

论著

茶中 5 种元素溶出规律的研究

崔 蓉 赵力博 王洪玮
(北京大学公共卫生学院,北京 100083)

摘要:目的 了解锌、铜、铁、钙、镁在茶中的溶出情况及其影响因素。方法 应用均匀试验设计的方法,考察了浸提温度、浸提时间、浸提次数和浸提液用量 4 个因素对茶中上述 5 种元素溶出量的影响。结果 在绿茶、红茶和花茶的浸提液中,镁和锌的溶出量较高,浸提效率分别为 66.9%~67.7%和 49.0%~80.6%;青茶中则以钙和铁溶出最多,钙的浸提效率大于 90%,铁的浸提效率为 86.4%。锌、铜、铁、镁 4 种元素在高温(100)且浸提时间较短(5 min)或低温(50)且浸提时间较长(30 min)、浸泡 1 次时元素的溶出量较大。而钙在低温(50、55)且浸提时间较短(5min)或高温(80、85、90)且浸提时间较长(30 min),浸泡 4~6 次时元素的溶出量较大。结论 5 种元素在不同种类茶叶的浸提液中的溶出规律不同。

关键词:茶;元素;分光光度法;原子;研究设计

Study on Extractive Rule of Five Kinds of Elements in Tea by Uniform Design

CUI Rong, ZHAO Li-bo, WANG Hong-wei
(Peking University School of Public Health, Beijing 100083, China)

Abstract: **Objective** To investigate the influence factors and dissolved contents of Zn, Cu, Fe, Ca and Mg in tea. **Method** Four kinds of factors including extractive temperature, extractive time, extractive times and the proportion of water to tea were studied by uniform design. **Results** It showed that the dissolved contents of Mg and Zn were higher in green tea, black tea and scented tea. The extraction efficiency of Mg and Zn were 66.9%~67.7% and 49.0%~80.6%. In the qing tea there were more extraction of Ca and Fe. The extraction efficiency of Ca was more than 90%, and the extraction efficiency of Fe was 86.4%. The extraction contents of Zn, Cu, Fe, Mg in tea were more when the extractive temperature was higher (100) and the extractive time was shorter (5 min), or the extractive temperature was lower (50) and the extractive time was longer (30 min), and extractive times was one. But the extraction contents of Ca were different, it had more dissolved contents when the extractive temperature was lower (50、55) and the extractive time was shorter (5 min), or the extractive temperature was higher (80、85、90) and the extractive time was longer (30 min), and extractive times was 4~6. **Conclusion** The five kinds of elements had different extractive characters in different kinds of tea.

Key word: Tea; Elements; Spectrophotometry; Atomic; Research Design

茶叶中含有多种与人体健康密切相关的有机物质和无机元素^[1],其中,对人体健康有益的无机元素包括钙、镁、锌、铁、铜、锰、硒等。研究茶水中无机元素的溶出率及其影响因素,可了解通过饮茶人体摄入的无机元素的量;同时,可为培养科学的饮茶方式提供一定的实验依据^[2-4]。

通过查阅文献了解到,浸提温度、浸提时间、浸提次数和浸提液用量这 4 个因素均有可能影响茶中无机元素的溶出。已报道的文献中就浸提温度、浸提时间或浸提次数对茶水中某些元素溶出量的影响进行了研究,实验多采用单因素试验法来考察各因素对茶中各元素溶出量的影响,实验量大,同时,无法了解各因素间可能存在的交互作用及其对茶中各

元素溶出量影响的大小。

本实验应用火焰原子吸收光谱法测定了绿茶、青茶、红茶和花茶中锌、铜、铁、钙、镁 5 种元素的含量。采用均匀试验设计的方法,考察了浸提温度、浸提时间、浸提次数和浸提液用量 4 个因素对茶中锌、铜、铁、钙、镁 5 种元素溶出量的影响。

1 材料与方法

1.1 仪器

novAA 400 型火焰原子吸收分光光度计(德国耶拿公司)、锌、铜、铁、钙、镁 5 种元素的空心阴极灯。

1.2 试剂

锌、铜、铁、钙、镁 5 种元素的单元素标准溶液(1 000 μg/ml,国家标准物质研究中心)、茶叶成分分析标准物质(CBW10016,地球物理地球化学勘查研

作者简介:崔蓉 女 副教授



表1 5种元素测定的仪器工作条件

元素	灯电流 (mA)	狭缝 (nm)	分析线 波长 (nm)	乙炔 流量 (L/h)	空气 流量 (L/h)	燃烧器 高度 (mm)
锌	3.0	0.2	213.9	50	526	7
铜	2.5	0.5	324.8	40	527	7
铁	8.0	0.2	248.3	90	527	6
钙	5.0	0.8	422.7	80	527	5
镁	8.0	0.8	202.6	80	529	6

究所)、硝酸(保证试剂,北京兴青红化工厂)、高氯酸(保证试剂,天津鑫源化工厂)、盐酸(分析纯,北京化工厂)、30%双氧水(分析纯,北京化工厂)。

样品 绿茶、青茶、红茶和花茶均购自北京市正规的超市和茶庄。

1.3 方法

1.3.1 样品预处理方法 将已购得的茶叶用玻璃研钵研磨至细末状,于烘箱中106℃烘干2h,取出后放入干燥器中保存。准确称取已研细、烘干的茶叶0.5000g于50ml烧杯中,加入10ml硝酸+高氯酸(4+1),加盖表面皿,室温下浸泡过夜。次日,于电热板上逐步升温、消化至消化液澄清透明。待消化液加热蒸发至烧杯底部有结晶析出,而周围仍呈湿润为止,取下,冷却至室温,用1%高氯酸溶液多次溶解、定容至50ml比色管中,摇匀,同时做试剂空白试验。茶叶中钙、镁含量较高,可将已制备好的样品溶液用1%硝酸溶液稀释10倍后测定。

1.3.2 茶叶浸提液的制备及预处理方法 采用均匀试验设计法考察浸提温度、浸提时间、浸提次数和浸提液用量(浸泡茶叶时水(体积,ml)与茶叶(质量,g)的比例)4个因素对茶水中锌、铜、铁、钙、镁5种元素溶出量的影响。

选用均匀设计表 $U_6^*(6^4)$ 安排实验^[5](见表2),每种因素选取6个水平,参照饮茶的实际情况,确定4个因素的取值范围。浸提温度取值范围为50~100℃;浸提时间取值范围为5~30min,浸提次数取值范围为1~6次,浸提液比例为浸泡茶叶时水(体积,ml)与茶叶(质量,g)的比例,取值范围为10:1~60:1。

表2 均匀设计表 $U_6^*(6^4)$

试验号	浸提温度 (℃)	浸提时间 (min)	浸提次数 (次)	浸提液 比例
1	50	10	3	60:1
2	60	20	6	50:1
3	70	30	2	40:1
4	80	5	5	30:1
5	90	15	1	20:1
6	100	25	4	10:1

准确称取已研细、烘干的茶叶0.5000g于50ml烧杯中,参照均匀设计表 $U_6^*(6^4)$ 进行实验,可得到6种不同实验条件下的茶叶浸提液,在浸提液中加入10ml硝酸+高氯酸(4+1),样品预处理方法与茶叶样品相同。消化完全后,用1%硝酸溶液多次溶解、定容至25ml比色管中,摇匀。

1.3.3 试样测定 在选定的工作条件下(见表1),用火焰原子吸收光谱法测定绿茶、青茶、红茶和花茶中锌、铜、铁、钙、镁5种元素的含量及茶叶浸提液中5种元素的吸光度。

1.3.4 统计方法 均匀试验设计所得到的实验结果采用SAS软件进行统计分析。

2 结果

2.1 样品预处理方法的选择

本实验选择湿消化法用于试样的预处理。实验中,比较了硝酸+双氧水和硝酸+高氯酸两种混合酸体系的实验效果。采用硝酸+双氧水消化试样,消化过程中反应剧烈,易造成试样损失,故而选择硝酸+高氯酸混合酸作为试样消化用试剂。同时,比较了10ml硝酸+高氯酸(4+1)、20ml硝酸+高氯酸(4+1)及12ml硝酸+高氯酸(5+1)3种不同比例及用量的硝酸+高氯酸混合酸及去离子水、1%硝酸和1%盐酸3种不同的定容试剂对实验结果的影响。以10ml硝酸+高氯酸(4+1)混合酸体系消化茶叶样品,之后用1%硝酸转移、定容,除镁在此条件下所得到的吸光度略小之外,其余4个元素的吸光度在上述实验条件下均可获得最大值。

2.2 校正曲线的线性范围

分别准确移取不同体积的锌、铜、铁、钙、镁5种元素的单元标准溶液(1000μg/ml),用1%硝酸配制5种元素的混合标准溶液。在选定的实验条件下(见表1),分别进样5种元素不同浓度的混合标准溶液,考察其吸光度值与浓度间的线性关系,结果见表3。结果表明,5种元素吸光度值与浓度间的线性关系良好。

表3 5种元素校正曲线的线性范围及线性关系

元素	回归方程	线性范围 (μg/ml)	相关 系数
锌	$y = 0.46x + 0.0449$	0~2.0	0.995
铜	$y = 0.16x + 0.0001$	0~1.0	0.9997
铁	$y = 0.084x + 0.0046$	0~4.0	0.9996
钙	$y = 0.0204x + 0.0038$	0~16.0	0.9995
镁	$y = 0.0453x + 0.0113$	0~12.0	0.999

2.3 准确度及精密度

测定茶叶成分分析标准物质 (GBW 10016) 用以评价方法的准确度与精密度。准确称取茶叶成分分析标准物质 0.5000 g, 加入 10 ml 硝酸 + 高氯酸 (4 + 1), 样品预处理及测定方法与茶叶样品相同, 同时做试剂空白实验, 结果见表 4 和表 5。从表 4 中可以看出, 除钙元素的回收率 (82.2%) 略低外, 其余 4 种元素的测定值均与标准值间差异较小, 方法的准确度较好。从表 5 中可以看出, 除铁元素的相对标准偏差 (7.5%) 稍高一些外 (仍在 10% 范围以内), 其余 4 种元素的相对标准偏差均小于 3%, 方法的精密度良好。

表 4 5 种元素的准确度实验结果 (n = 10)

元素 (质量分数)	茶叶标准物质标准值	茶叶标准物质测定值	回收率 (%)
锌 (10 ⁻⁶)	51 ±2	47.3 ±2.5	92.7
铜 (10 ⁻⁶)	18.6 ±0.7	18.8 ±0.2	101.1
铁 (10 ⁻⁶)	242 ±18	237 ±18	97.9
钙 (10 ⁻⁶)	0.326 ±0.008	0.268 ±0.008	82.2
镁 (10 ⁻⁶)	0.186 ±0.011	0.165 ±0.003	88.7

注: “n” 为检测数。

表 5 5 种元素精密度实验结果 (n = 10)

元素 (质量分数)	茶叶标准物质测定值	相对标准偏差 (%)
锌 (10 ⁻⁶)	47.3 ±2.5	1.6
铜 (10 ⁻⁶)	18.8 ±0.2	1.3
铁 (10 ⁻⁶)	237 ±18	7.5
钙 (10 ⁻⁶)	0.268 ±0.008	2.9
镁 (10 ⁻⁶)	0.165 ±0.003	1.7

注: “n” 为检测数。

2.4 检出限

本实验通过多次测量试剂空白, 依据公式 $L = kS_b/S$ ($k = 3$) 求得各元素的检出限, 见表 6。

表 6 检出限实验结果

元素	锌	铜	铁	钙	镁
检出限 (μg/ml)	0.010	0.001	0.050	0.250	0.038
测定次数	12	12	12	9	9

2.5 样品分析结果

2.5.1 茶叶样品分析结果 在选定的实验条件下 (见表 1), 分别测定绿茶、青茶、红茶和花茶 4 类茶叶中锌、铜、铁、钙、镁 5 种元素的含量, 结果见表 7。结果显示, 茶叶中镁和钙元素含量较高, 铜、锌含量较低。4 类茶叶中, 镁在青茶中含量最高; 铁和钙在青茶中含量最低; 钙和铁在红茶中含量最高。

表 7 茶叶样品分析结果

茶叶种类	μg/g				
	锌	铜	铁	钙	镁
绿茶	65.9	24.0	215.3	1 240	1 966
青茶	82.6	44.3	117.7	603	4 471
红茶	57.3	27.6	230.5	4 582	2 171
花茶	81.9	43.4	184.7	2 301	1 747

2.5.2 均匀试验设计的 SAS 软件分析结果 应用 SAS 软件对应用均匀设计表 $U_6^*(6^4)$ 所得到的实验结果进行了统计分析。分析结果表明, 在本实验已确定的 4 因素的取值范围内, 所考察的浸提温度、浸提时间和浸提次数以及浸提液用量 4 个因素中, 浸提液用量对锌、铜、铁、钙、镁这 5 种元素溶出的影响无统计学意义, 即在 10 1 ~ 60 1 的取值范围内, 浸提液用量的变化不会对上述 5 种元素的溶出产生显著性差异, 因而予以剔除。同时就其余 3 个因素对不同种类茶叶中上述 5 种元素的溶出影响进行分析, 结果见表 8 ~ 表 15。

表 8 ~ 表 11 中给出了在本实验已确定的 3 因素的取值范围内, 绿茶、青茶、红茶和花茶浸提液中, 上述 5 种元素的浸提效率可能达到的较大值及其所对应的实验条件; 表 12 ~ 表 15 中给出了 4 类茶叶的浸提液中, 上述 5 种元素的吸光度值与浸提温度、浸提时间和浸提次数间的回归方程。

表 8 绿茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	浸提温度 ()	浸提时间 (min)	浸提次数 (次)	浸提效率 (%)
锌	100	5	1	49.0
	50	30	1	46.8
铜	100	5	1	32.6
	50	30	1	29.8
铁	100	5	1	23.2
	50	30	1	21.9
镁	100	5	1	66.9
	50	30	1	66.4
钙	50	5	5	25.3
	55	5	5	22.2

表 9 青茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	浸提温度 ()	浸提时间 (min)	浸提次数 (次)	浸提效率 (%)
锌	50	30	1	38.9
	55	30	1	37.2
铜	50	30	1	22.7
	100	5	1	21.1
铁	90	5	1	86.4
	60	30	1	73.7
镁	100	5	1	35.9
	50	30	1	34.0
钙	70	5	4	93.8
	90	30	4	90.7

表 10 红茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	浸提温度 ()	浸提时间 (min)	浸提次数 (次)	浸提效率 (%)
锌	50	30	1	80.6
	100	5	1	76.8
铜	100	5	1	33.5
	50	30	1	32.1
铁	100	5	1	36.5
	50	30	1	35.1
镁	100	5	1	67.7
	50	30	1	63.9
钙	85	30	6	19.7
	80	30	6	19.4

表 11 花茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	浸提温度 ()	浸提时间 (min)	浸提次数 (次)	浸提效率 (%)
锌	100	5	1	60.8
	50	30	1	60.0
铜	50	30	1	36.1
	100	5	1	33.9
铁	100	5	1	16.9
	95	5	1	15.8
镁	100	5	1	67.6
	50	30	1	65.2
钙	55	5	4	21.5
	50	5	4	21.2

表 12 绿茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	回归方程
锌	$y = 0.2686 - 0.01008x_1 + 0.02734x_2 - 0.02394x_3 + 1.12 \times 10^{-4}x_1^2 - 3.61 \times 10^{-4}x_1x_2$
铜	$y = 0.03151 - 1.271 \times 10^{-3}x_1 + 0.0026x_2 - 1.862 \times 10^{-3}x_3 + 1.281 \times 10^{-5}x_1^2 - 3.448 \times 10^{-5}x_1x_2$
铁	$y = 0.1898 - 7.94 \times 10^{-3}x_1 + 0.01072x_2 + 1.283 \times 10^{-3}x_3 + 7.12 \times 10^{-5}x_1^2 - 1.36 \times 10^{-4}x_1x_2$
镁	$y = 1.0412 - 0.04948x_1 + 0.1228x_2 - 0.0770x_3 + 5.25 \times 10^{-4}x_1^2 - 1.614 \times 10^{-3}x_1x_2$
钙	$y = 0.2613 - 5.465 \times 10^{-3}x_1 - 4.114 \times 10^{-3}x_2 + 0.0059x_3 + 2.948 \times 10^{-5}x_1^2 + 5.086 \times 10^{-5}x_1x_2$

注:表中 y 为吸光度; x_1 为浸提温度; x_2 为浸提时间; x_3 为浸提次数。

表 13 青茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	回归方程
锌	$y = 0.1966 - 1.047 \times 10^{-3}x_1 + 8.85 \times 10^{-3}x_2 - 0.03334x_3 + 1.752 \times 10^{-5}x_1^2 - 1.02 \times 10^{-4}x_1x_2$
铜	$y = 9.621 \times 10^{-3} - 2.92 \times 10^{-4}x_1 + 1.985 \times 10^{-3}x_2 - 3.507 \times 10^{-3}x_3 + 5.179 \times 10^{-6}x_1^2 - 2.343 \times 10^{-5}x_1x_2$
铁	$y = 0.6524 - 0.02522x_1 + 0.03806x_2 - 0.01198x_3 + 2.29 \times 10^{-4}x_1^2 - 5.21 \times 10^{-4}x_1x_2$
镁	$y = 1.5516 - 0.07261x_1 + 0.1577x_2 - 0.08102x_3 + 7.41 \times 10^{-4}x_1^2 - 2.088 \times 10^{-3}x_1x_2$
钙	$y = 0.01251 + 0.01884x_1 - 0.05823x_2 + 3.21 \times 10^{-4}x_3 - 2.26 \times 10^{-4}x_1^2 + 7.64 \times 10^{-4}x_1x_2$

注:表中 y 为吸光度; x_1 为浸提温度; x_2 为浸提时间; x_3 为浸提次数。

表 14 红茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	回归方程
锌	$y = 0.2592 - 0.01354x_1 + 0.04406x_2 - 0.02094x_3 + 1.58 \times 10^{-4}x_1^2 - 5.74 \times 10^{-4}x_1x_2$
铜	$y = 0.0379 - 1.614 \times 10^{-3}x_1 + 3.261 \times 10^{-3}x_2 - 1.688 \times 10^{-3}x_3 + 1.6 \times 10^{-5}x_1^2 - 4.371 \times 10^{-5}x_1x_2$
铁	$y = 0.1476 - 6.66 \times 10^{-3}x_1 + 0.01638x_2 - 7.148 \times 10^{-3}x_3 + 7.052 \times 10^{-5}x_1^2 - 2.19 \times 10^{-4}x_1x_2$
镁	$y = 1.6594 - 0.07293x_1 + 0.1445x_2 - 0.0694x_3 + 7.19 \times 10^{-4}x_1^2 - 1.935 \times 10^{-3}x_1x_2$
钙	$y = -0.6644 + 0.0286x_1 - 0.03076x_2 + 0.01415x_3 - 2.46 \times 10^{-4}x_1^2 + 4.28 \times 10^{-4}x_1x_2$

注:表中 y 为吸光度; x_1 为浸提温度; x_2 为浸提时间; x_3 为浸提次数。

表 15 花茶中 5 种元素的 SAS 软件分析结果

元素	回归方程
锌	$y = 0.7130 - 0.01818x_1 + 0.02318x_2 - 0.03543x_3 + 1.56 \times 10^{-4}x_1^2 - 3.23 \times 10^{-4}x_1x_2$
铜	$y = 0.0298 - 1.073 \times 10^{-3}x_1 + 3.751 \times 10^{-3}x_2 - 4.748 \times 10^{-3}x_3 + 1.29 \times 10^{-5}x_1^2 - 4.79 \times 10^{-5}x_1x_2$
铁	$y = -0.01267 + 7.46 \times 10^{-4}x_1 + 2.076 \times 10^{-3}x_2 - 1.643 \times 10^{-3}x_3 + 5.24 \times 10^{-7}x_1^2 - 3.352 \times 10^{-5}x_1x_2$
镁	$y = 1.0035 - 0.04682x_1 + 0.11153x_2 - 0.06843x_3 + 4.92 \times 10^{-4}x_1^2 - 1.473 \times 10^{-3}x_1x_2$
钙	$y = -0.0444 + 9.233 \times 10^{-3}x_1 - 0.02525x_2 + 2.352 \times 10^{-3}x_3 - 9.93 \times 10^{-5}x_1^2 + 3.18 \times 10^{-4}x_1x_2$

注:表中 y 为吸光度; x_1 为浸提温度; x_2 为浸提时间; x_3 为浸提次数。

3 讨论

从表7~表11的分析结果可知,4类茶叶浸提液中5种元素的溶出情况不尽相同。

锌在4类茶叶中含量($\mu\text{g/g}$)的高低顺序为青茶(82.6) > 花茶(81.9) > 绿茶(65.9) > 红茶(57.3); 锌在4类茶叶浸提液中溶出量的高低顺序(以浸提效率计)为红茶(80.6%) > 花茶(60.8%) > 绿茶(49.0%) > 青茶(38.9%)。

铜在4类茶叶中含量($\mu\text{g/g}$)的高低顺序为青茶(44.3) > 花茶(43.4) > 红茶(27.6) > 绿茶(24.0); 铜在4类茶叶浸提液中溶出量的高低顺序(以浸提效率计)为花茶(36.1%) > 红茶(33.5%) > 绿茶(32.6%) > 青茶(22.7%)。

铁在4类茶叶中含量($\mu\text{g/g}$)的高低顺序为红茶(230.5) > 绿茶(215.3) > 花茶(184.7) > 青茶(117.7); 铁在4类茶叶浸提液中溶出量的高低顺序(以浸提效率计)为青茶(86.4%) > 红茶(36.5%) > 绿茶(23.2%) > 花茶(16.9%)。

镁在4类茶叶中含量($\mu\text{g/g}$)的高低顺序为青茶(4471) > 红茶(2171) > 绿茶(1966) > 花茶(1747); 镁在4类茶叶浸提液中溶出量的高低顺序(以浸提效率计)与锌相同,红茶(67.7%) > 花茶(67.6%) > 绿茶(66.9%) > 青茶(35.9%)。

钙在4类茶叶中含量($\mu\text{g/g}$)的高低顺序为红茶(4582) > 花茶(2301) > 绿茶(1240) > 青茶(603); 钙在4类茶叶浸提液中溶出量的高低顺序(以浸提效率计)为青茶(93.8%) > 绿茶(25.3%) > 花茶(21.5%) > 红茶(19.7%)。

综上所述,锌在青茶中含量最高,在红茶中含量最低,但在茶叶浸提液中可能得到的溶出量却是红茶中最高,青茶中最低;铜在青茶和花茶中含量十分接近,但在花茶中的溶出量要明显高于青茶;在花茶、红茶和绿茶的浸提液中,铜溶出量的多少与在此3种茶叶中含量的高低顺序一致;铁尽管在青茶中含量最低(约为红茶和绿茶含量的一半),但在青茶中的溶出量却明显高于其他3类茶叶;镁在红茶、花茶和绿茶中的溶出率十分接近;青茶中镁的含量虽然超出其他3类茶叶近两倍,但在青茶中的溶出量却最少;钙在4类茶叶浸提液中溶出率的大小与

其在各类茶叶中的含量的高低顺序恰巧相反。与铁相似,钙在青茶中的含量远低于其他3类茶叶,但在青茶中的溶出量却明显高于其他3类茶叶。比较4类茶叶中5种元素的溶出情况,在绿茶、红茶和花茶的浸提液中,镁和锌的溶出量均明显高于其它3种元素;青茶中则以钙和铁溶出最多。锌、铜、镁在青茶中含量最高,但溶出量却最少;而铁和钙虽然在青茶中含量最少,但其溶出量较大。各元素在茶叶浸提液中溶出量的不同可能与其在不同种类茶叶中的存在形态有关。

从表12~表15的回归方程中浸提温度、浸提时间和浸提次数的回归系数的大小与符号中可以看出,这3个因素对于锌、铜、铁、镁4种元素在茶叶浸提液中溶出的影响有相似的规律,而对钙元素溶出的影响则有明显的不同。锌、铜、铁、镁4种元素在浸提温度为100、浸提时间为5 min或浸提温度为50、浸提时间为30 min、浸提次数为1,即高温且浸提时间较短或低温且浸提时间较长、浸泡1次时元素的溶出量较大。而钙在浸提温度为50、55、浸提时间为5 min或浸提温度为80、85、90、浸提时间为30 min,浸提次数为4~6次,即低温且浸提时间较短或高温且浸提时间较长,浸泡多次时元素的溶出量较大。

(志谢 感谢卫生统计教研室的孙尚拱教授对实验结果的数据分析提供的指导与帮助。在此,深表谢意!)

参考文献

- [1] MATSUURA H, HOKURA A, KATSUKI F, et al. Multielement determination and speciation of major-to-trace elements in black tea leaves by ICP-AES and ICP-MS with the aid of size exclusion chromatography[J]. Analytical Sciences, 2001, 17(3): 391-398.
- [2] 傅化文. 茶叶中微量元素浸出率的研究[J]. 江苏预防医学, 2001, 12(2): 60-61.
- [3] 吕文英, 吕品. 茶叶及其浸出物中微量元素的测定与研究[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 78-81.
- [4] 黄志勇, 经媛元, 杨妙峰, 等. ICP-AES测定茶叶中微量元素含量及其溶出特性的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2003, 42(5): 621-625.
- [5] 梁逸曾, 俞汝勤主编. 分析化学手册. 第十分册, 化学计量学(2版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 12.

[收稿日期: 2007-10-20]

中图分类号: R15; O614; O657.31 文献标识码: A

文章编号: 1004-8456(2008)03-0236-05