

## 云南凤庆茶园不同季节茶叶中重金属元素的含量分布特征

崔世展<sup>1</sup>, 沈宝华<sup>2</sup>, 杨婉秋<sup>2\*</sup>

(1. 昆明学院 农学与生命科学学院, 云南 昆明 650214; 2. 昆明学院 化学化工学院, 云南 昆明 650214)

**摘要:** 采用微波消解-ICP-OES 法对凤庆县凤山镇具有代表性的大叶种茶叶中重金属元素 (As、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Mn、Pb、Sb、Sn、Sr、Ti 和 Zn) 的含量进行分析. 结果表明: 冬茶 As 和 Cd 的含量分别为夏茶的 2.01 倍和 3.07 倍, 冬茶中 Fe、Mn 和 Pb 的含量分别为夏茶的 2.00 倍、4.16 倍和 2.73 倍, Cr 的含量甚至是夏茶的 6 倍之多; 冬茶中 Cu 和 Zn 的含量仅为春茶的 0.75 和 0.46 倍, 显著低于春茶. 总体而言, 重金属元素在夏茶中的含量最低, 冬茶最高, 且富含 As、Cd 和 Cr 等有毒有害元素. 因此, 在冬茶生产过程中, 应注意加强茶叶中重金属元素含量的监控.

**关键词:** 凤庆县; 茶叶; 重金属; 生长季节

**中图分类号:** TS272 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2021) 03-0038-03

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2021.03.009

### Distribution Characteristics of Heavy Metal Content in Tea Leaves in Different Seasons from Fengqing Tea Plantation in Yunnan

CUI Shizhan<sup>1</sup>, SHEN Baohua<sup>2</sup>, YANG Wanqiu<sup>2\*</sup>

(1. College of Agronomy and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214;

2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

**Abstract:** The concentrations of heavy metals (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti and Zn) in tea leaves from Fengshan Town, Fengqing County were analyzed by microwave digestion-ICP-OES method. The results showed that the contents of As and Cd in winter tea were 2.01 and 3.07 times respectively as much as those in summer tea. The content of Fe, Mn and Pb in winter tea is 2, 4.16 and 2.73 times respectively as much as those in summer tea, and the content of Cr is even 6 times as much as that in summer tea. However, the content of Cu and Zn in winter tea was only 0.75 and 0.46 times as much as those in spring tea, which was significantly lower than those in spring tea. Overall, the content of heavy metals in summer tea is the lowest, while the content of them in winter tea is the highest, among which it is rich in toxic and harmful elements such as As, Cd and Cr. Therefore, in the production process of winter tea, more attention should be paid to strengthen monitoring the heavy metals elements in tea.

**Key words:** Fengqing county; tea; heavy metal; growing season

茶叶中含有丰富的活性成分 (如氨基酸、茶多酚、儿茶素等) 以及人体所需的微量元素 (如 K、Ca、Mg 等)<sup>[1]</sup>, 而这些物质的含量是决定茶叶品质优劣的重要因素之一. 此外, 有研究<sup>[2]</sup>表明, 不同季节采摘的茶叶, 其产量和品质有明显差异, 但对于不同季节茶叶中重金属元素的含量分布目前尚不

明确. 因此, 测定并分析不同季节茶叶中重金属元素的含量分布特征对研究茶叶的品质显得十分必要.

云南省具有亚热带和高原型湿润季风气候特点, 且云南省境内许多茶山的年均气温都保持在 17~18℃ 左右, 因此, 云南一年四季均可进行茶叶的采摘<sup>[3]</sup>. 凤庆县作为云南省产茶的重要基地之一,

收稿日期: 2021-05-10

基金项目: 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: 崔世展 (1997—), 男, 河北石家庄人, 在读硕士研究生, 主要从事资源利用与植物保护研究.

\*通讯作者: 杨婉秋 (1980—), 女, 云南石林人, 教授, 博士, 主要从事高原特色农业研究, E-mail: amyfall@163.com.

其生产的滇红茶更是名扬海外。但是, 该茶叶产区的土壤重金属背景值较高<sup>[4]</sup>, 且目前针对该地区进行的研究多以茶叶的品质与饮用安全为主<sup>[5-6]</sup>, 而尚未看到对该地区进行不同季节茶叶中重金属含量分布的研究。基于此, 本研究以云南省临沧市凤庆县茶园中土壤与四个季节的茶叶嫩叶为研究对象, 选取 Cu、Fe、Mn 等对人体有益的重金属元素, 以及 As、Cd、Cr 等有害重金属为代表进行测定, 分析不同季节采摘的茶叶中重金属元素的富集状况, 同时探讨不同季节茶叶中重金属元素的分布, 以期为云南省临沧市凤庆县茶产业发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集与制备

选取云南省临沧市凤庆县凤山镇安石村的大叶种茶园 (99°52′54″E, 24°38′14″N) 为研究对象。春茶、夏茶、秋茶和冬茶的采样时间分别为 2020 年 4 月 15 日、6 月 15 日、9 月 15 日以及 1 月 15 日, 采摘的茶叶样品为茶园中有代表性的茶树嫩叶 (一芽二叶至三叶)。所采集的茶树嫩叶样品用去

离子水清洗后晾晒, 将晾晒好的茶叶嫩叶用烘箱在 100 ℃ 烘干杀青, 烘干样品研磨至全部过 60 目尼龙孔筛后, 称其质量, 封装、贴标、备用。

### 1.2 重金属元素的测定

各季节茶叶样品采用微波消解仪消解, 消解步骤和参数参照文献 [7] 的操作流程进行; 采用 ICP-OES (Thermo, iCAP 6300) 对茶叶消解液中各重金属元素含量进行测定。每一个样品均设置 3 次平行试验及空白对照, 最终结果表示为 (平均值  $\pm$  SD)。若无特别说明, 本研究所采用的试剂均为优级纯, 水为超纯水。

## 2 结果与分析

### 2.1 茶树不同季节中重金属元素的含量

采用微波消解-ICP-OES 方法对不同季节茶树嫩叶中各重金属元素的含量进行测定, 并探究茶树不同季节的气候条件对重金属元素的富集程度, 同时对测定结果进行显著性分析, 研究不同季节茶叶对重金属元素的富集是否具有差异。茶树不同季节中各重金属元素的含量见表 1。

表 1 不同季节茶树中重金属元素的含量

元素	季节及重金属元素含量/(mg · kg <sup>-1</sup> )			
	春季	夏季	秋季	冬季
As	0.146 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.074 ± 0.026 <sup>c</sup>	0.126 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.149 ± 0.005 <sup>a</sup>
Cd	0.051 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.018 ± 0.001 <sup>c</sup>	0.026 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.057 ± 0.005 <sup>a</sup>
Co	0.136 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.088 ± 0.003 <sup>c</sup>	0.146 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.147 ± 0.004 <sup>a</sup>
Cr	0.424 ± 0.263 <sup>c</sup>	0.220 ± 0.001 <sup>d</sup>	0.689 ± 0.010 <sup>b</sup>	1.369 ± 0.015 <sup>a</sup>
Cu	14.096 ± 0.218 <sup>a</sup>	9.523 ± 0.098 <sup>d</sup>	12.749 ± 0.130 <sup>b</sup>	10.540 ± 0.315 <sup>c</sup>
Fe	69.313 ± 1.240 <sup>b</sup>	39.572 ± 0.590 <sup>d</sup>	51.004 ± 0.574 <sup>c</sup>	79.211 ± 1.866 <sup>a</sup>
Mn	567.095 ± 8.586 <sup>b</sup>	313.012 ± 7.061 <sup>d</sup>	452.190 ± 5.581 <sup>c</sup>	1 302.955 ± 19.689 <sup>a</sup>
Pb	0.458 ± 0.255 <sup>b</sup>	0.184 ± 0.010 <sup>d</sup>	0.216 ± 0.011 <sup>c</sup>	0.504 ± 0.015 <sup>a</sup>
Sb	0.092 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.110 ± 0.006 <sup>a</sup>	0.136 ± 0.011 <sup>b</sup>	0.000 ± 0.018 <sup>c</sup>
Sn	0.171 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.163 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.242 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.136 ± 0.004 <sup>c</sup>
Sr	10.176 ± 0.279 <sup>c</sup>	6.981 ± 0.198 <sup>d</sup>	12.808 ± 0.736 <sup>b</sup>	30.742 ± 0.762 <sup>a</sup>
Ti	0.832 ± 0.012 <sup>b</sup>	0.356 ± 0.011 <sup>c</sup>	0.355 ± 0.022 <sup>c</sup>	1.824 ± 0.079 <sup>a</sup>
Zn	34.282 ± 0.407 <sup>a</sup>	20.111 ± 0.287 <sup>c</sup>	29.196 ± 1.235 <sup>b</sup>	15.788 ± 7.637 <sup>d</sup>

注: 表格同行中不同小写字母表示茶叶中重金属元素含量间差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

从表 1 可以看出, 四个季节中有害重金属的含量均未超过我国《食品中污染物限量》(GB 2762—2017)<sup>[8]</sup>标准中所规定的限定值。茶树中 As 和 Cd 元素的含量平均值随季节表现为:  $w(\text{冬季}) > w(\text{春季}) > w(\text{秋季}) > w(\text{夏季})$ , 冬茶和春茶中 As 和 Cd 之间差异无统计学意义, 但其与秋茶和夏茶重金属的含量之间差异有统计学意义; Co 和 Cr 元素的含量平均值随季节表现为:  $w(\text{冬季}) > w(\text{秋季}) > w(\text{春季}) > w(\text{夏季})$ , 其中 Cr 元素含量在不同季节之间差异有统计学意义; Fe、

Mn 和 Pb 元素含量平均值随季节均表现为:  $w(\text{冬季}) > w(\text{春季}) > w(\text{秋季}) > w(\text{夏季})$ , 且不同季节之间差异均有统计学意义; Cu 元素含量平均值随季节表现为:  $w(\text{春季}) > w(\text{秋季}) > w(\text{冬季}) > w(\text{夏季})$ , 不同季节之间差异均有统计学意义; Ti 元素含量平均值随季节均表现为:  $w(\text{冬季}) > w(\text{春季}) > w(\text{夏季}) > w(\text{秋季})$ ; Zn 元素含量平均值随季节均表现为:  $w(\text{春季}) > w(\text{秋季}) > w(\text{夏季}) > w(\text{冬季})$ 。综上, 各重金属元素在冬茶和春茶中含量最高, 秋茶次之, 夏茶最少。

## 2.2 不同季节重金属元素含量分布特征

根据不同季节茶叶中重金属元素的含量分布,计算了冬茶、春茶和夏茶重金属元素含量的比值(表2),并对数据进行对比。

表2 冬茶、春茶与夏茶中重金属元素含量占比(冬/春、冬/夏、春/夏)

元素	季节及含量比值		
	冬/春	冬/夏	春/夏
As	1.02	2.01	1.97
Cd	1.11	3.07	2.77
Co	1.08	1.66	1.53
Cr	3.23	6.23	1.93
Cu	0.75	1.11	1.48
Fe	1.14	2.00	1.75
Mn	2.30	4.16	1.81
Pb	1.10	2.73	2.48
Sb	0.00	0.00	0.84
Sn	0.80	0.84	1.05
Sr	3.02	4.40	1.46
Ti	2.19	5.12	2.34
Zn	0.46	0.79	1.70

分析结果表明,重金属元素含量在不同季节之间的比值可以分为3大类,第1类是重金属元素含量在不同季节间差异不大,比值为1倍左右:从冬茶和春茶的不同重金属元素含量比值来看,冬茶的As、Cd、Co、Fe和Pb元素含量均大于春茶,其冬茶分别为春茶的1.02倍、1.11倍、1.08倍、1.14倍和1.10倍;而从Cu元素含量来看,冬茶含量低于春茶,冬茶为春茶的0.75倍。从冬茶与夏茶不同重金属元素含量比值可以看出,冬茶的Cu和Co元素含量分别为夏茶的1.11倍和1.66倍。从春茶和夏茶不同重金属元素含量比值可以看出,春茶的As、Co、Cr、Cu、Fe、Mn和Sr元素含量均大于夏茶,其春茶分别为夏茶的1.97倍、1.53倍、1.93倍、1.48倍、1.75倍、1.81倍和1.46倍。第2类为不同重金属元素含量在不同季节间的比值达到2倍左右:冬茶与春茶相比,冬茶的Mn和Ti元素含量均大于春茶,且为春茶的2倍以上;冬茶与夏茶相比,冬茶的As、Fe和Pb元素含量高于夏茶,冬茶分别达到夏茶的2.01倍、2.00倍和2.73倍;春茶与夏茶相比,春茶的Cd、Pb和Ti元素含量均高于夏茶,分别为夏茶的2.77倍、2.48倍和2.34倍。第3类为不同重金属元素含量在不同季节间的比值达到3倍以上:冬茶与春茶相比,冬茶的Cr和Sr元素含量均高于春茶,冬茶分别达到春茶的3.23倍和3.02倍;冬茶与夏茶相比,冬茶的Cd、Cr、Mn、Sr和Ti元素含量均高于夏茶,且冬茶分别达到夏茶

的3.07倍、6.23倍、4.16倍、4.40倍和5.12倍。由此可见,冬茶中Cr与Sr元素的含量相较于其他季节是比较突出的,而春茶中更为突出的则是Cu与Zn,说明春茶中所含的有益金属元素多且饮用风险小,可用于生产高品质的茶产品。

## 3 结论

通过对云南省临沧市凤庆县凤山镇安石村茶园四个季节茶叶中的As、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、Mn、Pb、Sb、Sn、Sr、Ti和Zn的含量进行测定,并分析了季节对茶叶中各重金属元素含量的影响,得出以下结论:

冬茶中As和Cd的含量分别达到夏茶的2.01倍和3.07倍;冬茶中Fe、Mn和Pb的含量分别为夏茶的2.00倍、4.16倍和2.73倍,Cr的含量甚至是夏茶的6倍之多;然而,冬茶中Cu和Zn的含量仅有春茶的0.75和0.46倍,显著低于春茶。总体而言,重金属元素在夏茶中的含量最低,冬茶最高,且富含有毒有害重金属元素(如As、Cd和Cr)。因此,在冬茶生产过程中,应注意加强茶叶中重金属元素含量的监控。

## [参考文献]

- [1] CABARERA C, GIMENEZ R, LOPEZ M C. Determination of tea components with antioxidant activity [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2013, 51 (15): 4427-4435.
- [2] 张家春,周颖,李朝桢,等. 鸟王茶不同叶片外观表现型与季节下茶叶产量与品质研究 [J]. 四川农业大学学报, 2021, 39 (1): 35-40.
- [3] 杨红军. 加快开发云南“冬茶” [N]. 农民日报, 2005-02-04 (7).
- [4] 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.
- [5] 咎明丽,杜明君,杨婉秋. 做形工艺对云南凤庆红茶主要香气成分的影响 [J]. 昆明学院学报, 2017, 39 (6): 46-49.
- [6] 杨婉秋,肖涵,缪德仁. 锗、铜、铅和锌在云南大叶种茶树不同组织中的含量分布 [J]. 昆明学院学报, 2020, 42 (6): 30-34.
- [7] 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.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品中污染物限量: GB 2762-2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.