昆明学院学报　2020，42（3）：37～41，108　ISSN 1674－5639　CN 53－1211/G4
Journal of Kunming University

云南勐海普洱茶中重金属元素的健康风险评估

肖　涵[1]，杨婉秋[1]，李　烨[2*]
（1. 昆明学院 化学化工学院，云南 昆明 650214；2. 国家地质实验测试中心，北京 100037）

摘要：采用 ICP-MS 法对勐海县具有代表性的 4 类普洱茶及其茶汤中的重金属含量进行分析，通过目标危害系数（*THQ*）和风险指数（*HI*）对茶叶和茶汤中重金属元素（As，Cd，Cr，Cu，Ni，Pb 和 Zn）的摄入健康风险进行评估．结果表明，茶叶中的重金属元素含量均低于我国茶叶卫生质量标准限量，茶汤中重金属元素浸出量随着浸泡次数的增加呈减少趋势，各元素总浸出率表现为：μ(Ni)≈μ(As)>μ(Zn)>μ(Cu)>μ(Pb)>μ(Cr)>μ(Cd)；各茶叶和茶汤中重金属元素的日估摄入量（*EDI*）均较低．各重金属元素的 *THQ* 和 *HI* 值均小于 1，说明勐海茶叶中重金属对人体的潜在健康风险较小．

关键词：普洱茶；重金属；健康风险评估；云南勐海
中图分类号：TS272.7　**文献标识码**：A　**文章编号**：1674－5639（2020）03－0037－05
DOI：10.14091/j.cnki.kmxyxb.2020.03.008

Health Risk Assessment of Heavy Metals in Pu′er Tea of Yunnan Menghai

XIAO Han[1]，YANG Wanqiu[1]，LI Ye[2*]
（1. College of Chemistry and Chemical Engineering，Kunming University，Kunming，Yunnan，China　650214；
2. National Research Center for Geoanalysis，Beijing，China　100037）

Abstract：The concentration of the heavy metals in 4 representative Pu′er tea leaves and infusions from Menghai County were analyzed by ICP-MS to assess the potential health risk on human by the target hazard quotient（*THQ*）and hazard index（*HI*）. The results showed the concentrations of heavy metals（As，Cd，Cr，Cu and Pb）in tea leaves were much lower than domestic standard limit. Heavy metals in tea leaching decreased with the increase of the number of soakings. The total leaching rate of each element is expressed as：μ(Ni)≈μ(As)>μ(Zn)>μ(Cu)>μ(Pb)>μ(Cr)>μ(Cd). Among all the heavy metals in tea leaves and leaching，the estimated daily intakes（EDI）value is very small. Both THQ and HI values are below 1，indicating that consumption of tea produced in Menghai County should not possess potential health risk to human.

Key words：Pu′er tea；heavy metals；health risk assessment；Yunnan Menghai county

茶叶是全球最受欢迎的无酒精饮料之一，2018 年我国茶叶消费量达 191 万 t[1]．茶叶中富含各种人体所必需的无机元素以及各种重金属元素，对于饮茶是否会对人体造成潜在健康风险，目前结论不一．有研究[2-3]指出茶叶中重金属可能会影响人体健康，也有研究[4-6]表明饮用茶汤没有显著的健康风险．由于茶叶并非直接食用，而是通过浸泡后饮用茶汤．因此，对茶叶中重金属元素含量进行研究，不能完全反映饮茶所带来的潜在健康风险，且茶叶中重金属含量高低受种植条件、加工环境的影响，差异较大，不同产地所产不同类型茶叶中重金属对人体的潜在危害差别显著．

普洱茶是云南特产，也是我国地理标识性产品，分为普洱生茶和普洱熟茶，因其具有显著的抗疲劳、抗癌、降脂减肥、提高免疫力[7-8]等保健功效，颇受人们喜爱．勐海县位于云南西南部，属热

收稿日期：2020－05－06
基金项目：国家自然科学基金资助项目（31960057）；云南省高校食品安全检测技术重点实验室建设项目．
作者简介：肖涵（1981—），女，云南大理人，副教授，博士，主要从事环境分析和食品分析方向的研究．
*通讯作者：李烨（1974—），女，内蒙古商都人，教授级高级工程师，博士，主要从事分析检测方面的研究，E-mail：liye601@126.com.

带—亚热带气候，处于东经 99°56′～100°41′、北纬 21°28′～22°28′之间，是中国最早的茶叶产地，也是普洱茶的发源地之一[9]，其茶叶年产量 20 万 t 左右，是普洱茶产量最大的县份之一．目前，对茶叶中重金属元素含量的研究较多[10-12]，但鲜见对勐海普洱茶重金属含量进行健康风险评估的研究报道．为充分了解勐海普洱茶中重金属元素含量及其健康风险，本研究以勐海县具有代表性的 4 类茶叶样品为研究对象，通过 ICP-MS 分析茶叶及茶汤中重金属（As、Cd、Cr、Cu、Ni、Pb 和 Zn）元素的含量，并采用美国环保署（USEPA）推荐的风险评估模型，对茶叶及茶汤中重金属的潜在健康风险水平进行评估，以期为科学安全饮茶提供科学依据．

1 材料与方法

1.1 材料及仪器

2017 年通过市场采购获得勐海产普洱生茶两类（台地茶和乔木茶，分别记为 PETD 和 PEQM）、普洱熟茶两类（台地茶和乔木茶，记为 PUTD 和 PUQM）．

采用电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS，Agilent 7700e）对茶叶及茶汤中重金属元素含量进行分析，以 Rh 和 Re 标准溶液为内标溶液，金属多元素混合标准溶液为标准溶液，仪器经谐调优化后进行检测．

所用实验试剂均为优级纯，实验用水为超纯水（Milli-Q 纯水仪制备）．

1.2 实验方法

1.2.1 茶叶中重金属元素含量的测定

采用电热板混酸消解后，ICP-MS 测定茶叶中 7 种重金属（As，Cd，Cr，Cu，Ni，Pb 和 Zn）含量．

消解条件：准确称取茶叶干粉样品 2.000 g，加入硝酸 25 mL、高氯酸 5 mL，加盖静置过夜，置于电热板上加热消解，至消解完全，赶酸至 4 mL 左右，定容至 200 mL，待测．每件样品平行 3 次，空白溶液同法制备．

1.2.2 茶汤中重金属元素含量的测定

人们的饮茶习惯差异极大，最为常见的饮茶方式为在一定时间内（5～15 min）多次（2～6 次）浸泡茶叶和长时间浸泡茶叶．参考 Cao 等人[6]问卷调查所得的常见普洱茶饮茶方法，茶汤的制备如下：

准确称取茶叶样品 2.000 g 置于小烧杯中，加入沸腾的超纯水 200 mL，浸泡 15 min 后，倒出全部茶汤，加入硝酸 1 mL，过滤，得 1 浸液，待测．同法制得 2 浸液、3 浸液．

1.3 潜在健康风险评估方法

采用 USEPA 推荐的目标危害系数（*THQ*）和风险指数（*HI*）对茶汤中重金属潜在健康风险进行评估．

$$EDI = \frac{C \times E_F \times E_D \times F_{IR}}{W_{AB} \times T_A \times 1\,000}, \tag{1}$$

（1）式中：*EDI* 为日均重金属暴露量（mg/kg/d）；*C* 为茶汤中重金属的含量（mg/kg）；E_F 为暴露频率（d/a）；E_D 为平均暴露时间（a）；F_{IR}为茶汤摄取率（mL/人/d）；W_{AB} 为平均体质量（成人，60 kg）；T_A 为平均暴露时间（$E_F \times E_D$）．而 2016 年中国居民膳食指南建议饮水量为 1 500～1 700 mL，假设成人每天饮用茶汤 1 700 mL，则对应的茶叶干质量为 10.88 g[6]．

单一重金属的非致癌潜在健康风险可通过 *THQ* 进行评估，*THQ* 值 <1 表明没有明显非致癌健康风险．

$$THQ = \frac{EDI}{RfD}, \tag{2}$$

在式子（2）中，*RfD* 表示经口摄入的参考剂量[(mg·kg^{-1})/d]．重金属元素的经口摄入参考剂量见表 1．

表 1 重金属元素的经口摄入参考剂量

元素	As	Cd	Cr*	Cu	Ni	Pb	Zn
RfD/(mg·kg^{-1}·d^{-1})	3×10^{-4}	5×10^{-4}	3×10^{-3}	4×10^{-2}	2×10^{-2}	4×10^{-3}	3×10^{-1}

注：* 表示由于在胃酸条件下，Cr(VI)被还原为 Cr(III)，因此 Cr 的 *RfD* 值设置为 1.5 mg/kg/d.

多元素复合的潜在健康风险以 *HI* 表示，计算公式如下：

$$HI = \sum_{i=1}^{n} THQ_i, \tag{3}$$

（3）式中，THQ_i 是第 i 种污染物的 THQ.

2　结果与讨论

2.1　茶叶中重金属元素的含量

采用 ICP-MS 对勐海 4 类茶叶中重金属元素含量进行分析，所得结果列于表 2 之中.

茶叶中重金属元素含量分析结果表明，勐海产茶叶中重金属元素含量除 Ni 和 Zn（暂无国家卫生标准）外，均低于国家卫生标准（$w_{As}<2.0$ mg/kg，$w_{Cd}<1.0$ mg/kg，$w_{Cr}<5.0$ mg/kg，$w_{Cu}<30.0$ mg/kg，$w_{Pb}<5.0$ mg/kg），且各元素含量差异有统计学意义，茶叶中重金属元素含量高低顺序表现为：$w(Zn)>w(Cu)>w(Ni)>w(Cr)>w(Pb)>w(As)>w(Cd)$.

表 2　茶叶中重金属元素含量

样品编号	元素及含量/(mg·kg^{-1})						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
PETD	0.363 8	0.050 5	0.290 3	14.360 0	4.111 0	0.354 1	31.350 0
PEQM	0.209 6	0.067 1	0.400 5	16.250 0	3.393 0	0.466 0	33.710 0
PUTD	0.263 7	0.054 4	0.946 1	17.610 0	4.296 0	0.397 8	33.970 0
PUQM	0.422 7	0.045 8	1.299 9	18.580 0	5.755 0	0.634 5	36.940 0

2.2　茶汤中重金属元素的含量

采用 ICP-MS 对茶汤中重金属元素进行分析，结果汇总于表 3 之中.

茶汤中重金属元素含量分析结果表明，Cd 浸出量低于仪器检出限，Zn 浸出量最高，PUTD 和 PUQM 的 3 浸液中 As、Cr 和 Pb 浸出量均低于检出限，PEQM 的 3 次浸出液中 Pb 含量均低于检出限，浸出液中各元素含量平均值高低顺序为：$w(Zn)>w(Cu)>w(Ni)>w(As)>w(Pb)>w(Cr)>w(Cd)$. 检出的各元素浸出量随着浸泡次数的增加均呈减少趋势. 各元素总浸出率（图 1）表现为：$\mu(Ni)\approx\mu(As)>\mu(Zn)>\mu(Cu)>\mu(Pb)>\mu(Cr)>\mu(Cd)$.

表 3　茶汤中重金属元素含量

茶汤		元素及含量/(μg·L^{-1})						
茶样	浸泡次数	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
PUTD	1 浸液	2.256	–	1.288 0	45.320	40.030	1.367	113.000
	2 浸液	1.302	–	0.528 4	23.330	19.190	–	80.040
	3 浸液	–	–	–	9.027	5.732	–	33.630
PEQM	1 浸液	2.481	–	0.350 2	69.320	30.820	–	209.300
	2 浸液	1.157	–	–	35.820	18.330	–	119.500
	3 浸液	0.398	–	–	14.100	6.992	–	51.400
PETD	1 浸液	2.099	–	0.337 6	58.590	27.030	0.637	198.800
	2 浸液	1.014	–	0.036 3	42.960	20.500	–	132.300
	3 浸液	0.487	–	–	20.210	–	–	54.000
PUQM	1 浸液	3.889	–	2.502 5	28.020	36.000	2.078	173.400
	2 浸液	1.119	–	0.933 8	6.128	21.660	–	120.500
	3 浸液	–	–	–	4.982	7.532	–	51.910
平均值		1.620	–	0.854 0	29.818	21.255	1.361	111.481

注：“–”表示未检出.

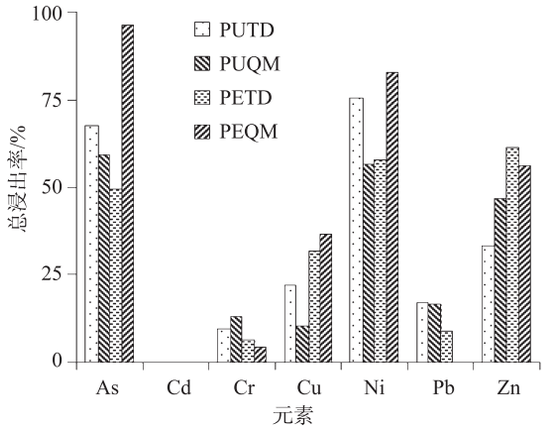


图1 茶汤中重金属元素总浸出率

2.3 潜在健康风险评估

按照 USEPA 推荐的日估摄入量（*EDI*）计算方法进行计算，计算结果汇总于表 4 之中.

由表 4 可知，茶叶中各重金属元素的 *EDI* 平均值大小顺序为：$EDI_{Zn} > EDI_{Cu} > EDI_{Ni} > EDI_{Cr} > EDI_{Pb} > EDI_{As} > EDI_{Cd}$，与缪德仁等人[13]研究的凤庆茶叶及 Cao 等人[6]研究的普洱茶中日的 *EDI* 值基本一致.

茶汤中各元素 *EDI* 平均值的高低顺序为：$EDI_{Zn} > EDI_{Cu} > EDI_{Ni} > EDI_{As} > EDI_{Cr} > EDI_{Pb} > EDI_{Cd}$. 该结果与 Li 等人[4]研究的江西茶叶 1 浸液中 *EDI* 平均值的高低顺序（$EDI_{Cu} > EDI_{Ni} > EDI_{Cr} > EDI_{Pb} > EDI_{Co} > EDI_{Al} > EDI_{Cd}$）以及 Sun 等人[5]研究铁观音浸出液 *EDI* 的平均值高低顺序（$EDI_{Zn} > EDI_{Cu} > EDI_{Cr} > EDI_{As} > EDI_{Ba} > EDI_{Ag} > EDI_{Be} > EDI_{Sb} > EDI_{Pb} > EDI_{Tl} > EDI_{Cd}$）略有差异，这可能与茶叶中各元素含量差异及茶叶种类有关. 对茶叶和茶汤各元素的 *THQ* 和 *HI* 值进行计算，计算结果汇总于表 5 之中.

表 4 茶叶和茶汤中的 *EDI* 计算值

评估样品		*EDI*						
茶叶编号	种类	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
PUTD	茶叶	4.78×10^{-5}	9.87×10^{-6}	1.72×10^{-4}	3.19×10^{-3}	7.79×10^{-4}	7.21×10^{-5}	6.16×10^{-3}
	1 浸液	6.39×10^{-5}	–	3.65×10^{-5}	1.28×10^{-3}	1.13×10^{-3}	3.87×10^{-5}	3.20×10^{-3}
	2 浸液	3.69×10^{-5}	–	1.50×10^{-5}	6.61×10^{-4}	5.44×10^{-4}	–	2.27×10^{-3}
	3 浸液	–	–	–	2.56×10^{-4}	1.62×10^{-4}	–	9.53×10^{-4}
PEQM	茶叶	3.80×10^{-5}	1.22×10^{-5}	7.26×10^{-5}	2.95×10^{-3}	6.15×10^{-4}	8.45×10^{-5}	6.11×10^{-3}
	1 浸液	7.03×10^{-5}	–	9.92×10^{-6}	1.96×10^{-3}	8.73×10^{-4}	–	5.93×10^{-3}
	2 浸液	3.28×10^{-5}	–	–	1.02×10^{-3}	5.19×10^{-4}	–	3.39×10^{-3}
	3 浸液	1.13×10^{-5}	–	–	3.99×10^{-4}	1.98×10^{-4}	–	1.46×10^{-3}
PETD	茶叶	6.60×10^{-5}	9.15×10^{-6}	5.26×10^{-5}	2.60×10^{-3}	7.45×10^{-4}	6.42×10^{-5}	5.69×10^{-3}
	1 浸液	5.95×10^{-5}	–	9.56×10^{-6}	1.66×10^{-3}	7.66×10^{-4}	1.81×10^{-5}	5.63×10^{-3}
	2 浸液	2.87×10^{-5}	–	1.03×10^{-6}	1.22×10^{-3}	5.81×10^{-4}	–	3.75×10^{-3}
	3 浸液	1.38×10^{-5}	–	–	5.73×10^{-4}	–	–	1.53×10^{-3}
PUQM	茶叶	7.66×10^{-5}	8.31×10^{-6}	2.36×10^{-4}	3.37×10^{-3}	1.04×10^{-3}	1.15×10^{-4}	6.70×10^{-3}
	1 浸液	1.10×10^{-4}	–	7.09×10^{-5}	7.94×10^{-4}	1.02×10^{-3}	5.89×10^{-5}	4.91×10^{-3}
	2 浸液	3.17×10^{-5}	–	2.65×10^{-5}	1.74×10^{-4}	6.14×10^{-4}	–	3.41×10^{-3}
	3 浸液	–	–	–	1.41×10^{-4}	2.13×10^{-4}	–	1.47×10^{-3}

注：“ – ”表示未计算. 下表同.

表 5 茶叶和茶汤中的 *THQ* 和 *HI* 计算值

评估样品		*THQ*							*HI*
茶叶编号	种类	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
PUTD	茶叶	9.56×10^{-3}	9.87×10^{-3}	5.72×10^{-2}	9.12×10^{-2}	3.89×10^{-2}	1.95×10^{-3}	2.05×10^{-2}	2.29×10^{-1}
	1 浸液	1.28×10^{-2}	–	1.22×10^{-2}	3.67×10^{-2}	5.67×10^{-2}	1.05×10^{-3}	1.07×10^{-2}	1.30×10^{-1}
	2 浸液	7.38×10^{-3}	–	4.99×10^{-3}	1.89×10^{-2}	2.72×10^{-2}	–	7.56×10^{-3}	4.98×10^{-2}
	3 浸液	–	–	–	7.31×10^{-3}	8.12×10^{-3}	–	3.18×10^{-3}	1.20×10^{-2}

续表 5

评估样品		*THQ*							*HI*
茶叶编号	种类	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
PEQM	茶叶	7.60×10^{-3}	1.22×10^{-2}	2.42×10^{-2}	8.42×10^{-2}	3.08×10^{-2}	2.28×10^{-3}	2.04×10^{-2}	1.82×10^{-1}
	1 浸液	1.41×10^{-2}	–	3.31×10^{-3}	5.61×10^{-2}	4.37×10^{-2}	–	1.98×10^{-2}	1.37×10^{-1}
	2 浸液	6.55×10^{-3}	–	–	2.90×10^{-2}	2.60×10^{-2}	–	1.13×10^{-2}	7.28×10^{-2}
	3 浸液	2.26×10^{-3}	–	–	1.14×10^{-2}	9.91×10^{-3}	–	4.85×10^{-3}	2.84×10^{-2}
PETD	茶叶	1.32×10^{-2}	9.15×10^{-3}	1.75×10^{-2}	7.44×10^{-2}	3.73×10^{-2}	1.74×10^{-3}	1.90×10^{-2}	1.72×10^{-1}
	1 浸液	1.19×10^{-2}	–	3.19×10^{-3}	4.74×10^{-2}	3.83×10^{-2}	4.88×10^{-4}	1.88×10^{-2}	1.20×10^{-1}
	2 浸液	5.75×10^{-3}	–	3.43×10^{-4}	3.48×10^{-2}	2.90×10^{-2}	–	1.25×10^{-2}	8.24×10^{-2}
	3 浸液	2.76×10^{-3}	–	–	1.64×10^{-2}	–	–	5.10×10^{-3}	2.42×10^{-2}
PUQM	茶叶	1.53×10^{-2}	8.31×10^{-3}	7.86×10^{-2}	9.62×10^{-2}	5.22×10^{-2}	3.11×10^{-3}	2.23×10^{-2}	2.76×10^{-1}
	1 浸液	2.20×10^{-2}	–	2.36×10^{-2}	2.27×10^{-2}	5.10×10^{-2}	1.59×10^{-3}	1.64×10^{-2}	1.37×10^{-1}
	2 浸液	6.34×10^{-3}	–	8.82×10^{-3}	4.96×10^{-3}	3.07×10^{-2}	–	1.14×10^{-2}	6.22×10^{-2}
	3 浸液	–	–	–	4.03×10^{-3}	1.07×10^{-2}	–	4.90×10^{-3}	1.96×10^{-2}

计算结果表明，茶叶中 Cu 的 *THQ* 值最高，平均值达 6.92×10^{-2}；Pb 的 *THQ* 值最低，平均值仅为 3.18×10^{-3}. 茶叶中各重金属的 *THQ* 计算结果由高到低的排序为：$THQ_{Cu} > THQ_{Cr} > THQ_{Ni} > THQ_{Zn} > THQ_{As} > THQ_{Cd} > THQ_{Pb}$. 而勐海茶叶中 7 种重金属元素的 *HI* 计算值均远小于 1，表明勐海茶叶中各重金属元素对人体的潜在健康危害风险较低.

茶叶浸出液中各金属元素的 *THQ* 和 *HI* 计算结果表明，各茶叶 1 浸液 *HI* 的平均值为 1.05×10^{-1}，2 浸液 *HI* 的平均值为 5.67×10^{-2}，而 3 浸液 *HI* 的平均值仅为 1.82×10^{-2}，均远低于 1，表明饮用茶汤对人的潜在健康风险较小. 该结论与 Li 等人[4]的研究结论一致.

3　结论

通过以上研究，可以得出如下结论：

1）勐海县 4 类普洱茶中 7 种重金属元素含量均低于国家卫生质量标准限量，各元素含量高低顺序为：$w(Zn) > w(Cu) > w(Ni) > w(Cr) > w(Pb) > w(As) > w(Cd)$；茶汤中 7 种重金属元素浸出量随着浸泡次数的增加均呈减少趋势，各元素总浸出率表现为：$\mu(Ni) \approx \mu(As) > \mu(Zn) > \mu(Cu) > \mu(Pb) > \mu(Cr) > \mu(Cd)$.

2）茶叶和茶汤中各重金属元素的 *EDI* 值均较低，各元素的 *EDI* 平均值由高到低的顺序分别为：$EDI_{Zn} > EDI_{Cu} > EDI_{Ni} > EDI_{Cr} > EDI_{Pb} > EDI_{As} > EDI_{Cd}$ 和 $EDI_{Zn} > EDI_{Cu} > EDI_{Ni} > EDI_{As} > EDI_{Cr} > EDI_{Pb} > EDI_{Cd}$.

3）勐海茶叶及茶汤中 As，Cd，Cr，Cu，Ni，Pb 和 Zn 的 *THQ* 和 *HI* 计算值均低于 1，因此饮用勐海茶叶对人体无明显的健康风险.

［参考文献］

［1］中国茶叶流通协会. 2018 年中国茶叶产销形势分析报告［J］. 茶世界，2019（2）：10－15.

［2］ZHU F，WANG X，FAN W，et al. Assessment of potential health risk for arsenic and heavy metals in some herbal flowers and their infusions consumed in China［J］. Environmental Monitoring and Assessment，2013，185：3909－3916.

［3］AFFHOLDER M C，PRUDENT P，MASOTTI V，et al. Transfer of metals and metalloids from soil to shoots in wild rosemary（*Rosmarinus officinalis* L.）growing on a former lead smelter site：human exposure risk［J］. Science of the Total Environment，2013，454：219－229.

［4］LI L H，FU QL，ACHAL V，et al. A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi，China［J］. Environmental Monitoring & Assessment，2015，187（5）：1－12.

［5］SUN J，HU G，LIU K，et al. Potential exposure to metals and health risks of metal intake from Tieguanyin tea production in Anxi，China［J］. Environmental Geochemistry and Health，2019，41：1291－1302.

（下转第 108 页）

展仿制药一致性评价，特别是开展属于国家基本药物目录、国家医保报销目录内药品的一致性评价. 另一方面，对通过一致性评价的药品，在招标采购中实行带量采购量价挂钩，以降低药品价格.

[参考文献]

[1] 卫生部. 关于印发医疗机构药品集中采购工作规范的通知 [EB/OL]. [2019 - 05 - 07]. http://cdsip.nhc.gov.cn/drug/show124.html.

[2] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于完善公立医院药品集中采购工作的指导意见 [EB/OL]. [2019 - 05 - 07]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015 - 02/28/content_9502.htm.

[3] 夏雅睿，常峰. 新形势下药品集中采购模式发展趋势研究 [J]. 招标与投标，2019，7 (3)：47 - 50.

[4] 李莉，姚峥嵘，申俊龙. 基于新制度主义视角的药品集中招标采购制度研究 [J]. 中国药事，2018，32 (10)：1322 - 1327.

[5] 丁锦希，董锐，李伟，等. 我国药品集中采购制度“竞价分组”政策的评价与思考：基于 2016 年各省集中采购方案的统计分析 [J]. 中国卫生政策研究，2016，9 (9)：52 - 59.

[6] 刘昉，崔啸天，傅鸿鹏. 我国各省份新一轮集中招标采购政策对比分析 [J]. 中国卫生经济，2018，37 (4)：75 - 79.

[7] 宋瑞霖，王敏，张琳，等. 仿制药品政策应当成为中国药物政策体系不可或缺的组成部分 [J]. 中国药物经济学，2018，13 (11)：11 - 16.

[8] 曾俊芬，宋金春. 仿制药质量和疗效一致性评价思考 [J]. 医药导报，2019，38 (7)：884 - 887.

[9] 马志爽，李勇. 仿制药一致性评价国内外研究进展 [J]. 中国药物评价，2018，35 (4)：288 - 291.

[10] 国家食品药品监管总局. 总局关于落实《国务院办公厅关于开展仿制药质量和疗效一致性评价的意见》有关事项的公告 [EB/OL]. [2019 - 05 - 25]. http://www.nmpa.gov.cn/WS04/CL2138/300168.html.

(上接第 41 页)

[6] CAO H, QIAO L, ZHANG H, et al. Exposure and risk assessment for aluminium and heavy metals in Puerh tea [J]. Science of the Total Environment, 2010, 408 (14): 2777 - 2784.

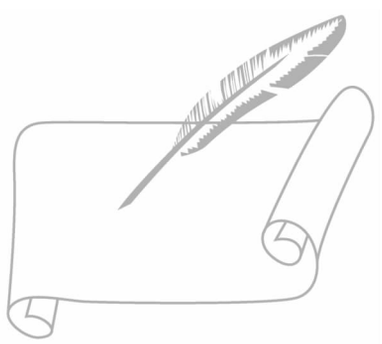
[7] 苏涛，毛永杨，李智高，等. 普洱茶保健功效及其特征物质研究进展 [J]. 食品安全导刊，2019 (19)：63 - 65.

[8] 覃健军. 普洱茶生茶抗运动疲劳作用研究 [J]. 福建茶叶，2018，40 (1)：302 - 303.

[9] 蒋仁波，彭志远，张彤. 勐海县茶产业发展研究 [J]. 农村经济与科技，2019，30 (15)：194 - 195.

[10] KARAK T, BHAGAT R M. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review [J]. Food Research International, 2010, 43 (9): 2234 - 2252.

[11] 唐琦平，王学伟，缪德仁. 云南省不同产区普洱生茶中金属元素浸出特性分析 [J]. 昆明学院学报，2016，38 (6)：38 - 42.

[12] 杨婉秋，王亚琴，肖涵. 云南省凤庆县茶叶中矿质元素含量分析 [J]. 昆明学院学报，2015，37 (6)：39 - 43.

[13] 缪德仁，李晓，杨婉秋. 云南凤庆茶叶中铜、铅、锌、镉、铬和砷的健康风险评估 [J]. 昆明学院学报，2019，41 (3)：56 - 60.