pH 计(上海仪电科学仪器有限公司); FA2004B 型电子分析天平(0~200 g, 上海平轩科学仪器有限公司); TP-3000E 电子天平(0~3000 g, 长沙市湘仪天平仪器设备有限公司); C21-RT2140 电磁炉(广东美的生活电器制造有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 茶汤的制备

称取 2 g 祁门红茶于 100 mL 三角瓶中, 茶水比为 1:25 (*m*:*V*), 参照日常饮茶习惯设置冲泡水质(自来水、纯净水)、冲泡温度(80、100 °C)、冲泡时间(5、10、15 min) 3 因素共计 12 个处理组, 每个处理组 3 个平行样, 茶汤用 4 层纱布过滤, 并定容到 50 mL, 于-20 °C 冷冻保存待用。使用时如出现絮状沉淀, 则进行二次过滤。

1.3.2 总黄酮的测定

参照毛淑琴^[1]的方法, 对茶汤中的总黄酮含量进行测定, 结果以茶汤中芦丁当量表示(mg/mL)。

1.3.3 总酚的测定

参照毛淑琴^[1]的方法, 对茶汤中的总酚含量进行测定, 结果以茶汤中绿原酸当量表示(mg/mL)。

1.3.4 氨基酸的测定

氨基酸含量的测定根据 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》参考选用茚三酮比色法。

1.3.5 清除 DPPH 自由基能力的测定

参照毛淑琴^[1]的方法稍加改动, 结果以茶汤中 Trolox 当量表示(mg TE/mL)。测定茶汤清除 DPPH 自由基能力时, 以空白液作为对照。

1.3.6 还原 Fe³⁺能力的测定方法

参照毛淑琴^[1]的方法, 对茶汤的还原能力进行测定, 结果以茶汤中 FeSO₄ 当量表示(mg FeSO₄/mL)。

1.3.7 感官评价

参照 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》相关要求, 制定了对祁门红茶样品的滋味、汤色、香气、叶底共 4 个方面的感官评价标准, 本次实验共征集 20 名经茶叶审评与检验课程培训后的评审人员, 对功能成分含量较高且抗氧化活性效果较好的茶汤进行感官评价, 感官评价标准如表 1 所示。

1.3.8 数据分析

使用 Excel 和 SPSS Statistics 25 统计软件进行数据处理与分析, 并使用 Origin 2019 作图。

2 结果与分析

2.1 功能成分在不同冲泡方式下的变化

2.1.1 总黄酮成分测定结果分析

由图 1 可知, 冲泡温度、冲泡时间、冲泡水质对茶汤中的总黄酮浸出率的影响均达到差异极显著水平($P<0.01$),

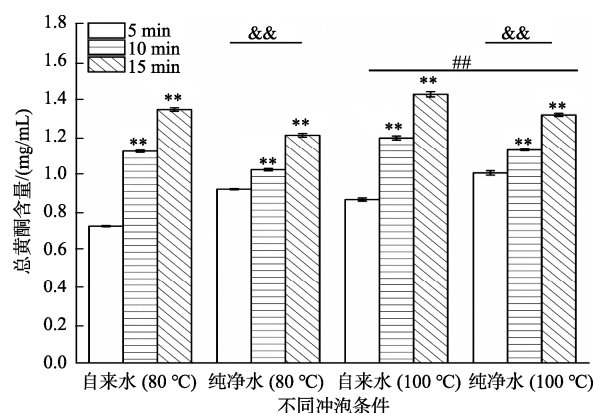
随冲泡时间的延长, 茶汤中总黄酮的含量呈上升趋势, 15 min 时的茶汤中总黄酮含量最高, 为 1.21~1.43 mg/mL; 随冲泡温度的升高, 茶汤中总黄酮含量呈现上升趋势, 100 °C 处理组茶汤中总黄酮含量总是高于 80 °C 处理组茶汤中总黄酮含量, 这与张昊阳等^[16]提出的沸水泡茶更有利于茶多酚、总黄酮等物质析出的规律一致。

表 1 祁门红茶感官评价标准			
Table 1 Sensory evaluation criteria of Keemun black tea			
质量指标	分值	标准	评分
滋味	35	鲜醇或甘醇或醇厚鲜爽	26~35
		醇厚	16~25
		尚醇	0~15
汤色	30	橙红明亮或红明亮	21~30
		尚红亮	11~20
		尚欠红亮	0~10
香气	20	嫩香, 嫩甜香, 花果香	14~20
		高, 有甜香	7~13
		纯正	0~6
叶底	15	细嫩(或肥嫩)多芽或有芽, 红明亮	10~15
		嫩软, 尚有芽, 红尚亮	5~9
		尚嫩, 多筋	0~4

冲泡水质不同时, 不同处理组茶汤中总黄酮含量变化不同, 5 min 内自来水对茶汤中总黄酮的析出有抑制作用, 随着冲泡时间的延长冲泡水质对总黄酮含量影响的差异减小。

2.1.2 总酚成分测定结果分析

由图 2 可知, 随冲泡时间的延长, 茶汤中总酚含量整体呈上升趋势; 随冲泡温度的升高, 茶汤中总酚的浸出率在增加; 上述现象与此前的报道一致^[17-18], 即在一定的时间范围内, 茶汤中的茶多酚、咖啡碱、氨基酸等内含物质的含量与冲泡时间呈正相关关系, 冲泡时间越长内含物浸出率明显趋于上升, 温度越高含量最大值出现的时间越早, 此后, 茶多酚会逐渐氧化成为茶黄素或茶红素, 并与咖啡碱产生络合反应, 含量降低。使用不同水质进行冲泡, 不同条件下呈现出不同趋势, 但在同一冲泡温度及冲泡时间为 10 min 时, 茶汤中的总酚含量相差不大。刘乾刚等^[19-20]分析纯净水可以提高茶汤中多酚含量的原因发现, 以矿物质离子含量较高的水冲泡茶叶时, 水中的矿物质离子会与茶汤中的多酚类物质发生络合, 从而降低茶汤中茶多酚的浸出率。而为何纯净水的冲泡优势体现时间有差异, 这可能与不同物质在水中的浸出速度有关, 具体原因尚需进一步研究。



注: 以冲泡时间为 5 min 时作为参照, *表示冲泡时间存在显著性差异($P<0.05$), **表示冲泡时间存在极显著差异($P<0.01$); 以冲泡温度为 80 °C 时为参照, #表示冲泡温度存在显著性差异($P<0.05$), ##表示冲泡温度存在极显著差异($P<0.01$); 以自来水为参照, &表示冲泡水质存在显著性差异($P<0.05$), &&表示冲泡水质存在极显著差异($P<0.01$), 下同。

图 1 不同冲泡条件下茶汤中总黄酮的浸出率($n=3$)

Fig.1 Leaching rates of total flavonoids in tea soup under different brewing conditions ($n=3$)

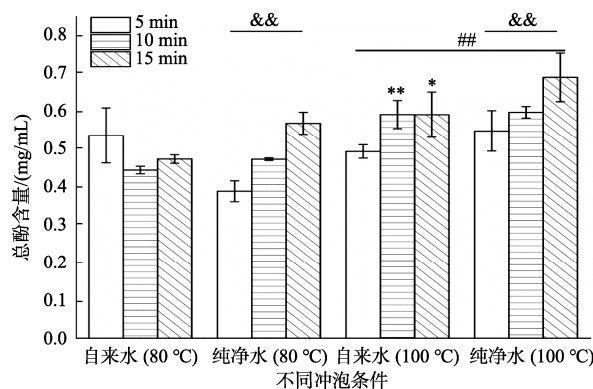


图 2 不同冲泡条件下茶汤中总酚的浸出率($n=3$)

Fig.2 Leaching rates of total phenols in tea soup under different brewing conditions ($n=3$)

2.1.3 氨基酸成分测定结果分析

不同的冲泡条件下祁门红茶茶汤中的氨基酸含量测定结果如图 3 所示。

由图 3 可知, 随冲泡时间的增加, 茶氨酸浸出率呈上升趋势, 在 15 min 时最高; 余泽恩等^[21]在对绿茶中氨基酸、表没食子儿茶素没食子酸酯、咖啡碱等主要品质成分溶出规律的研究中发现, 冲泡时间对茶汤中成分的溶出具有显著影响, 与本研究结果一致, 说明冲泡时间对茶汤中品质成分的浸出率起着关键的作用, 且无论是发酵茶还是非发酵茶都受冲泡时间影响显著。随冲泡温度的增加, 茶汤中的氨基酸浸出率增加, 在 100 °C 时, 茶汤中的氨基酸含量最高可达到 (4.00 ± 0.05) mg/mL, 这与前人的研究结果相似^[22], 即随冲

泡温度的上升, 茶汤中氨基酸的浸出率升高。使用不同水质进行冲泡, 发现使用纯净水冲泡更有利于茶叶中氨基酸的浸出。

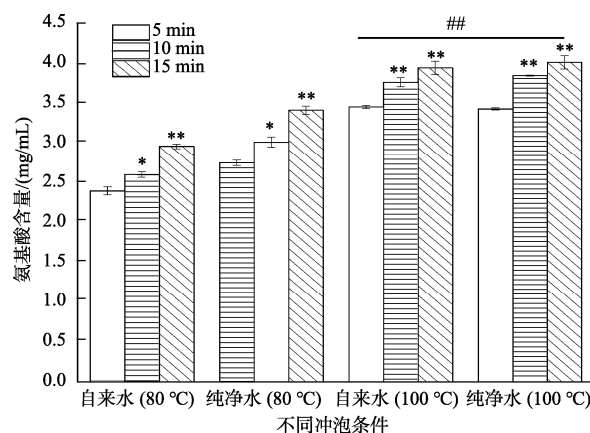


图 3 不同冲泡条件下茶汤中氨基酸的浸出率($n=3$)

Fig.3 Leaching rates of amino acid in tea soup under different brewing conditions ($n=3$)

2.2 抗氧化能力的分析

由图 4 可知, 在同一条件下, 冲泡时间的变化对茶汤的清除 DPPH 自由基能力影响并不显著($P>0.05$), 但在 80 °C 纯净水处理组中, 10 与 15 min 冲泡出来的茶汤清除自由基的能力有显著差异($P<0.05$); 随冲泡温度的变化, 茶汤的清除自由基能力呈下降趋势, 在 80 °C 时茶汤清除自由基能力最强; 在前人的研究中, 也有得到与本结论一致的结果, 茶汤的抗氧化能力随冲泡温度的升高反而减弱, 这可能与茶汤中茶黄素等茶色素类抗氧化物质与咖啡碱发生缩合作用有关^[5]。结合 2.1 的实验结果发现, 提高冲泡温度或者延长冲泡时间可以在一定程度上提高茶汤中总酚、总黄酮、氨基酸的浸出率, 但并不一定可以提高茶汤的抗氧化能力, 比如 100 °C 冲泡 15 min 反而会降低茶汤清除 DPPH 自由基清除的能力, 这可能是由于红茶茶汤中清除 DPPH 自由基、还原 Fe^{3+} 的主要功能成分不是本研究中检测的 3 类物质。使用不同水质冲泡整体间差异不显著($P>0.05$)。

由图 5 可知, 冲泡时间对茶汤还原 Fe^{3+} 能力没有影响; 冲泡温度对茶汤还原 Fe^{3+} 能力具有极显著差异($P<0.01$); 结合已有研究分析发现, 红茶的抗氧化作用主要通过茶黄素、茶红素和茶褐素对自由基的清除来实现^[23], 而当水温超过 90 °C, 茶红素将发生转化^[10], 据此推测高温或者延长冲泡时间时, 起主要抗氧化作用的茶红素发生了变化, 降低了茶汤的抗氧化能力。冲泡水质对茶汤还原 Fe^{3+} 能力具有显著差异($P<0.05$)。通过对茶汤抗氧化能力的分析发现, 茶汤的抗氧化能力与茶汤中的功能成分含量变化不一致, 这可能与本研究所研究的 3 种功能性成分并非茶汤还原能力的主要成分有关^[23]。

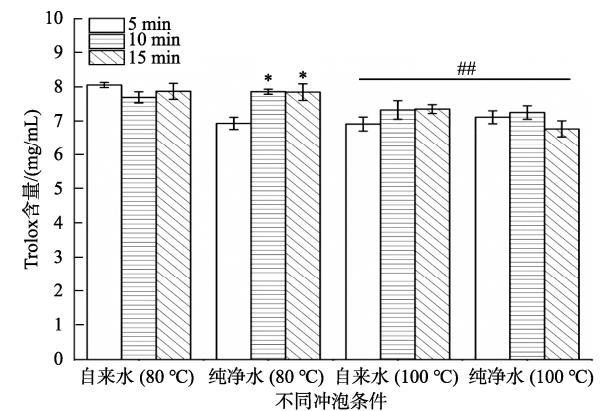


图 4 不同冲泡条件下 DPPH 清除自由基的能力($n=3$)

Fig.4 Abilities of DPPH to scavenge free radicals under different brewing conditions ($n=3$)

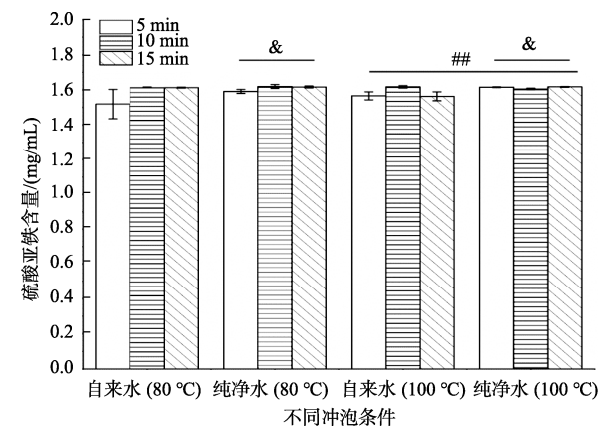


图 5 不同冲泡条件下还原 Fe^{3+} 的能力($n=3$)

Fig.5 Abilities to reduce Fe^{3+} under different brewing conditions ($n=3$)

功能成分与 DPPH 清除自由基的能力、还原 Fe^{3+} 能力的相关性分析结果如表 2 所示。

表 2 功能性成分与抗氧化性间的相关性			
Table 2 Correlation between functional components and antioxidant activity			
因素		抗氧化性	
		DPPH	还原 Fe^{3+} 能力
总酚浓度	Pearson 相关性	-0.184	0.536
	显著性(双侧)	0.282	0.000**
总黄酮浓度	Pearson 相关性	0.062	0.305
	显著性(双侧)	0.721	0.070
氨基酸浓度	Pearson 相关性	-0.485	0.272
	显著性(双侧)	0.003**	0.108

注: 皮尔逊系数 $0 \leq |r| \leq 0.3$: 低相关; 皮尔逊系数 $0.3 \leq |r| \leq 0.8$: 中相关; 皮尔逊系数 $0.8 \leq |r| \leq 1$: 高相关。* $P < 0.05$ 水平下差异显著, ** $P < 0.01$ 水平下差异极显著。

总酚、总黄酮皆与 DPPH 清除自由基的能力皆呈低相关($|r|$ 分别为 0.184、0.062), 是因为红茶的清除自由基作用并非通过总酚和总黄酮的作用来实现, 而是主要通过茶黄素、茶红素和茶褐素来实现的^[23]; 氨基酸与 DPPH 清除自由基的能力呈中相关($|r|=0.485$), 其主要是由于与某些氧化产物发生反应产生的次级产物具有抗氧化能力, 同时, 它也可以与某些酚类或黄酮类等抗氧化物质发生协同作用, 增强其清除自由基的能力。

而总酚、总黄酮与还原 Fe^{3+} 的能力呈中相关($|r|$ 分别为 0.536、0.305), 氨基酸与还原 Fe^{3+} 能力呈低相关($|r|=0.272$)。

2.3 感官评价结果

由 2.1、2.2 可知, 纯净水对祁门红茶茶汤的功能成分和抗氧化活性影响都优于自来水, 温度对祁门红茶茶汤中功能成分与抗氧化活性影响较大, 虽然冲泡时间对茶汤功能成分与抗氧化活性影响最大, 但是冲泡 10 min 的效果与冲泡 15 min 茶汤功能成分的含量差异不显著($P > 0.05$)且冲泡 15 min 茶汤抗氧化能力表现不佳。因此在感官评价时, 选用纯净水, 将冲泡温度(80、100 °C)与冲泡时间(5、10 min)作为变量, 对 S_1 (5 min、80 °C)、 S_2 (10 min、80 °C)、 S_3 (5 min、100 °C)、 S_4 (10 min、100 °C) 4 组茶样进行评价。

评审结果显示(表 3), 在 2 个不同冲泡温度下, 使用 100 °C 冲泡的茶汤颜色要比 80 °C 冲泡的颜色深, 同时滋味也更为醇厚, 呈现出先苦后甘的风味, 且在相同的冲泡时间下, 冲泡温度越高茶汤的香气与汤色得分就越高。有研究表明随温度的升高, 茶叶中的茶红素析出量增加, 使茶汤颜色变深, 多酚类物质是茶叶呈涩味的主要物质, 随儿茶素浓度的增大, 苦味增强速率要大于涩味, 而茶叶中的咖啡碱可与茶汤中的多酚类相互作用, 减弱茶汤的粗涩味, 使茶叶呈现出先苦后甘的风味^[10,24]; 冲泡时间对茶汤品质的影响也呈现出与冲泡温度相似的变化。根据最终感官评价得分结果(表 3)发现, 使用 100 °C 纯净水冲泡 10 min 处理组茶汤得分最高, 平均分为 74.6 分, 香气、滋味、汤色都优于其他处理组。这可能是由于随着冲泡时间延长、冲泡温度升高, 茶汤中总酚、总黄酮、氨基酸等浸出物的含量增加, 提高了茶汤的风味品质, 表明冲泡时间、冲泡温度对茶汤的风味有重要影响。

3 结 论

本研究通过探究冲泡时间、冲泡温度、冲泡水质 3 个因素对祁门红茶茶汤品质的影响发现, 茶汤中功能性成分的浸出率随冲泡时间的延长、冲泡温度的升高而提高; 抗氧化性呈现出随冲泡时间延长先增强再减弱的变化趋势, 80 °C 较 100 °C 更有利于茶汤抗氧化能力的发挥; 纯净水较自来水更有利于茶汤中功能成分的浸出和茶汤抗氧化能力的发挥。相关性分析发现氨基酸与 DPPH 清除自由基的能

力呈中相关,总酚、总黄酮与还原 Fe^{3+} 的能力呈中相关。感官评审结果显示,使用 100 °C纯净水冲泡 10 min 的茶汤感官品质最佳。故本研究得出,祁门红茶在 100 °C纯净水中冲泡 10 min 所获得的茶汤功能成分含量较高,能在较大程度上发挥抗氧化活性且拥有较佳口感。

表 3 感官评价得分及平均值
Table 3 Sensory evaluation scores and averages

编号	感官得分			
	S_1	S_2	S_3	S_4
1	70	59	64	73
2	74	79	62	54
3	59	77	74	80
4	63	78	68	77
5	63	77	67	81
6	61	77	69	78
7	59	77	67	78
8	60	79	68	75
9	59	76	67	75
10	57	79	68	77
11	62	64	77	58
12	64	68	48	63
13	65	67	66	74
14	67	79	71	82
15	62	81	65	81
16	66	67	61	76
17	71	74	65	75
18	69	73	65	78
19	59	69	69	80
20	63	72	71	77
平均值	63.65	73.6	66.6	74.6

参考文献

[1] 毛淑琴. 基于体外消化吸收和 Prieto 氏互作模型的桂花茶抗氧化协同作用及其功能成分的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
MAO SQ. Antioxidant synergy of *Osmanthus fragrans* flower with tea and bioactive compounds by *in vitro* digestion-dialysis and Prieto's interaction model [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.

[2] 李成舰, 罗乐, 黄春花. *L*-茶氨酸抗氧化作用的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(4): 69-75.
LI CJ, LUO L, HUANG CH. Review on antioxidative activities of *L*-theanine [J]. J Food Sci Technol, 2018, 36(4): 69-75.

[3] 王江, 周方, 曾鸿哲, 等. 红茶及其功能成分降脂减肥研究进展[J]. 茶

叶通讯, 2021, 48(2): 207-213.

WANG J, ZHOU F, ZENG HZ, *et al.* Research progress of black tea and its functional components on lipid-lowering and anti-obesity [J]. J Tea Commun, 2021, 48(2): 207-213.

[4] 赵逸民, 赛里木汗·阿斯米, 吴珂剑, 等. 红茶饮用与血浆胆固醇浓度: 相关随机对照试验的系统评价及 meta 分析[C]. 中国食品科学技术学会第十一届年会论文摘要集, 2014.
ZHAO YM, SAILIMUHAN ASM, WU KJ, *et al.* Black tea consumption and plasma cholesterol concentration: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [C]. Abstracts of the 11th Annual Meeting of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014.

[5] 范捷, 王秋霜, 秦丹丹, 等. 红茶品质及其相关生化因子研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(3): 246-253.
FAN J, WANG QS, QIN DD, *et al.* Recent progress in black tea quality and related biochemical factors [J]. Food Sci, 2020, 41(3): 246-253.

[6] LIU Y, LUO L, LIAO C, *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 Chem, 2018, 269: 24-34.

[7] 刘亚芹, 王辉, 周汉琛, 等. 冲泡模式对祁门红茶主要生化成分及抗氧化能力的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(7): 2552-2560.
LIU YQ, WANG H, ZHOU HC, *et al.* Effects of brewing modes on quality components and antioxidant capacity of Keemun black tea [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(7): 2552-2560.

[8] 叶莊, 杨梅, 黄旭, 等. 冲泡时间对酸枣叶茶有效成分及抗氧化活性的影响[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 111-115.
YE Z, YANG M, HUANG X, *et al.* Effects of infusing time on bioactive compounds and antioxidant activity in *Ziziphus jujuba* leaf tea [J]. Storage Process, 2019, 19(1): 111-115.

[9] 叶羊, 谢洁, 陈江, 等. 不同冲泡条件对苦荞叶发酵茶抗氧化活性及功能成分浸出量的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(10): 97-104.
YE Y, XIE J, CHEN J, *et al.* Effects of different brewing conditions on antioxidant activity and leaching amount of functional components of tartary buckwheat leaf fermented tea [J]. Food Sci Technol, 2019, 44(10): 97-104.

[10] 卢莉, 李源. 不同冲泡温度对小种红茶化学成分浸出的影响分析[J]. 武夷学院学报, 2016, 35(9): 8-11.
LU L, LI Y. Analysis on the impact on the leaching of chemical components in Souchong black tea under different brewing temperature [J]. J Wuyi Univ, 2016, 35(9): 8-11.

[11] 孙慕芳, 张洁, 郭桂义. 冲泡条件对信阳红茶茶汤内含物浸出规律的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(15): 15-19.
SUN MF, ZHANG J, GUO GY. Influence of brewing conditions on inclusion leaching rate of Xinyang black tea [J]. Food Res Dev, 2014, 35(15): 15-19.

[12] 刘艳艳. 不同水质对祁门红茶茶汤滋味、汤色品质影响及作用机制研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
LIU YY. The effect of water quality on the taste and color quality of Keemun infusion and their mechanisms [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2020.

[13] 何佳宁, 黄亚辉. 不同浸提过程对 GABA 速溶红茶生化成分的影响[J]. 广东茶业, 2016, (1): 16-20.
HE JN, HUANG YH. Effects of different extraction processes on chemical

- components of GABA instant black tea [J]. *Guangdong Tea*, 2016, (1): 16–20.
- [14] 陈冬, 马涛, 伞惟林, 等. 优质祁门红茶滋味特征分析[J]. *食品科学*, 2017, 38(18): 168–174.
- CHEN D, MA T, SAN WL, *et al.* Taste characteristics of Keemun black tea [J]. *Food Chem*, 2017, 38(18): 168–174.
- [15] 杨青, 刘芷瑜, 李冠楠, 等. 冲泡条件对铁观音茶体外抗氧化活性的影响[J]. *中国农学通报*, 2017, 33(13): 159–164.
- YANG Q, LIU ZY, LI GN, *et al.* Influence of brewing conditions on antioxidant activity *in vitro* of Tieguanyin tea [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2017, 33(13): 159–164.
- [16] 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. Effect of brewing process on the dissolution of tea polyphenols of China tea [J]. *Chin Fruit Veget*, 2016, 36(9): 9–12.
- [17] 戴铭成. 茶叶水中总多酚含量变化研究[J]. *山西农业科学*, 2016, 44(12): 1789–1792.
- DAI MC. Study on the content of total polyphenols in tea water [J]. *J Shanxi Agric Sci*, 2016, 44(12): 1789–1792.
- [18] 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, (5): 21–24.
- MA JY, LIU Q, SUN Y, *et al.* Review on the effect of brewing conditions on the leaching rate of tea components [J]. *China Tea*, 2019, (5): 21–24.
- [19] 刘乾刚, 郑少燕. 不同水样水质、热稳定性及其对白茶茶汤理化性质的影响[J]. *茶叶通讯*, 2020, 47(3): 478–484.
- LIU QG, ZHENG SY. Effect of water qualities and thermal stability of different water samples on the physicochemical properties of white tea infusion [J]. *J Tea Commun*, 2020, 47(3): 478–484.
- [20] 刘巧灵, 牛丽, 朱海燕. 水质对茶汤品质影响研究综述[J]. *茶叶通讯*, 2020, 47(4): 563–567.
- LIU QL, NIU L, ZHU HY. Review on the effect of water quality on the quality of tea infusions [J]. *J Tea Commun*, 2020, 47(4): 563–567.
- [21] 余泽恩, 顶仕华, 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): 1682–1689.
- YU ZEN, DING SH, LIANG QQ, *et al.* Study on dissolving rules of main quality components in green tea ‘Shanchayihao’ [J]. *Southwest Chin J Agric Sci*, 2018, 31(8): 1682–1689.
- [22] 王芳, 王飞权, 陈百文, 等. 冲泡条件对武夷肉桂生化成分浸出率和茶汤品质的影响[J]. *食品工业*, 2018, 39(1): 72–75.
- WANG F, WANG FQ, CHEN BW, *et al.* Influence of brewing condition on the extraction rate and infusion quality of Wuyi-Rougui tea [J]. *Food Ind*, 2018, 39(1): 72–75.
- [23] 徐燕, 朱创, 邵玲玲, 等. 红茶化学成分及生理活性的研究进展[J]. *安徽农业大学学报*, 2020, 47(5): 687–696.
- XU Y, ZHU C, GAO LL, *et al.* Research advance on chemical components and biological activities of black tea [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2020, 47(5): 687–696.
- [24] 刘爽, 杨停, 谭俊峰, 等. 绿茶滋味定量描述分析及其化学成分的相关性研究[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(24): 40–46.
- LIU S, YANG T, TAN JF, *et al.* Quantitative descriptive analysis and its correlation between chemical components and taste in green tea [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2014, 30(24): 40–46.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介

李脉泉, 博士, 讲师, 主要研究方向为茶叶功能成分的开发与利用。
E-mail: limaiquan@hunau.edu.cn

张 灿, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶功能成分的开发与利用。
E-mail: 2695897909@qq.com

刘仲华, 博士, 教授, 主要研究方向为茶与天然产物功能成分的开发利用。
E-mail: larkin-liu@163.com