

矿石浸泡水对绿茶茶汤风味的影响

刘钰懿¹, 徐龙杰¹, 汪芳¹, 雷晶², 赵凯^{2*}, 曹青青¹, 陈建新¹, 许勇泉^{1*}

(¹中国农业科学院茶叶研究所 杭州 310008

²深圳安吉尔饮水产业集团有限公司 广东深圳 518108)

摘要 泡茶用水的离子种类及含量是影响绿茶茶汤风味品质的关键因素。为了开发泡茶专用水及其相应设备,以不同种类矿石(石英石、麦饭石、富锶滤料、弱碱滤料、高总溶解固体(TDS)滤料)为研究对象,探究矿石浸泡水对绿茶茶汤风味品质的影响。矿石浸泡水研究结果显示,石水比、浸泡时间、浸泡温度对不同种类矿石浸出规律的影响有显著差异,高 TDS 滤料浸泡水所含离子含量最高,石英石的溶出稳定性最佳,矿石浸泡水的最佳处理为室温下石水比 1:50,浸泡时间 5 min。矿石浸泡水水质分析结果显示,5 种矿石浸泡水煮沸后电导率均增大而变化幅度小于 $10\mu\text{s}/\text{cm}$,pH 值之间存在显著差异 ($P<0.05$),表明矿石浸泡水电导率受温度影响小,而 pH 受温度影响大。矿石浸泡水所含阳离子(K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+})中 Ca^{2+} 是引起矿石浸泡水电导率增大的主要阳离子,随着电导率的增加绿茶茶汤涩味显著增强,其中 Ca^{2+} 含量与茶汤涩味强度呈极显著相关性($P<0.01$)。通过主动添加试验表明, Ca^{2+} 可以显著增强绿茶茶汤及儿茶素溶液的涩味强度。综上, Ca^{2+} 是影响茶汤涩味的关键离子,通过调节泡茶用水中 Ca^{2+} 含量可有效调控绿茶茶汤的风味品质。

关键词 绿茶; 矿石浸泡水; 风味品质; 涩味; 感官评价

文章编号 1009-7848(2024)04-0256-10 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.04.024

饮用水中含有多种离子,离子种类及含量的不同直接造成酸碱度、硬度、矿化度等主要理化特性的不同^[1]。离子能够与茶汤中的可溶性成分互作,从而影响茶汤风味。一般认为,纯净水、去离子水或硬度较低的水更适宜泡茶^[2]。刘巧灵等^[3]评价了 4 款包装饮用水冲泡绿茶的感官品质及色差值,发现纯净水冲泡的绿茶汤色浅黄绿亮,呈现“鲜、醇”的滋味品质,具有更好的感官特征,且 pH 呈弱酸性、矿质元素含量少的纯净水适合冲泡绿茶。钱婉婷等^[4]也到得相似的结论。Cao 等^[5]进一步研究发现,当使用高 pH 值和总溶解固体(Total dissolved solids, TDS)饮用水冲泡时,儿茶素容易聚合,氧化速度快,导致茶汤颜色变深,因此低矿物质冲泡水更适合冲泡儿茶素含量高的绿茶。

水是茶汤风味的主要载体,水中的金属离子会与茶叶可溶性物质相互作用。关于金属离子对茶汤风味影响的研究已有较多报道。许勇泉等^[6]研究发现随着 Ca^{2+} 浓度的升高,茶汤的苦涩味增强。

刘盼盼等^[7]研究发现 Ca^{2+} 能够显著影响黄山毛峰茶的香气,而 Mg^{2+} 对香气组分影响较小。研究发现 Mg^{2+} 会对红茶茶汤滋味造成较大影响,当 Mg^{2+} 质量浓度为 4 mg/L 时,红茶茶汤综合滋味品质最高,而当水中 Mg^{2+} 质量浓度大于 16 mg/L 时,会导致红茶茶汤鲜味、甜味、苦味下降,涩味明显增强^[8]。 Na^{2+} 对不同品质绿茶的影响不同,普通绿茶添加 Na^{2+} 后,可以降低茶汤的苦味和涩味强度,其中 20 mg/L 质量浓度的 Na^{2+} 作用效果最佳;而高品质绿茶仅添加 5 mg/L Na^{2+} 后就显著影响绿茶茶汤的鲜爽度,导致绿茶茶汤滋味品质下降^[9]。随着 SiO_3^{2-} 质量浓度的增加,红茶茶汤甜味增强,鲜味、苦味、涩味减弱^[10]。目前,研究主要集中于阳离子对茶汤滋味的影响上,对阴离子研究较少;同时,离子对茶汤滋味的影响机制少有报道。研究水质对绿茶风味的影响,可为选择泡茶用水提供依据,进而优化绿茶茶汤的风味品质。

本研究探究了不同矿石在不同石水比、浸泡时间、浸泡温度等条件下的浸出规律,以确定适合冲泡绿茶的浸泡处理参数,并评价 5 种矿石浸泡水的水质指标。同时,通过感官评审分析 5 种矿石浸泡水冲泡绿茶的风味差异,明确影响绿茶茶汤涩味的关键水质因子。

收稿日期: 2023-07-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32272368,31872709)

第一作者: 刘钰懿,女,硕士生

通信作者: 赵凯 E-mail: zhaokai@angelgroup.com.cn

许勇泉 E-mail: yqx33@126.com

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

市售绿茶,杭州龙冠实业有限公司;石英石、麦饭石、富锶滤料、弱碱滤料、高TDS滤料,深圳安吉尔饮水产业集团有限公司;纯净水,杭州娃哈哈集团有限公司;硫酸钙(AR,99%),上海麦克林生化科技有限公司;EGCG(98%),无锡太阳绿宝科技有限公司。

1.2 仪器与设备

万分之一电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DDB-303便携式电导率仪,上海今迈仪器仪表有限公司;HWS-24型电热恒温水浴锅,上海博讯医疗生物仪器股份有限公司;便携式pH计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;电感耦合等离子体发射光谱仪ICP,美国赛默飞公司。

1.3 方法

1.3.1 矿石浸出规律研究 取润洗后的5种矿石用纯净水浸泡,过滤后测量水样电导率,分别考察石水比(m/V)、浸泡时间、浸泡温度对矿石离子浸出的影响。试验重复3次,结果取3次重复的平均值。试验处理见表1。

表1 矿石浸泡处理

Table 1 Ore soaking treatment

编号	石水比	浸泡时间/min	浸泡温度/°C
1	1:50	15	室温(25)
2	3:100	15	室温(25)
3	1:20	15	室温(25)
4	1:50	5	室温(25)
5	1:50	15	室温(25)
6	1:50	30	室温(25)
7	1:20	30	30
8	1:20	30	60
9	1:20	30	90

1.3.2 矿石浸泡水水质指标及阳离子含量测定

室温下,以石水比1:50的比例,分别浸泡5种矿石5 min。过滤后,测量各供试水样煮沸前与煮沸后的电导率和pH值。供试水样阳离子含量用ICP原子发射光谱法测定,分析条件如下:检测器:CID,低波长最大间隔时间:15 s,高波长最大间隔时间:5 s;喷雾器压力:28 psi;泵速率:100 r/min;辅助气体:中速(1 L/min);RF功率:1 150 W。每个

样品测量3次,结果取3次测量的平均值。

1.3.3 不同种类矿石浸泡水冲泡绿茶的感官评价

审评人员为中国农业科学院茶叶研究所具有高级评茶师资格证的2男1女;审评过程在恒温、恒湿(25 °C,相对湿度75%左右)的感官审评室中进行。矿石浸泡水处理为石水比1:50,浸泡时间5 min;取1.5 g茶,150 mL矿石浸泡水(茶水比1:100),沸水冲泡3 min。采用十分制,逐一评各茶汤汤色、香气与滋味,并评价茶汤的苦味、涩味、鲜味和甜味。

1.3.4 Ca^{2+} 影响儿茶素呈味特性研究

1.3.4.1 Ca^{2+} 呈味阈值测定 利用三点检验法分析不同浓度 Ca^{2+} 溶液的涩感阈值。根据滋味稀释技术设定 Ca^{2+} 溶液浓度为0.184, 0.367, 0.551, 0.735, 1.102, 1.469 mmol/L,由审评人员审评3份随机数字编码的未知溶液,其中2份为纯净水,1份为目标溶液;若审评人员能够准确辨别目标溶液,则将目标溶液浓度降低后再进行三点试验;重复以上步骤,直至审评人员无法正确辨别;审评人员能够正确辨别的最低浓度即为该溶液的滋味阈值。数据处理采用 t 检验, $P < 0.05$ 表明溶液在该浓度下的正确辨别概率显著。

1.3.4.2 Ca^{2+} 对绿茶茶汤滋味特性的影响 审评人员为中国农业科学院茶叶研究所具有高级评茶师资格证的2男1女;审评过程在恒温、恒湿(25 °C,相对湿度75%左右)的感官审评室中进行。分别使用100 mL茶汤溶解不同质量的硫酸钙(25, 50, 75, 100, 150, 200 mg),采用十分标度制,逐一评不同 Ca^{2+} 含量的茶汤苦味、涩味、鲜味和甜味,并作出综合感官喜好度评分。

1.3.4.3 Ca^{2+} 对EGCG呈味特性的影响 配制浓度为0.1, 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2 mmol/L的EGCG溶液,取2份等量的EGCG溶液并将其中一份与 Ca^{2+} 溶液(0.184 mmol/L)复配,制备含 Ca^{2+} 的Ca-EGCG溶液,比较添加 Ca^{2+} 对EGCG苦味、涩味强度的影响。审评人员为中国农业科学院茶叶研究所具有高级评茶师资格证的2男1女;审评过程在恒温、恒湿(25 °C,相对湿度75%左右)的感官审评室中进行。采用十分标度制,逐一评价EGCG溶液与Ca-EGCG溶液的苦味和涩味。苦味、涩味标准滋味对照浓度设置如表2所示。

表2 EGCG标准溶液浓度与滋味强度对照表

Table 2 The concentration of EGCG standard liquid for taste intensity comparing

分值	2分	4分	6分	8分	10分
苦味标准浓度/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	0.87	1.53	1.96	2.62	4.36
涩味标准浓度/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	0.65	1.31	1.75	2.40	3.93

1.4 数据处理与分析

采用 IBM SPSS Statistics 27.0 进行单因素方差分析和相关分析,用 GraphPad Prism 9.0、Origin 2023 作图。

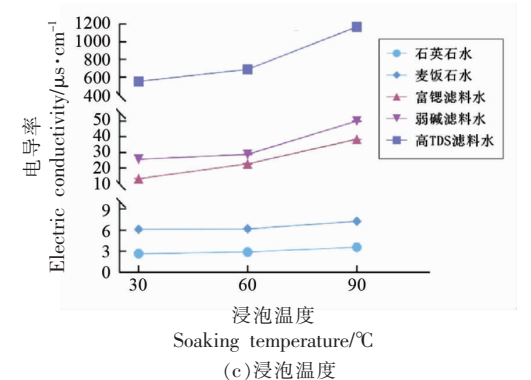
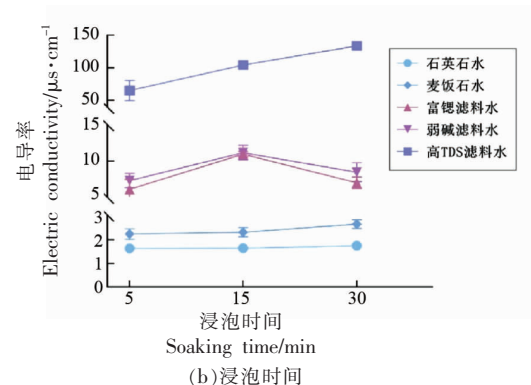
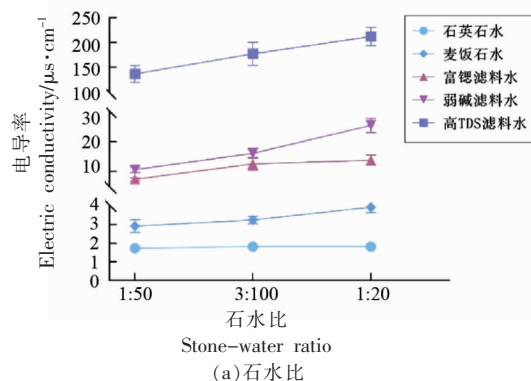
2 结果与分析

2.1 矿石离子浸出规律

电导率是判断饮用水品质的一个重要指标,通过电导率可以初步衡量水中离子的含量,电导率越高,离子浸出越多。图 1a 为 5 种矿石浸泡水的电导率,可得 5 种矿石的离子含量由高至低排序为:高 TDS 滤料>弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石水>石英石水。石英石水的电导率几乎不受石水比影响,不同石水比例作用下,石英石水电导率几乎不变;随石水比增大,其余矿石的电导率均增加,而麦饭石水和富锶滤料水的增幅很小。结果说明石英石、麦饭石和富锶滤料所含矿物离子浸出的可变范围窄,溶出较弱碱滤料和高 TDS 滤料更为稳定。

如图 1b 所示,与石水比作用下矿石离子浸出规律相似,石英石水的电导率几乎不受浸泡时间影响,阴、阳离子溶出在 5 min 时就达到了平衡;麦饭石水电导率的变化受浸泡时间影响不大;随浸泡时间延长,高 TDS 滤料水电导率随之增加,富锶滤料水和弱碱滤料水的电导率则在 15 min 时达到最大值。结果说明石英石、麦饭石溶出稳定,富锶滤料和弱碱滤料更易达到饱和状态。

此外,图 1c 结果显示,温度对矿物离子的浸出影响最大。随浸泡温度升高,5 种矿石浸泡水的电导率均增大,其幅度较石水比和浸泡时间作用下矿石浸泡水浸出规律的变化更大,其中尤以高 TDS 滤料变化幅度最大,分析原因为高温下矿石所含的各种离子与水分子间离子交换作用加剧,打破了水的电离平衡,从而使水中离子溶出量增大。



注:结果为3次重复的平均值,平均值过小导致某些点的误差线无法显示。

图1 不同因素对5种矿石离子浸出的影响

Fig.1 Effect of different factors on ions leaching of 5 kinds of ores

根据石水比、浸泡时间、浸泡温度对矿石离子浸出的影响,判断矿石溶出稳定性与电导率变化相反,即矿石溶出稳定性大小排序为:石英石>麦

饭石>富锶滤料>弱碱滤料>高 TDS 滤料。

2.2 矿石浸泡水水质分析

已有研究表明,离子含量较低的水更适宜用于冲泡绿茶^[1]。通过对矿石离子浸出规律的研究,为使矿石浸泡水更接近泡茶用水的标准,确定最佳矿石浸泡处理参数为室温(25℃)下,石水比1:50,浸泡时间5 min。

由表3可知,5种矿石浸泡水的电导率之间存在显著差异,电导率大小排序为高TDS滤料>弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石>石英石,高TDS滤料水与石英石水之间电导率的差值高达94.03 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。通过比较电导率大小,可将矿石分为低电导率(石英石和麦饭石)、中电导率(富锶滤料和弱碱滤料)、高电导率(高TDS滤料)三类。5种矿石浸泡水煮沸后电导率均增大,电导率变化幅度在

10 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 以下,说明供试水样电导率受温度影响小。

5种矿石浸泡水的pH值之间存在明显差异,按pH值大小排序为弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石>石英石>高TDS滤料。通过比较pH值大小,可以发现石英石、麦饭石和高TDS滤料为弱酸性矿石,富锶滤料和弱碱滤料为弱碱性矿石。供试水样煮沸、冷却后,3种弱酸性的矿石浸泡水pH值均变大,由弱酸性变为接近中性或弱碱性,弱碱性的矿石浸泡水pH值变化不明显。即弱酸性的矿石浸泡水pH值受温度影响较弱碱性的矿石浸泡水更大。这可能是由于液体和空气中的 CO_2 之间有一个动态平衡,水样加热使溶解在水中的 CO_2 溢出,水样pH值增加^[12]。

表3 水样煮沸处理前、后的电导率和pH值

Table 3 Electrical conductivity and pH value of water samples before and after boiling treatment

水样	编号	处理前		处理后	
		电导率/ $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH值	电导率/ $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH值
石英石水	SW	1.54 ± 0.12 ^d	6.58 ± 0.03 ^{bc}	3.17 ± 1.75 ^e	7.08 ± 0.50 ^a
麦饭石水	MW	2.16 ± 0.35 ^d	6.64 ± 0.08 ^b	4.30 ± 2.32 ^e	7.02 ± 0.44 ^a
富锶滤料水	FW	4.31 ± 0.84 ^c	7.19 ± 0.11 ^a	6.65 ± 1.99 ^{bc}	7.18 ± 0.12 ^a
弱碱滤料水	RW	6.18 ± 1.48 ^b	7.28 ± 0.26 ^a	9.78 ± 3.72 ^b	7.24 ± 0.01 ^a
高TDS滤料水	GW	95.57 ± 12.41 ^a	6.53 ± 0.08 ^{bc}	103.87 ± 20.1 ^a	6.89 ± 0.45 ^a

注:同列字母不同表示差异显著($P < 0.05$),下同。pH值测量温度为室温(25℃)。

2.3 不同种类矿石浸泡水冲泡对绿茶风味的影响

国标法审评主要用来评价一款茶的品质优劣,然而其并不适用于日常饮茶,因此前期通过预试验筛选了适合日常饮用的最佳冲泡参数,即茶水比1:100,冲泡时间3 min,审评结果见表4与表5。

不同种类矿石浸泡水冲泡对绿茶风味有一定影响,其中汤色受到的影响最小,除石英石水冲泡后茶汤汤色偏绿,其余茶汤汤色相差无几一般认为泡茶用水的pH能够显著影响茶汤色泽,使用高pH值饮用水冲泡的茶,汤色更深^[11]。儿茶素在碱性条件下易氧化聚合,而六大类茶中绿茶的儿茶素含量最为丰富,因此其汤色变化尤为剧烈^[13]。然而也有学者认为pH对茶汤品质没有明显影响^[14]。本试验结论与后者相符,可能是5种供试水样的

pH值较为接近,没有形成明显梯度差距的原因。目前,关于pH对茶汤汤色影响的研究尚未定论,仍需进一步研究。在香气上,经矿石处理后绿茶香气有熟化趋势,可能是受到水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的影响^[15];而高TDS滤料处理后绿茶香型改变,由清香变为嫩香,可能是因为高TDS滤料电导率含量远大于其余4种矿石,达到了香型改变的临界点,或是高TDS滤料含有某种特有离子可以改变绿茶香型,关于矿石浸泡水中离子引起绿茶香型改变的机制还有待进一步探究。

综合分析,石英石水和麦饭石水冲泡的绿茶滋味最好,这是因为绿茶作为不发酵茶,保留了较多的多酚物质,水中矿物离子会与多酚物质结合,破坏绿茶茶汤滋味平衡。因此,低电导率、低矿化度水更适宜冲泡绿茶,如石英石水和麦饭石水这

类矿石浸出水。具体来看,矿石处理后茶汤的苦味与甜味无显著性差异,矿石对茶汤滋味的影响主要体现在涩味和鲜味上。随矿石浸泡水电导率增大,其冲泡的茶汤涩味增强,鲜味变化则无明显规律,因此矿石处理主要影响茶汤涩味。尹军峰等^[16]研究了水中金属离子对速溶绿茶感官品质的影响,结果表明,不同离子的水质对冷溶性速溶绿茶的溶解性及其感官品质的影响差异显著。钟小玉^[17]

研究了水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 对绿茶茶汤品质成分及混浊产生影响,同样发现金属离子显著改变了绿茶茶汤的感官品质及理化品质,其中 Ca^{2+} 的影响更为明显。郑少燕^[18]在不同水质对白茶内含物溶释及茶汤品质风味的影响研究中发现,茶汤中水浸出物总量与水样中矿质离子总量、电导率呈显著或极显著正相关。以上均与本研究的结果相同。

表4 不同种类矿石浸泡水冲泡绿茶感官评价

Table 4 Sensory evaluation of different kinds of ore soaking water brewing green tea

样品	汤色		香气		滋味		总分
	评语	分值	评语	分值	评语	分值	
石英石水	浅黄绿,尚亮	8.6 ± 0.10 ^a	清香	8.5 ± 0.20 ^{ab}	尚醇爽	8.4 ± 0.21 ^a	8.4 ± 0.10 ^a
麦饭石水	浅绿黄,尚亮	8.3 ± 0.30 ^{ab}	略熟	8.3 ± 0.05 ^c	尚鲜醇	8.4 ± 0.15 ^a	8.3 ± 0.06 ^{ab}
富锶滤料水	浅绿黄,尚亮	8.2 ± 0.10 ^b	清香,略熟	8.5 ± 0.00 ^{ab}	尚醇爽,略熟	8.1 ± 0.25 ^a	8.1 ± 0.06 ^b
弱碱滤料水	浅绿黄,尚亮	8.3 ± 0.00 ^{ab}	清香,略熟	8.3 ± 0.10 ^{bc}	尚鲜醇	8.2 ± 0.29 ^a	8.1 ± 0.10 ^b
高 TDS 滤料水	浅绿黄,尚亮	8.4 ± 0.10 ^{ab}	带嫩香	8.6 ± 0.06 ^a	尚醇,略熟	8.2 ± 0.15 ^a	8.2 ± 0.20 ^{ab}

表5 不同种类矿石浸泡水冲泡绿茶主要滋味评价

Table 5 Evaluation of main taste of green tea brewed by different kinds of mineral water

样品	编号	苦味	涩味	鲜味	甜味
石英石水	SW	3.1 ± 0.12 ^a	2.9 ± 0.10 ^c	4.5 ± 0.00 ^{bc}	2.8 ± 0.25 ^a
麦饭石水	MW	3.0 ± 0.05 ^a	3.0 ± 0.00 ^{bc}	5.1 ± 0.10 ^a	2.9 ± 0.10 ^a
富锶滤料水	FW	3.1 ± 0.10 ^a	3.1 ± 0.15 ^b	4.4 ± 0.40 ^{bc}	2.6 ± 0.20 ^a
弱碱滤料水	RW	3.1 ± 0.10 ^a	3.1 ± 0.10 ^b	4.8 ± 0.25 ^{ab}	2.8 ± 0.25 ^a
高 TDS 滤料水	GW	3.0 ± 0.20 ^a	3.5 ± 0.00 ^a	4.3 ± 0.25 ^c	2.8 ± 0.06 ^a

注:以苦味为例,0~1.99分,微苦;2~3.99分,稍苦;4~5.99分,苦;6~7.99分,很苦;8~9.99分,极苦。

2.4 影响绿茶涩味的关键离子

本文测定了水样中含有的30余种矿物离子,取其中对茶汤影响较大的几种离子进行分析。由表6可知, K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 的含量低且变化幅度小,5种矿石浸泡水阳离子的差异主要体现在 Ca^{2+} 的含量不同,按 Ca^{2+} 含量大小排序为高 TDS 滤料>弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石>石英石,这与水样电导率大小测定结果相同,由此可知, Ca^{2+} 是供试水样组成的重要离子。

矿石处理对绿茶茶汤滋味的影响主要体现在涩味上,同时,茶汤涩味随5种矿石浸泡水电导率的增大而增强;而 Ca^{2+} 含量直接影响矿石浸泡水电导率的大小,因此推测茶汤涩味与 Ca^{2+} 含量紧密相关。将 Ca^{2+} 含量与茶汤涩味做相关性分析,结

果表明 Ca^{2+} 与涩味呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为0.867,从而明确 Ca^{2+} 是增强绿茶茶汤涩味的关键因子, Ca^{2+} 含量越高,涩味越强。此外, Ca^{2+} 对龙井茶滋味的影响相关研究表明 Ca^{2+} 对茶汤的影响主要表现为降苦增涩,进一步研究发现, Ca^{2+} 能够增强 EGCG 的涩味,降低其苦味^[1,19]。Yin 等^[20]认为 Ca^{2+} 通过促进 EGCG 与蛋白的络合从而增强其收敛性。

2.5 Ca^{2+} 影响儿茶素呈味特性研究

本文通过三点检验法检测了硫酸钙溶液中 Ca^{2+} 的涩味阈值,确定 Ca^{2+} 的涩味阈值为0.184 mmol/L (≈ 250 mg/L),这低于氯化钙(291 mg/L)、葡萄糖酸钙(587 mg/L)、乳酸钙(676 mg/L)等的 Ca^{2+} 涩味阈值^[21],证实涩味阈值的不同与钙盐中的

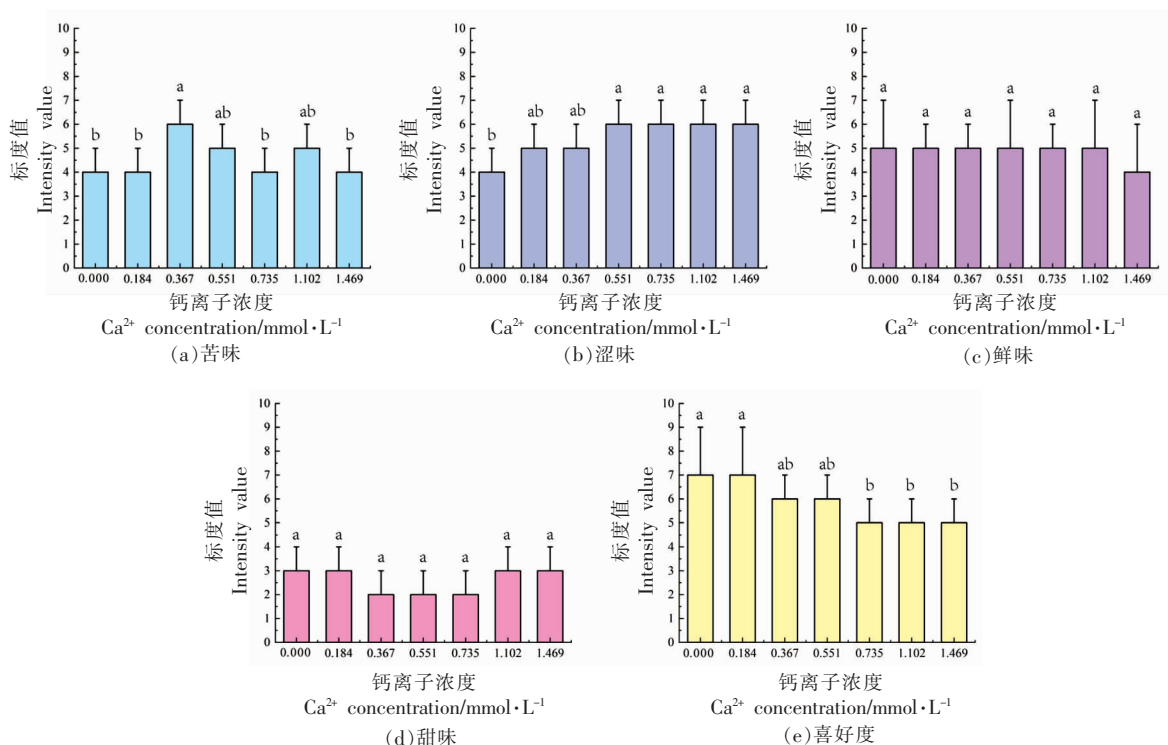
表 6 不同水样主要阳离子含量(mg/L)

水样	编号	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
石英石水	SW	0.01 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.01 ^c	0.14 ± 0.00 ^b	—	0.06 ± 0.00 ^a
麦饭石水	MW	0.02 ± 0.00 ^b	0.16 ± 0.04 ^c	0.14 ± 0.01 ^b	0.01 ± 0.00 ^{bc}	0.06 ± 0.03 ^a
富锶滤料水	FW	0.08 ± 0.02 ^a	0.38 ± 0.03 ^{bc}	0.15 ± 0.02 ^b	0.02 ± 0.00 ^b	0.01 ± 0.00 ^b
弱碱滤料水	RW	0.08 ± 0.02 ^a	0.57 ± 0.30 ^b	0.22 ± 0.03 ^a	0.03 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.02 ^{ab}
高 TDS 滤料水	GW	0.04 ± 0.03 ^b	10.89 ± 0.35 ^a	0.10 ± 0.02 ^c	0.01 ± 0.00 ^{bc}	0.02 ± 0.00 ^b

注：“—”未检出。

阴离子有关^[22]。本研究通过主动添加 Ca²⁺试验分析其对绿茶茶汤及 EGCG 呈味特性的影响, 研究结果如图 2、图 3 所示。由图 2b 可知, 通过对含不同 Ca²⁺浓度的绿茶茶汤滋味的感官审评分析发现, 随 Ca²⁺浓度的增加, 绿茶茶汤的涩感强度呈上升趋势, 即在 Ca²⁺涩味呈味效应影响下, 绿茶茶汤的涩味呈现增强的趋势。绿茶茶汤在增加 Ca²⁺含量后苦味强度(图 2a)出现了先上升后下降的趋势, 同时苦味强度明显低于涩味强度。该结果与团队前期研究结果相同, 分析原因这与绿茶茶汤中儿茶素(EGCG 等)结合口腔唾液蛋白的效应有关。随 Ca²⁺浓度升高, 二者结合量随之增大, EGCG-唾液

蛋白的络合物增强了口腔中粗糙、干燥、褶皱的感觉, 带来明显涩感^[20]。此外, Ca²⁺浓度升高后绿茶茶汤的鲜味(图 2c)无明显变化。绿茶茶汤的甜味(图 2d)整体呈现较弱的强度, 在 Ca²⁺呈味后绿茶茶汤的甜味降低, 而继续增加 Ca²⁺浓度时, 其甜味强度呈增大的趋势, 这有待进一步对呈味机制的探究。最为明显的是, 添加 Ca²⁺后绿茶茶汤的综合喜好度审评结果(图 2e)显示, 随 Ca²⁺浓度的升高, 绿茶茶汤的滋味喜好度显著降低。综上所述, Ca²⁺显著影响了绿茶茶汤的呈味特性, 降低其感官可接受度, 因此绿茶茶饮中应降低 Ca²⁺含量^[20]。



注:图中字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

图 2 Ca²⁺(0.184 mmol/L)影响绿茶茶汤呈味特性研究

Fig.2 Effect of Ca²⁺ (0.184 mmol/L) on the taste characteristics of green tea infusion

本研究同时比较了添加 Ca^{2+} 后不同浓度 EGCG 溶液的苦味及涩味变化,结果如图 3 所示。未添加 Ca^{2+} 时,随 EGCG 浓度的增大,EGCG 溶液的苦味强度值呈明显上升趋势(图 3a),然而当 EGCG 溶液浓度保持不变而加入 Ca^{2+} 时,EGCG 溶液的苦味强度明显降低。与之相反的是,EGCG 涩味强度显著增大(图 3b)。结果表明, Ca^{2+} 显著影响了 EGCG 溶液的苦味及涩味呈味特性,在 Ca^{2+} 影

响绿茶茶汤的呈味特性研究中,存在相同的味感变化趋势,即涩味增强,苦味降低。EGCG 作为绿茶儿茶素中最为重要的一种物质,其在绿茶茶汤呈味特性的变化中同样起到了至关重要的作用,而 Ca^{2+} 对 EGCG 的呈味特性的改变显著影响了绿茶茶汤的感官评价结果。因此,控制 Ca^{2+} 在泡茶用水中的含量将有助于改善绿茶茶汤的感官品质^[23]。

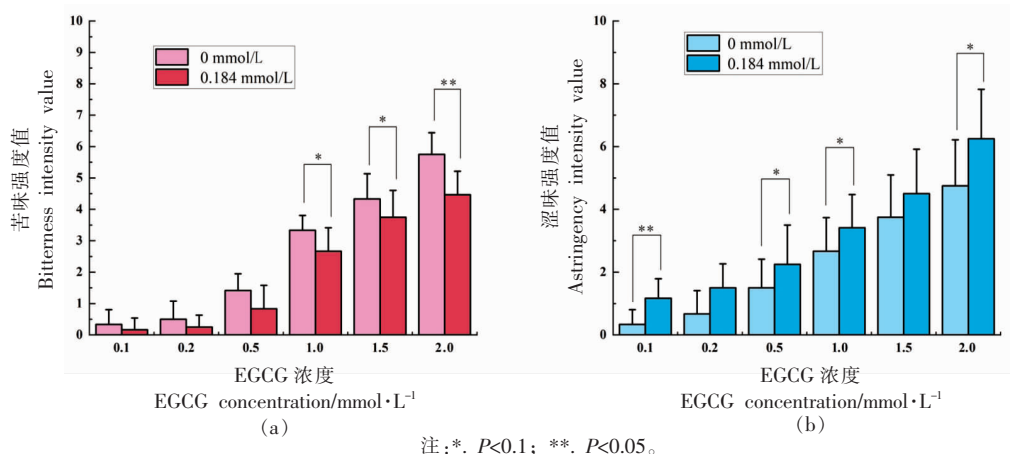


图 3 Ca^{2+} (0.184 mmol/L) 对 EGCG 苦味(a)、涩味(b)呈味特性的影响

Fig.3 Effect of Ca^{2+} (0.184 mmol/L) on the bitter (a) and astringent (b) taste characteristics of EGCG

3 结论

通过对 5 种矿石浸泡水浸出规律的探究确定了最佳矿石浸泡处理参数,同时评价了不同种类矿石浸泡水的水质指标,并比较了不同种类矿石浸泡水冲泡绿茶对其风味的影响,从而明确了水中影响绿茶涩味的关键因子为 Ca^{2+} ,得到结果如下:

1) 石水比、浸泡时间、浸泡温度对不同种类矿石浸出规律的影响有显著差异。石水比主要影响弱碱滤料和高 TDS 滤料浸出,随石水比增加,矿石浸泡水电导率增大;浸泡时间主要影响高 TDS 滤料、富锶滤料和弱碱滤料浸出,随浸泡时间延长,高 TDS 滤料水电导率随之增加,富锶滤料水和弱碱滤料水的电导率则在 15 min 时达到最大值;温度对矿物离子的浸出影响最大,随浸泡温度升高,不同种类矿石浸泡水的电导率均增大,较石水比和浸泡时间作用下,矿石浸泡水变化规律的变化幅度更大,尤其是高 TDS 滤料。基于浸出规律的变化,不同矿石的溶出稳定性大小排序为:

石英石>麦饭石>富锶滤料>弱碱滤料>高 TDS 滤料。

2) 不同种类矿石浸泡水的理化性质差异显著。不同种类矿石浸泡水的电导率大小排序为高 TDS 滤料>弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石>石英石,其中, Ca^{2+} 是最主要的水质离子;不同种类矿石浸泡水的 pH 值大小排序为弱碱滤料>富锶滤料>麦饭石>石英石>高 TDS 滤料,石英石、麦饭石和高 TDS 滤料为弱酸性,富锶滤料和弱碱滤料为弱碱性;不同种类矿石浸泡水电导率受温度影响较小,煮沸后电导率均增大,而变化幅度在 $10 \mu\text{s}/\text{cm}$ 以下;不同种类矿石浸泡水的 pH 值受温度影响明显,特别是弱酸性矿石浸泡水,煮沸后由弱酸性变为接近中性或弱碱性。

3) Ca^{2+} 的涩味阈值为 250 mg/L。 Ca^{2+} 增强了绿茶茶汤的涩味,降低了苦味,对鲜味及甜味的影响相对较弱,降低了绿茶茶汤的总体感官接受度。进一步的研究表明, Ca^{2+} 显著增强了 EGCG 溶液的涩味,而降低了苦味。这提示 Ca^{2+} 可能主要通过影

响 EGCG 的呈味特性来改变绿茶茶汤的涩味、苦味。

综上所述,通过对5种不同矿石浸泡水冲泡绿茶的感官品质进行感官评价,发现不同种类矿石浸泡水冲泡对绿茶风味影响显著。随着矿石浸泡水电导率的增大,绿茶茶汤香气有熟化趋势;涩味显著增强,其中 Ca^{2+} 是影响茶汤涩味的关键离子。根据本研究结果,低电导率、低矿化度的石英石水与麦饭石水更适宜冲泡绿茶,该结论与已有研究相符^[24-25]。

参 考 文 献

- [1] 尹军峰. 日常主要饮用水及其特性[J]. 中国茶叶, 2018, 40(4): 21-25.
YIN J F. Daily main drinking water and its characteristics[J]. China Tea, 2018, 40(4): 21-25.
- [2] 严杰能. 饮用水水质对茶汤风味品质影响的研究进展[J]. 云南化工, 2019, 46(7): 21-22, 5.
YAN J N. Research progress on the effect of drinking water quality on flavor quality of tea soup[J]. Yunnan Chemical Technology, 2019, 46(7): 21-22, 5.
- [3] 刘巧灵, 牛丽, 卫艺炜, 等. 不同类型包装饮用水对绿茶茶汤品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(11): 216-220.
LIU Q L, NIU L, WEI Y Y, et al. Effect of different types packaged drinking water on the green tea infusions[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(11): 216-220.
- [4] 钱婉婷, 苏云娇, 张豪杰, 等. 不同水质特性及对茶类感官品质和 $L^*a^*b^*$ 色泽的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(2): 324-330.
QIAN W T, SU Y J, ZHANG H J, et al. Properties of water and its effects on tea sensory quality and $L^*a^*b^*$ [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(2): 324-330.
- [5] CAO Q Q, WANG F, WANG J Q, et al. Effects of brewing water on the sensory attributes and physicochemical properties of tea infusions[J]. Food Chemistry, 2021, 364: 130235.
- [6] 许勇泉, 陈根生, 钟小玉, 等. 钙离子对绿茶浸提茶汤理化与感官品质的影响[J]. 茶叶科学, 2011, 31(3): 230-236.
XU Y Q, CHEN G S, ZHONG X Y, et al. Effect of Ca^{2+} on the components and sensory quality of extracted green tea infusion[J]. Journal of Tea Science, 2011, 31(3): 230-236.
- [7] 刘盼盼, 许勇泉, 尹军峰, 等. 主要水质因子对清香型黄山毛峰茶挥发性成分的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(1): 245-257.
LIU P P, XU Y Q, YIN J F, et al. Effect of main quality factors on volatile components of Huangshan Maofeng Tea with faint scent[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(1): 245-257.
- [8] 刘艳艳, 许勇泉, 陈建新, 等. 冲泡用水中 Mg^{2+} 对红茶茶汤滋味品质的影响及机制[J]. 食品科学, 2020, 41(18): 14-20.
LIU Y Y, XU Y Q, CHEN J X, et al. Impact and mechanism of Mg^{2+} in brewing water on the taste quality of black tea infusions [J]. Food Science, 2020, 41(18): 14-20.
- [9] 嵇伟彬, 龚晓燕, 许勇泉, 等. 水中 Na^+ 浓度对绿茶茶汤滋味品质的影响及其内在原因分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(5): 189-195.
JI W B, GONG X Y, XU Y Q, et al. Effect of sodium ion concentration on the taste quality of green tea liquor and analysis of the underlying causes [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(5): 189-195.
- [10] 刘艳艳, 刘政权, 陈建新, 等. 水中 SiO_3^{2-} 对红茶茶汤滋味品质的影响[J]. 中国食品学报, 2020, 20(4): 134-141.
LIU Y Y, LIU Z Q, CHEN J X, et al. Effect of SiO_3^{2-} on the taste quality of black tea infusions[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(4): 134-141.
- [11] 黄建安, 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 第五版. 北京: 中国农业出版社, 2022: 10-11.
HUANG J A, SHI Z P. Review and Inspection of Tea[M]. Fifth Edition. Beijing: China Agriculture Press, 2022: 10-11.
- [12] MOSSION A, POTIN-GAUTIER M, DELERUE S, et al. Effect of water composition on aluminium, calcium and organic carbon extraction in tea infusions [J]. Food Chemistry, 2007, 106(4): 1467-1475.
- [13] 龚自明, 王雪萍, 高士伟, 等. 湖北绿茶香气组分的主成分分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(23): 5780-5783, 824.

- GONG Z M, WANG X P, GAO S W, et al. Principal component analysis of aroma components in green tea from Hubei province[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(23): 5780-5783, 824.
- [14] 曹璐, 刘佳, 白德崇, 等. 不同硬度和 pH 的水对绿茶冲泡品质的影响研究[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2012, 22(3): 81-84.
- CAO L, LIU J, BAI D C, et al. Effect of different water hardness and pH value on organoleptic evaluation of green tea[J]. Journal of Xinyang Agriculture and Forestry University, 2012, 22(3): 81-84.
- [15] 刘盼盼. 主要水质因子对清香型绿茶茶汤呈香特性及其稳定性影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- LIU P P. Effects of main water quality factors on the aroma characteristics and stability of faint scent green tea infusion[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [16] 尹军峰, 许勇泉, 陈建新, 等. 主要金属离子对冷溶性速溶绿茶复水后品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(7): 99-105.
- YIN J F, XU Y Q, CHEN J X, et al. Effects of main ions on quality of cold soluble instant green tea[J]. Food Science, 2009, 30(7): 99-105.
- [17] 钟小玉. 水中钙离子对绿茶茶汤品质成分及混浊产生影响的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- ZHONG X Y. Effect of Ca^{2+} in water on the green tea infusion quality components and turbidity production[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2012.
- [18] 郑少燕. 不同水质对白茶内含物溶释及茶汤品质风味的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- ZHENG S Y. Effects of brewing water on the components dissolution and infusion quality of white tea [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture Forestry University, 2016.
- [19] 杨悦, 张英娜, 许勇泉, 等. 水中 Ca^{2+} 质量浓度对龙井茶冲泡茶汤滋味品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(3): 345-349.
- YANG Y, ZHANG Y N, XU Y Q, et al. Effect of water Ca^{2+} concentration on taste quality of Longjing tea infusion[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2016, 43(3): 345-349.
- [20] YIN J F, ZHANG Y N, DU Q Z, et al. Effect of Ca^{2+} concentration on the tastes from the main chemicals in green tea infusions[J]. Food Research International, 2014, 62(C): 941-946.
- [21] CORMICK G, MATAMOROS N, ROMERO I B, et al. Testing for sensory threshold in drinking water with added calcium: A first step towards developing a calcium fortified water[J]. Gates Open Research, 2022, 5: 151.
- [22] YANG H H L, LAWLESS H T. Descriptive analysis of divalent salts[J]. Journal of Sensory Studies, 2005, 20(2): 97-113.
- [23] XU Y Q, ZHANG Y N, CHEN J X, et al. Quantitative analyses of the bitterness and astringency of catechins from green tea[J]. Food Chemistry, 2018, 258: 16-24.
- [24] 江春柳, 孙云, 岳鹏翔, 等. 不同水质对绿茶饮料储藏特性的影响[J]. 茶叶科学, 2010, 30(S1): 561-566.
- JIANG C L, SUN Y, YUE P X, et al. Effect of water quality on the storage characteristics of green tea beverages[J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(S1): 561-566.
- [25] 刘平, 尹军峰, 许勇泉, 等. 水质对绿茶饮料品质影响的研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(3): 250-253.
- LIU P, YIN J F, XU Y Q, et al. Research status of the effect of water quality on the green tea beverage[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(3): 250-253.

Effect of Ore Soaking Water on the Flavor of Green Tea Infusion

Liu Yuyi¹, Xu Longjie¹, Wang Fang¹, Lei Jing², Zhao Kai^{2*}, Cao Qingqing¹, Chen Jianxin¹, Xu Yongquan^{1*}

¹Tea Research Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008

²Shenzhen Angel Drinking Water Industrial Group Corporation, Shenzhen 518018, Guangdong)

Abstract The content of ions in tea water are the key factors affecting the flavor quality of green tea infusion. In order to develop special water for infusing tea and corresponding equipment, different kinds of ores (quartzite, medical stone,

strontium-rich filter material, weak alkali filter material and high TDS filter material) were used as the research objects to explore the effect of ore soaking water on the flavor quality of green tea infusion. The ore soaking water research results showed that there were significantly different in the effects of ore-water ratio, soaking time and soaking temperature on the leaching law. The content of ions in the soaking water of High TDS (total dissolved solids) filter material was the highest, and the dissolution stability of quartzite was the best. The optimal treatment of ore soaking water was that the ore to water 1:50 (m/V) at room temperature and soaking 5 min. The ore soaking water quality study showed that the conductivity of ores increased after soaking in water and boiling but changed less than $10 \mu s/cm$, while there was a significant difference between the pH values ($P < 0.05$). It was found that the conductivity thermal stability of ores soaking water was better than pH thermal stability. With the increase of conductivity of ores soaking water, the astringency of green tea infusion was clearly enhanced and there was a significant correlation between Ca^{2+} content and astringency intensity of tea infusion ($P < 0.01$), among the detected cations (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+}). The active addition test showed that Ca^{2+} could significantly enhance the astringency of green tea infusion and catechin solution. In summary, Ca^{2+} is the most key ion that affects the astringency of green tea infusion in ore soaking water. It would effectively regulate the overall flavor quality of green tea infusion by adjusting the content of Ca^{2+} in brewing water.

Keywords green tea; ore soaking water; flavor quality; astringency; sensory evaluation