

金银花茶中 8 种微量元素溶出特性研究

殷萍¹ 宋军² 李童瑶³ 张强¹

孙瑞¹ 苏芳¹ 刘璐¹ 陈秋生^{1*}

(1. 天津市农业科学院 农产品质量安全与营养研究所, 天津 300381;

2. 河北省林草花卉质量检验检测中心, 石家庄 050006;

3. 天津市蓟州区农业发展服务中心, 天津 301914)

摘 要 探究金银花茶样品中 8 种微量元素的溶出特性。采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定样品中 Na、Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu、Se 8 种微量元素含量,并分别研究浸泡时间、浸泡次数及浸泡温度与元素溶出特性之间的关系。结果表明,金银花茶中微量元素含量丰富,8 种元素含量由高到低的顺序为 Ca>Mg>Fe>Na>Mn>Zn>Cu>Se。各元素溶出量随浸泡时间延长而升高,其中 Fe 溶出率最低,表明 Fe 最难溶出。除 Na 和 Se 以外,各元素溶出量随浸泡次数增加而降低,随浸泡温度升高而升高;Na 的溶出量随浸泡次数增加呈先降低后升高的趋势,而 Se 的溶出量随浸泡次数增加而降低;Na 和 Se 的溶出量均随浸泡温度升高呈先升高再降低的趋势。各元素溶出量与浸泡时间、浸泡次数及浸泡温度之间的关系均可通过建立不同类型的数学模型进行描述。从保健茶饮的功能性和风味角度考虑,金银花茶冲泡应选用 100 ℃ 的水温,且冲泡次数应不超过 4 次。

关键词 金银花茶;微量元素;溶出特性;数学模型;电感耦合等离子体质谱法

中图分类号: O657.63 TH843 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-1035(2023)07-0767-08

Study on Dissolution Characteristics of Eight Trace Elements in Honeysuckle Tea

YIN Ping¹, SONG Jun², LI Tongyao³, ZHANG Qiang¹, SUN Rui¹,

SU Fang¹, LIU Lu¹, CHEN Qiusheng^{1*}

(1. Institute of Agricultural Product Quality, Safety and Nutrition, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300381, China;

2. Hebei Forest and Flower Quality Inspection and Testing Center, Shijiazhuang, Hebei 050006, China;

3. Tianjin Jizhou Agricultural Development Service Center, Tianjin 301914, China)

Abstract The objective of this work was to explore the dissolution characteristics of eight trace elements in honeysuckle tea. The contents of Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu and Se in the samples were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The relationships between soaking time, soaking times, soaking temperature and dissolution characteristics were studied respectively. The results showed that the content of trace elements in honeysuckle tea was rich, and the content of 8 kinds of elements from

收稿日期: 2022-10-10 **修回日期:** 2022-11-25

作者简介: 殷萍,女,助理研究员,主要从事农产品质量安全检测研究。E-mail: jasly78@163.com

* **通信作者:** 陈秋生,男,研究员,主要从事农产品质量安全检测研究。E-mail: TJZBSCQS@126.com

引用格式: 殷萍,宋军,李童瑶,等. 金银花茶中 8 种微量元素溶出特性研究[J]. 中国无机分析化学, 2023, 13(7): 767-774.
YIN Ping, SONG Jun, LI Tongyao, et al. Study on Dissolution Characteristics of Eight Trace Elements in Honeysuckle Tea [J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2023, 13(7): 767-774.

high to low was in the order of $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Na} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Se}$. The dissolved amount of each element increased with the extension of soaking time. The dissolution rate of Fe was lowest, which indicated that Fe was the most difficult to be dissolved. Except Na and Se, the dissolved amount of each element decreased with the increase of soaking times, and increased with the increase of soaking temperature. The dissolved amount of Na decreased at first and then increased with the increase of soaking times. On the contrary, the dissolved amount of Se increased at first and then decreased with the increase of soaking times. The dissolved amount of Na and Se increased at first and then decreased with the increase of soaking temperature. The relationships between soaking time, soaking times, soaking temperature and dissolved amount of each element can be described by building different types of mathematical models. Considering the function and flavor of health tea drink, the water temperature of 100 °C should be selected for making honeysuckle tea, and the frequency of brewing should not exceed four times.

Keywords honeysuckle tea; trace elements; dissolution characteristics; mathematical model; inductively coupled plasma mass spectrometry

金银花为忍冬科忍冬(*Lonicera Japonica* Thunb.)的干燥花蕾或带初开的花^[1-2],又名金银藤、忍冬、鸳鸯藤,是常用的中药材,被誉为“中药中的抗生素”,具有清热解毒、养阴益气的功效^[3-4],民间作茶叶使用有悠久的历史,近年来逐渐作为保健性茶饮,属于典型的“食药同源”品类^[5-6]。适量的饮用金银花茶,能促进人体的新陈代谢,调节人体机能,从而帮助提高人体免疫力^[7]。微量元素对保护人体新陈代谢和健康有至关重要作用,是体内各种酶、激素、维生素等活性物质的重要成分之一,在体内发挥着独特的生理功能^[8-11]。金银花茶内微量元素丰富,其中Na、Ca、Mg、Mn、Fe、Zn、Cu、Se等都是对人体不可缺少的微量元素,但摄入量过多或过少时,都对人体健康产生不同程度的影响^[12]。生物可利用性是元素吸收的关键,可用元素的溶出率来表征^[13]。研究这8种微量元素的溶出特性,可直接反映金银花功效成分的生物可利用性,阐明对人体发挥的保健作用,也为科学饮用金银花茶饮品、把控饮品质量及同类保健饮品的合理开发提供指导。目前,针对中药材如茯苓^[14]、枳壳^[15]、穿心莲^[16]等的微量元素溶出特性研究已有报道,但以讨论煎煮过程中金属元素溶出特性为主;绿茶^[17]、柑普茶^[18]、蒲公英茶^[19]和玫瑰花茶^[20]等茶饮类金属元素溶出特性也在文献中有所研究。但对金银花茶的研究,有报道是以原子吸收光谱法和原子荧光分光光度法各自测定不同元素,且只探讨了提取方法对溶出特性的影响^[21];也有报道以电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定5种重金属元素含量^[22],但以8种微量元素为研究不同浸泡条件对溶出特性影响的研究未见报道。溶出特性的研究,是对金银花茶有效化学成分研究

的一个重要补充和发展^[14],为研究微量元素和化学成分如何相互作用提供理论依据,对“食药同源”品类功能性饮品的开发和研究具有重要的现实意义。本研究依据国家标准,基于ICP-MS法,测定金银花茶的8种微量元素含量,并研究浸泡时间、浸泡温度及浸泡次数等因素影响下各元素的溶出特性,建立相应的数学模型。测定方法灵敏度高,基体干扰小,同时测定多种元素,快速高效;探讨溶出规律与浸泡条件之间的关系,填补了金银花茶中8种元素溶出特性的数据空白,为进一步探究各元素的存在形态提供了重要的实验数据,进而为探明微量元素发挥功能的作用机制提供研究基础。

1 实验部分

1.1 材料与试剂

国家有证标准物质 GBW10028 黄芪(GSB-19, 中国地质科学院地球物理地球化学勘察研究所)。

多元素混合标准溶液 Part# 5183-4688(其中Fe、Ca、Na、Mg浓度为1 000 mg/L, Cu、Mn、Se、Zn浓度为10 mg/L),内标溶液 Part# 5188-6525(浓度为10 mg/L),调谐溶液 Part# 5188-6564(浓度为10 mg/L,美国安捷伦科技有限公司),硝酸、盐酸(优级纯,天津市风船化学试剂厂),氩气、氦气(99.999%,北京环宇京辉京城气体科技有限公司),超纯水(由Direct-Q3超纯水仪制备,电阻率 $\geq 18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$)。

1.2 仪器与设备

L18-Y916 样品粉碎机(九阳股份有限公司), 101-2AB 电热恒温鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司), ME20-4E 电子天平(精度0.000 1 g, 美国梅特勒-托利多公司), ED54 型多孔消煮炉(北京

莱伯泰科仪器股份有限公司),Agilent 7900 型电感耦合等离子体质谱仪(美国安捷伦科技有限公司),Direct-Q3 超纯水仪(德国默克密理博公司)。

1.3 供试样品

采用广东出产的金银花茶样品。金银花茶与金银花药的区别,在于采收时间不同和加工工艺不同。金银花茶采收时期为绿蕾期,采收后经过摊青、杀青、烘干、精选去杂等工艺处理即为成品。

1.4 实验方法

1.4.1 样品前处理

金银花茶样品在 60 ℃ 的恒温干燥箱中烘干,经粉碎机粉碎至全部通过 180 μm 样品筛,装入样品袋备用。

1.4.2 微量元素的测定

根据 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准食品中多元素的测定》,采用电感耦合等离子体质谱法进行测定。

1.4.3 溶出特性实验设计

1) 浸泡时间对溶出特性的影响

分别称取样品 3.0 g(精确至 0.000 1 g)于 100 mL 烧杯中,加入 30 mL 100 ℃ 的超纯水,设置不同的浸泡时间(1、2、5、10、30、60 min),从加水开始计时,时间到即倾出并过滤浸出液,进行测定。

2) 浸泡次数对溶出特性的影响

分别称取样品 3.0 g(精确至 0.000 1 g)于 100 mL 烧杯中,加入 30 mL 100 ℃ 的超纯水,开始计时,浸泡 5 min,倾出并过滤,作为第一泡浸出液。同样的方法冲泡原茶 8 次,分别收集过滤后的浸出液,进行测定。

3) 浸泡温度对溶出特性的影响

称取样品 3.0 g(精确至 0.000 1 g)于 100 mL 烧杯中,加入 30 mL 超纯水,设置浸泡温度分别为 50、60、70、80、90、100 ℃,从加水开始计时,浸泡 5 min,倾出并过滤浸出液,进行测定。

1.4.4 计算公式

金银花茶中各元素溶出率是指该元素的溶出量占样品中对应元素总含量的百分比,计算方法见公式(1)。元素溶出量占溶出总量百分比指该元素单次浸泡的溶出量占浸泡 8 次的溶出总量百分比,计算方法见公式(2)。

溶出率=(元素溶出量/金银花茶中该元素总含量)×100% (1)

溶出量占溶出总量百分比=(单次溶出量/浸泡次后的溶出总量)×100% (2)

1.4.5 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件计算测定结果的平均值及标准偏差,并采用最小显著性差异法(Least Significant Difference, LSD)分析差异性,并建立数学模型;采用 Microsoft Excel 2007 软件进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 金银花茶中 8 种元素含量

金银花茶中 8 种元素的总含量结果见表 1。由测定结果可以看出,金银花茶中各元素含量丰富,含量由高到低的顺序为 Ca>Mg>Fe>Na>Mn> Zn>Cu>Se。含量最高的 Ca 元素具有消炎、消肿、抗过敏作用以及解毒作用^[23];含量居第 2 位的 Mg 元素具有参与体内糖代谢及呼吸酶活动的作用,能够促进对钙的吸收、促代谢、抗疲劳、抗氧化^[24]。Mn 能参与多种酶促反应,促进蛋白质的代谢^[25]。Fe 是构成血红蛋白、过氧化氢酶的重要成分,具有补血、补气、益肝、补肾等功效^[24]。Zn 能促进机体的生长发育,还是人体很多金属酶的活性中心^[18]。可见,微量元素与金银花茶发挥活性功效有着密不可分的联系,开展溶出特性的研究,有助于更加全面地掌握功能性茶饮料发挥功能的机制。

表 1 金银花茶中 8 种元素含量测定结果

Table 1 Determination results of 8 kinds of elements in honeysuckle tea (n=3)								/(mg·kg ⁻¹)
元素	Na	Mg	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Se
测定结果	69.4±0.5	2 901±20	10456±316	66.6±2.0	240.3±32.6	14.4±0.8	30.5±1.3	0.0633±0.0075

2.2 浸泡时间对溶出特性的影响

按照生活中常见的饮茶习惯,将金银花茶与冲泡水的质量比确定为 1:10,采用 100 ℃ 超纯水冲泡,测定不同浸泡时间时,8 种元素的溶出量。从测定结果可以看出,金银花茶中各元素的溶出量均随

浸泡时间的延长而升高。溶出量与浸泡时间之间均符合对数函数模型的关系,相关性较好,对应的数学模型及相关系数见表 2,其中 t 为浸泡时间,min;y 为溶出量,mg/kg。对数关系式的斜率表明,各元素溶出量随浸泡时间延长的增幅有所差别。

表 2 基于浸泡时间和各元素溶出量建立的数学模型

Table 2 Mathematical model based on soaking time and dissolved amount

元素	数学模型	相关系数(r)
Na	$y=2.479\ln t+12.91$	0.915
Mg	$y=157.1\ln t+319.5$	0.925
Ca	$y=127.3\ln t+157.2$	0.934
Mn	$y=1.877\ln t+2.931$	0.964
Fe	$y=0.091\ln t+1.598$	0.959
Cu	$y=0.520\ln t+1.184$	0.905
Zn	$y=0.421\ln t+1.815$	0.989
Se	$y=0.001\ln t+0.008$	0.954

表 3 列出了各元素在不同浸泡时间的溶出率。各元素在浸泡 60 min 后的溶出率排序为 $\text{Na}>\text{Mg}>\text{Se}>\text{Cu}>\text{Mn}>\text{Zn}>\text{Ca}>\text{Fe}$, 表明 Na 更易溶出到浸出液中, 而 Fe 最不易溶出, 其原因可能是 Fe 在金银花中与有机大分子的结合率较高, 大多数 Fe 以有机态存在而不易溶出。对溶出率的分析表明,

Na、Ca、Zn 在 5 min 和 2 min 的溶出率以及 Cu 在 60 min 和 30 min 的溶出率差异不显著, 在其他浸泡时间差异显著 ($P<0.05$); Mg 和 Mn 在各浸泡时间的溶出率均差异显著 ($P<0.05$); Se 的溶出率在不同浸泡时间也存在差异显著和不显著两种情况, 而 Fe 的溶出率在各浸泡时段差异均不显著。溶出率差异性的规律表明, 各元素在不同浸泡时间的溶出特性不尽相同。Fe 的溶出率差异不显著, 也印证了 Fe 确实不易溶出到浸出液中。泡茶时间不足会使不成熟的生涩浮于水上, 时间过久茶味会呈现出苦涩^[17], 因此选择适当的泡茶时间对于功能性茶饮获得良好的风味和功效至关重要。虽然浸泡时间越长, 越有利于大部分微量元素的溶出, 但由于个人口味不同, 对茶饮味道的接受程度也不尽相同, 因此应将个人饮茶习惯及考虑功效发挥最大化相结合, 来选择适宜的泡茶时间。

表 3 各元素在不同浸泡时间的溶出率

Table 3 Dissolution rates of each element at different soaking time ($n=3$)

浸泡时间/min	1	2	5	10	30	60
Na	19.45 ± 0.14^e	22.48 ± 0.16^d	22.33 ± 0.17^d	25.50 ± 0.19^c	29.68 ± 0.22^b	35.45 ± 0.26^a
Mg	6.10 ± 0.05^f	10.31 ± 0.07^e	10.58 ± 0.08^d	13.03 ± 0.10^c	20.54 ± 0.14^b	25.06 ± 0.18^a
Ca	2.95 ± 0.09^e	5.02 ± 0.15^d	5.04 ± 0.15^d	5.74 ± 0.17^c	7.87 ± 0.24^b	9.92 ± 0.31^a
Mn	4.51 ± 0.14^f	7.36 ± 0.10^e	8.26 ± 0.25^d	9.76 ± 0.31^c	13.82 ± 0.43^b	16.82 ± 0.52^a
Fe	0.67 ± 0.09^a	0.72 ± 0.10^a	0.72 ± 0.10^a	0.76 ± 0.11^a	0.80 ± 0.12^a	0.84 ± 0.12^a
Cu	5.57 ± 0.32^e	11.83 ± 0.69^d	16.01 ± 0.93^c	18.10 ± 1.05^b	20.18 ± 1.17^a	21.57 ± 1.25^a
Zn	5.91 ± 0.25^e	7.22 ± 0.31^d	7.88 ± 0.34^d	9.19 ± 0.4^c	10.50 ± 0.46^b	11.82 ± 0.51^a
Se	13.57 ± 1.64^c	15.48 ± 1.87^{bc}	16.76 ± 2.03^{bc}	18.19 ± 2.20^{bc}	20.27 ± 2.45^{ab}	24.10 ± 2.92^a

注: 同一行数据后无相同小写字母的表示差异显著 ($P<0.05$)。

2.3 浸泡次数对溶出特性的影响

以 100 °C 的超纯水冲泡金银花茶, 茶水质量比为 1:10, 浸泡时间均为 5 min, 得到样品浸出液待测, 记为第 1 泡浸出液, 按照上述方法继续冲泡 7 次, 总共有 8 次冲泡的浸出液。测定不同浸泡次数浸出液中微量元素的含量, 结果如图 1 所示。从图 1 中可以看出, 除了 Na, 随着冲泡次数的增加, 浸出液中各元素的溶出量均逐渐降低。Na 在第 6 次浸泡后溶出量呈现增长趋势。Se 从第 5 次浸泡开始, 溶出量均低于方法检出限, 故可视为只在前 4 次中有溶出。浸泡次数与溶出量的数学模型及相关系数如表 4 所示, 其中 A 为浸泡次数, B 为溶出量 (mg/kg)。除 Se 外, 各建立的数学模型均符合一元二次函数的

形式, 且相关性较好。

各元素单次溶出量占溶出总量百分比如图 2 所示。图 2 中显示, 各元素在前 4 次浸泡的溶出量均超过溶出总量的一半以上, 其百分比数值均在 65.6%~100%。表明各元素的溶出主要集中在前 4 次浸泡过程中。浸泡次数的增加并不会使微量元素的溶出更加充分, 反而会使得茶饮的风味变淡, 因此从茶饮的功能性和风味角度考虑, 冲泡次数应不超过 4 次。由图 2 可以看出, Fe 是 4 次浸泡溶出量占溶出总量百分比最低的元素, 可见 Fe 的溶出量无论是受到浸泡时间还是浸泡次数的影响都较小。也有文献指出, Fe 在药材体内与某些官能团缔合形成配合物或有机化合物, 致使 Fe 不易溶出, 浸出率较低^[26]。

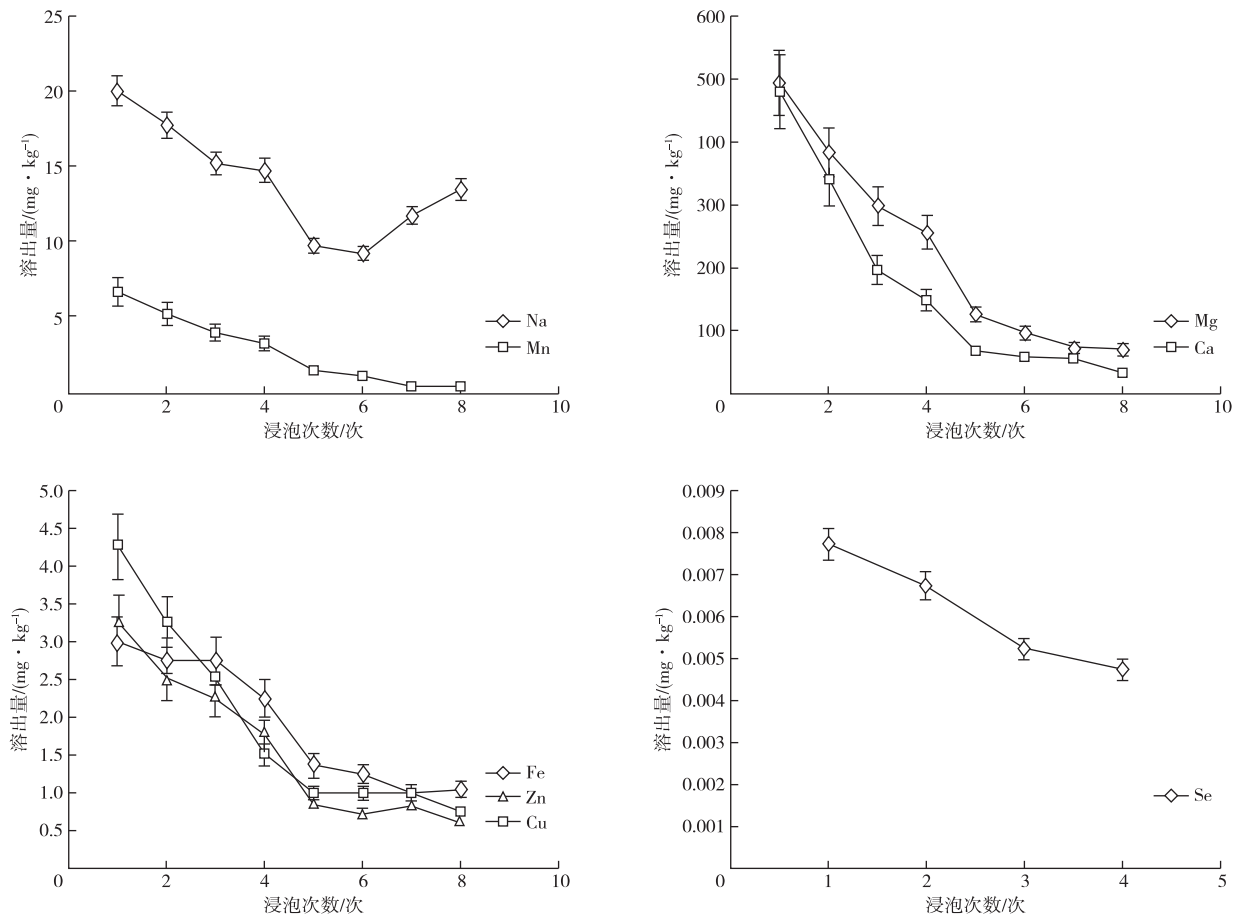


图 1 各元素在不同浸泡次数的溶出量

Figure 1 Dissolved amount of each element for different soaking times ($n=3$).

表 4 基于浸泡次数和各元素溶出量建立的数学模型

Table 4 Mathematical model based on soaking times and dissolved amount		
元素	数学模型	相关系数(r)
Na	$B=0.404A^2-4.815A+25.34$	0.869
Mg	$B=7.782A^2-132.4A+621.3$	0.985
Ca	$B=12.79A^2-175.3A+634.3$	0.988
Mn	$B=0.101A^2-1.833A+8.544$	0.989
Fe	$B=0.012A^2-0.441A+3.6$	0.920
Cu	$B=0.096A^2-1.355A+5.540$	0.986
Zn	$B=0.050A^2-0.840A+4.086$	0.962
Se	$B=-0.001A+0.008$	0.969

2.4 浸泡温度对溶出特性的影响

按照茶水质量比为 1 : 10 的比例制备浸出液样品,浸泡时间设定为 5 min,测定不同浸泡温度下各元素的溶出量。溶出量随浸泡温度的变化趋势如图 3 所示,除 Na 和 Se 以外,6 种元素的溶出量均随浸泡温度升高的而增加,但增幅各不相同;Na 和 Se 溶出量随浸泡温度升高而增加,但在 80 ℃时,转为随温度升高而下降的趋势。基于溶出量和浸泡温度建立

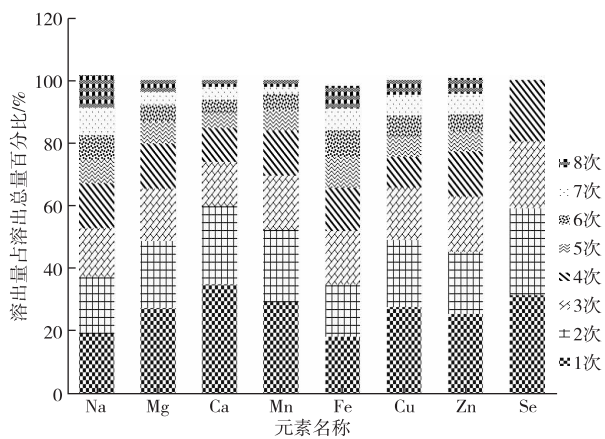


图 2 单次溶出量占溶出总量百分比

Figure 2 Percentage of single dissolved amount in total dissolved amount.

的数学模型如表 5 所示,其中 I 为浸泡温度(℃), Z 为溶出量(mg/kg)。Ca、Mn、Fe 和 Zn 4 种元素的数学模型符合一元一次函数的形式,其余 4 种元素的数学模型符合一元二次函数的形式。

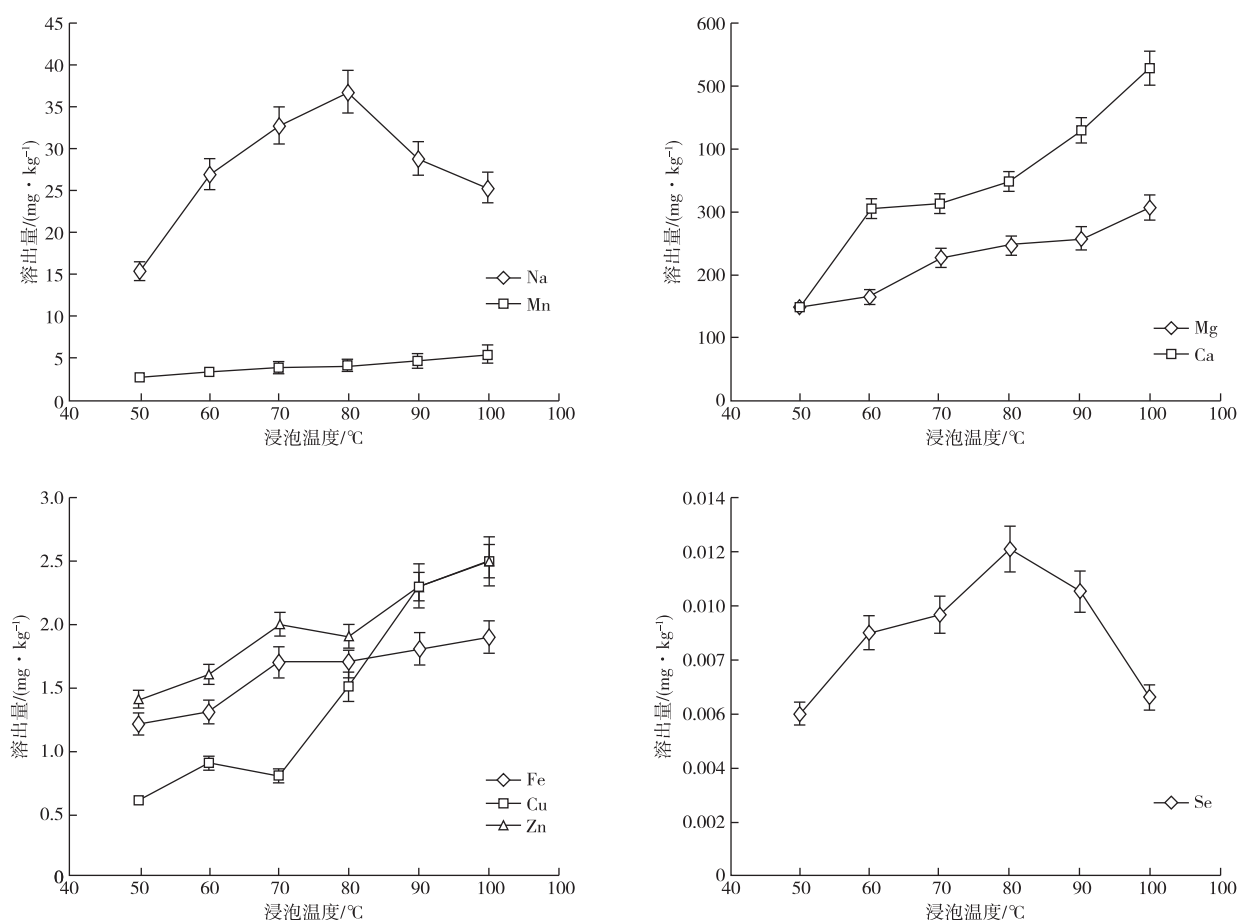


图3 各元素在不同浸泡温度的溶出量

Figure 3 Dissolved amount of each element at different soaking temperature ($n=3$).表5 基于浸泡温度和各元素
溶出量建立的数学模型Table 5 Mathematical model based on
soaking temperature and dissolved amount

元素	数学模型	相关系数(r)
Na	$Z = -0.023I^2 + 3.655I - 108.9$	0.945
Mg	$Z = -0.007I^2 + 4.184I - 48.14$	0.959
Ca	$Z = 6.602I - 150.7$	0.928
Mn	$Z = 0.052I + 0.128$	0.973
Fe	$Z = 0.014I + 0.528$	0.892
Cu	$Z = 0.001I^2 - 0.14I + 4.462$	0.959
Zn	$Z = 0.021I + 0.342$	0.939
Se	$Z = -5E-06I^2 + 0.001I - 0.024$	0.919

在各浸泡温度下,8种元素溶出量总和如图4所示。从图4中可以看出,尽管Na和Se存在随水温升高溶出量降低的情况,但100 °C的沸水浸出液中元素总量仍然是最高的,表明水温越高,金银花茶浸泡溶出效果越好。水温高,就可以在短时间内达到溶出量最高,如果水温低,想要达到相同的效果,就需要适当延长浸泡时间。因此从发挥功效的角度出发,日常冲泡金银花茶可选用100 °C的沸水。

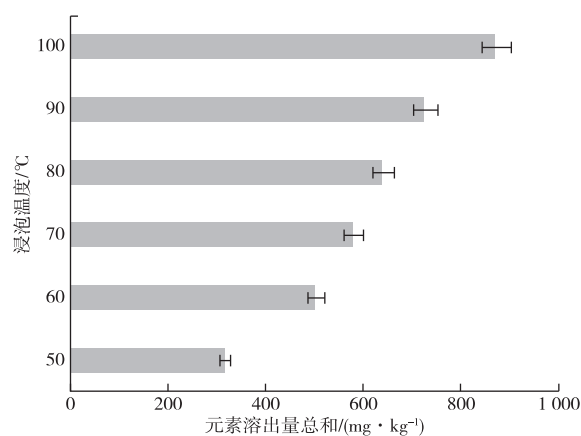


图4 不同浸泡温度下元素溶出总量

Figure 4 Total dissolved amount of elements at different soaking temperatures ($n=3$).

3 结论

金银花茶中微量元素含量丰富,基于电感耦合等离子体质谱法测得8种元素含量由高到低的顺序为 $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Na} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Se}$ 。金银花

具有抗菌、抗病毒、抗炎、解毒等功效,可能与这些金属在人体内生成金属络合物有关。

1)各元素溶出量随浸泡时间延长而升高,且溶出量与浸泡时间之间符合对数函数模型,各元素在浸泡60 min后的溶出率排序为 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Se} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ca} > \text{Fe}$ 。各元素在不同浸泡时间的溶出率差异性各不相同。 Fe 是唯一溶出率在各浸泡时段差异都不显著的元素,表明 Fe 最难溶出到浸出液中。

2)除了 Na ,各元素的溶出量均随浸泡次数的增加而降低, Na 的溶出量呈先降低后增长的趋势; Se 只在前4次浸泡有溶出。除 Se 外,各元素浸泡次数与溶出量的数学模型符合一元二次函数的形式。从茶饮的功能性和风味角度考虑,金银花茶的冲泡次数应不超过4次。

3)8种元素溶出量随浸泡温度的变化趋势不尽相同, Ca 、 Mn 、 Fe 和 Zn 4种元素的数学模型符合一元一次函数的形式,而其余4种元素的数学模型符合一元二次函数关系式的形式。尽管 Na 和 Se 存在随水温升高溶出量降低的情况,但 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的沸水浸出液中元素总量仍是最高,因此日常冲泡金银花茶应选用 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水温,可获得更好的溶出效果。

本研究探究了金银花茶体内8种微量元素在不同浸泡条件下的溶出特性,为今后继续研究金银花茶的保健功能成分溶出特性提供了理论依据,对提升和巩固金银花茶保健饮料功效具有指导意义,为开发其他系列功能性产品提供了数据支持,同时也给日常生活中人们正确饮用保健茶饮料提供了参考性建议,以期达到功效及风味最优化的目的。在今后的研究中,应进一步探讨金银花茶内各元素不同形态的溶出特性,及与其他有效成分之间的相互影响和作用,可更加明确地反映出金银花茶发挥保健作用的机制,为探究更多种类中草药茶饮的保健功能打下良好的理论基础。

参考文献

- [1] 南海娟,张浩,于云雁.金银花叶茶饮制作研究[J].河南科技学院学报(自然科学版),2017,45(2):29-33.
NAN Haijuan, ZHANG Hao, YU Yunyan. Study on production of honeysuckle leavestea[J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology (Natural Science Edition), 2017, 45(2): 29-33.
- [2] 王章凤,薛君学,钟伟航,等.白茅根金银花抗疲劳凉茶饮料的研制[J].饮料工业,2020,23(5):34-36.
WANG Zhangfeng, XUE Junxue, ZHONG Weihang, et al. Study on the antifatigue beverage with citronella root andhone ysuckle[J]. Beverage Industry, 2020, 23(5): 34-36.
- [3] FAN J L, ZHU T T, ZHANG S L. Study on the potential mechanism of drug pair "honeysuckle-astragalus" on COVID-19 based on network pharmacology[J]. Journal of Hainan Medical University, 2020, (10): 14-20.
- [4] 丰金玉,鲁方华,禹淞文,等.金银花凉茶饮料保质期研究[J].饮料工业,2021,24(4):31-35.
FENG Jinyu, LU Fanghua, YU Songwen, et al. Research of the quality guarantee period of honeysuckle herbal beverage[J]. Beverage Industry, 2021, 24(4): 31-35.
- [5] LI J G, JU L T, ZHANG L, et al. Research progress on *Lonicera japonica thunb.* affected by environmental stress[J]. Agricultural Biotechnology, 2022, 11(1): 12-18.
- [6] FENG Y F, QIN G Z, JING Z X, et al. Anaphylaxis effect and substance basis of honeysuckle extract [J]. Chinese Herbal Medicines, 2021, 13(3): 403-409.
- [7] 范鑫鑫,彭英桂,冯媛,等.金银花在茶饮中应用的专利分析研究[J].中国医药科学,2014,4(16):143-146.
FAN Xinxin, PENG Yinggui, FENG Yuan, et al. Patent statistics and analysis about using of *Loicera japonica* in tea [J]. China Medicine and Pharmacy, 2014, 4(16): 143-146.
- [8] HU L, MEI N A, YAN Y P, et al. Effects of common mineral trace elements on immune function of livestock and poultry[J]. Plant Diseases and Pests, 2021, 12(3): 34-36.
- [9] 古行乾,李光明,曾志平,等.微波消解-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定拟黑多刺蚁中11种微量元素[J].中国无机分析化学,2022,12(5):92-97.
GU Xingqian, LI Guangming, ZENG Zhiping, et al. Determination of 11 trace elements in Polyrhachis Svicina Sroger by inductively coupled plasma mass spectrometry after microwave digestion [J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2022, 12(5): 92-97.
- [10] LU F, LI Y Y, ZHANG M, et al. Research progress on the influence of trace elements on osteoarthritis [J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2022, 31(1): 40-46.
- [11] 张欣昕,张福金,刘广华,等.基于ICP-MS分析的苜蓿矿质元素含量特征与评价[J].中国无机分析化学,2022,12(1):139-145.
ZHANG Xinxin, ZHANG Fujin, LIU Guanghua, et al. Content characteristics and nutritious evaluation of mineral elements in alfalfa based on ICP-MS analysis[J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2022, 12(1): 139-145.
- [12] 徐世伟,徐蓉,孙雨茜,等.电感耦合等离子体质谱法

- 析菊花茶中微量元素含量及其溶出特性[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(12): 4946-4954.
- XU Shiwei, XU Rong, SUN Yuqian, et al. Analysis of trace elements content in chrysanthemum teas and their dissolution characteristics by inductively coupled plasma-mass spectrometry[J]. Journal of Food Safety Quality, 2016, 7(12): 4946-4954.
- [13] 林路秀, 刘凤娇, 黄玲凤, 等. 干燥与蒸煮对香菇中微量元素溶出率及吸收率影响[J]. 分析科学学报, 2018, 34(6): 767-771.
- LIN Luxiu, LIU Fengjiao, HUANG Lingfeng, et al. Influence of drying and cooking on the dissolution rate and absorptivity of trace elements in *Lentinus edodes* [J]. Journal of Analytical Science, 2018, 34(6): 767-771.
- [14] 刘威, 李峰, 张帅, 等. ICP-MS 法对茯苓中 24 种微量元素的形态分析及其溶出特性研究[J]. 辽宁中医杂志, 2016(3): 562-565.
- LIU Wei, LI Feng, ZHANG Shuai, et al. Speciation analysis and extracting characteristics of 24 trace elements in *Poria cocos* [J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, (3): 562-565.
- [15] 王桂花, 张瑶, 杨屹, 等. ICP-MS 用于枳壳中五种重金属元素溶出特性的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(3): 820-822.
- WANG Guihua, ZHANG Yao, YANG Yi, et al. Study on five heavy metal elements dissolution characteristics of *fructus aurantii* by ICP-MS [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(3): 820-822.
- [16] 唐睿, 李添朋, 古学轼, 等. ICP-OES 法测定穿心莲药材中 6 种重金属元素溶出特性的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(2): 528-531.
- TANG Rui, LI Tianpeng, GU Xueshi, et al. Studies on six heavy metal elements dissolution characteristics of *andropogonis* herb by ICP-OES [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(2): 528-531.
- [17] 周静博, 戴春岭, 冯媛, 等. ICP-MS 对绿茶中微量元素含量及其溶出特性的研究[J]. 河北工业科技, 2015, 32(4): 359-363.
- ZHOU Jingbo, DAI Chunling, FENG Yuan, et al. Investigation of elemental concentration and extraction rate of green tea by ICP-MS [J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2015, 32(4): 359-363.
- [18] 朱国军, 陈梅斯, 区棋铭, 等. ICP-MS 法测定新会柑普茶元素溶出特性[J]. 化学分析计量, 2019, 28(4): 94-97.
- ZHU Guojun, CHEN Meisi, OU Qiming, et al. Determination of dissolving-out characteristics of elements in ganpu tea by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Chemical Analysis and Meterage, 2019, 28(4): 94-97.
- [19] 刘冰冰, 刘佳, 张辰凌, 等. ICP 光谱法分析蒲公英茶浸出物中微量元素及其溶出特性[J]. 湖北农业科学, 2021(3): 125-128.
- LIU Bingbing, LIU Jia, ZHANG Chenling, et al. Analysis of trace elements in dandelion tea extract and the dissolution characteristics by ICP spectroscopy [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2021(3): 125-128.
- [20] 汤长青, 范文秀. 火焰原子吸收法测定玫瑰花茶中微量元素的含量及溶出特性[J]. 食品研究与开发, 2010(5): 135-138.
- TANG Changqing, FAN Wenxiu. Extracting characteristics of trace elements in rose flower tea [J]. Food Research and Development, 2010(5): 135-138.
- [21] 刘梯楼, 简红霞. 应用 FAAS 和 HG-AFS 研究金银花中微量元素的溶出特性[J]. 光谱实验室, 2012, 29(4): 2155-2159.
- LIU Tilou, JIAN Hongxia. Dissolution characteristics of trace elements in honeysuckle by FAAS and HG-AFS [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2012, 29(4): 2155-2159.
- [22] 李东坡, 任思敏, 高叶俊, 等. 微波消解-ICP-MS 法同时测定金银花中重金属元素[J]. 广东化工, 2021, 48(18): 187-188, 201.
- LI Dongpo, REN Simin, GAO Yejun, et al. Simultaneous determination of heavy metal elements in *flos lonicerae* by microwave digestion-ICP-MS [J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(18): 187-188, 201.
- [23] KOTAHI M S, KASHIAN S, FATHIVAND A A, et al. Determination of the daily intake of essential elements in some of medicinal plants used for high blood sugar in traditional medicine of Iran [J]. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2020, 324: 143-147.
- [24] 唐嘉成, 刘澳琪, 郭雨薇, 等. 火山泥及其微量元素功效的研究进展[J]. 广州化工, 2021, 49(17): 40-41, 44.
- TANG Jiacheng, LIU Aoqi, GUO Yuwei, et al. Research progress on volcanic mud and its efficacy of microelements [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2021, 49(17): 40-41, 44.
- [25] 高原. 功能性运动饮料中微量元素的功效研究[J]. 灌篮, 2021(3): 118-119.
- GAO Yuan. Study on the efficacy of trace elements in functional sports drinks [J]. Slum Dunk, 2021(3): 118-119.
- [26] 金华, 李波, 刘金铭, 等. 黄芪中锌、铁、铜元素形态分析[J]. 吉林化工学院学报, 2016, 33(3): 18-20.
- JIN Hua, LI Bo, LIU Jinming, et al. Speciation analysis of zinc, iron and copper in *radix astragali* [J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2016, 33(3): 18-20.