

上海市宝山区月浦镇 4 种野生淡水鱼类有害重金属元素 铅、镉、汞含量的分析和风险评价

叶素梅, 王文华, 赵彦斌

(上海震旦职业学院, 上海 201908)

摘要: 为了检测和评估上海市宝山区月浦镇野生淡水鱼肉中的重金属含量和危害, 用石墨炉原子吸收分光光度法测定 4 种淡水鱼的鱼肉、鱼头、肝脏里的重金属铅及镉的含量; 用原子荧光分光光度法测定鱼肉、鱼头、肝脏里的重金属汞的含量, 用单因子指数法和 Nemerlo 综合指数法评价其安全性。结果显示, 目前宝山区月浦镇 4 种野生淡水鱼鳊鱼、鲫鱼、鲢鱼和草鱼鱼肉中铅、镉、汞重金属含量均低于相应的国家限量标准, 是健康安全的, 但是 4 种鱼体内铅含量明显高于其他 2 种重金属; 由于鱼肝的生物富集作用, 其综合污染水平明显高于鱼头和鱼肉。

关键词: 淡水鱼; 重金属; 单因子指数; Nemerlo 多因子指数; 测定; 评价

中图分类号: S931.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)02-0243-05

Detection and risk assessment of the toxic heavy metals in four wild freshwater fishes from Yuepu Town, Baoshan District, Shanghai

YE Sumei, WANG Wenhua, ZHAO Yanbin

(Shanghai Aurora Vocational College, Shanghai 201908)

Abstract: Detection and risk assessment of the contents of heavy metals in four wild freshwater fishes from Yuepu Town, Baoshan District of Shanghai were carried out. The contents of Pb, Cd and Hg in the belly, head and liver of *Breams*, *Crucians*, *Hypophthalmichthys Molitrixes* or *Grass Carps* were determined using a graphite furnace atomic absorption spectrometer for Pb and Cd and an atomic fluorescence spectrometer for Hg. The contamination level of each metal was assessed by Single Indexes and Nemerlo Multiple Indexes. The results showed that the four wild freshwater fishes were safe to eat because the heavy metal levels in their bodies were below the national limited standards. However, the content of Pb was higher than that of Cd and Hg and the Multiple Factors Indexes of the three heavy metals in the liver were higher than those in other tissues because of the liver's metal-enriching function.

Key words: wild freshwater fish; heavy metals; single indexes; Nemerlo multiple indexes; detection; assessment

重金属作为一类具有累积效应, 难分解且毒性较强甚至致癌的环境污染物^[1], 是食品安全管理和环境监测的重点。在众多重金属元素中, 铅、镉、汞由于其毒性强, 危害大, 来源广泛且难以消除, 成为危害人体健康的重要因素^[2]。

鱼类是我国人民重要的优质蛋白质、多不饱和脂肪酸和多种维生素和矿物质的营养来源。水污染的直接后果是重金属等多种有害物质通过食物链在鱼类组织内的积累^[3], 导致鱼肉中重金属的含量远远大于水中重金属的含量^[4]。长期食用重金属超标

的鱼类将会导致多种急性和慢性疾病^[5]。

宝山区位于上海市的北部, 是一个以钢铁等重工业为支柱产业的区。月浦镇地处宝山区北翼, 全镇总面积 47.34 km², 其中大中型企业占地总面积达 22.37 km²。月浦镇北与宝山工业园区相邻, 周边有月浦工业园区以及中国最大的精品钢生产基地、世界 500 强企业宝山钢铁股份有限公司等。重工业的发展一方面给月浦镇带来经济上腾飞, 但同时环境保护工作也面临严峻的考验, 空气, 水, 土壤等污染给人们的健康带来严峻的威胁^[6]。

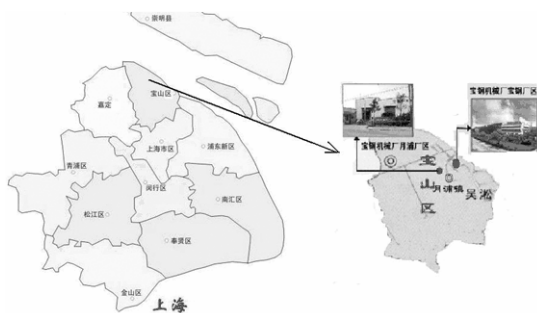


图 1 上海市宝山区月浦镇地理位置

Figure 1 The geographical position of Yuepu town in Baoshan district, Shanghai

由于历史地理原因,宝山区月浦镇属于重金属高背景地区,吸附在河流淤泥中的重金属可能通过底栖生物进入鱼类食物网,因此,加大了发生鱼类重金属污染的风险。草鱼、鲢鱼、鲫鱼和鳊鱼是宝山区水体中最常见的4种野生淡水鱼类,也是当地人长期食用的水产品,因此这些鱼体内重金属的含量可以用于评价当地水环境的污染状况。作者在宝山区月浦镇采集了这4种野生淡水鱼的样本并测定了其不同组织中铅、镉、汞的含量,以便了解本地区鱼肉中的重金属含量状况,评估对人体健康的危害大小。

1 材料与方法

1.1 试验材料

为了减少鱼龄差异对重金属累积的影响,我们选择生长1~2年,体重在1~2 kg的野生草鱼、鲢鱼、鲫鱼和鳊鱼作为实验样本^[7]。每种鱼各3条,均为购买当地居民在周边河流捕捞的野生鱼类。购买的样品立即送进上海震旦职业学院食品检测实验室,对鱼体进行测量、称重、解剖、去骨刺,然后分别将肝脏、鱼头、鱼肚肉分离、称重,分别装入聚乙烯封口袋中放于-20℃冰箱中保存待测^[8]。取样过程中用到的取样工具和储存容器要按要求清洗净化,所用玻璃器皿用12%硝酸溶液浸泡过夜后用去离子水清洗,烘干,以满足微量元素分析要求^[9]。

1.2 仪器和试剂

原子吸收分光光度计(Varian Specter AA220);原子荧光分光光度计(北京科创海光 AFS-3100);微波消解仪;硝酸(优级纯)、过氧化氢(分析纯);铅、镉、汞标准物质;铅空心阴极灯;镉空心阴极灯;汞空心阴极灯。

1.3 试验方法

分别取已处理的鱼肚肉、肝脏、鱼头,用匀浆

机匀浆,然后用微波消解仪对其进行消解^[10]。分别称取0.5 g各样品放进微波消解内罐,再加入9 mL硝酸和1 mL过氧化氢,放于预处理加热仪中控制温度70℃加热10 min,待冷却后套好外罐并盖好安全阀,而后将其放入微波消解仪,设好消解条件,按压力,保持时间选定参数操作。待溶液变透明说明已经消解完全。分别将消化液移入10 mL容量瓶,用稀硝酸定容,摇匀。本试验中铅、镉采用石墨炉原子吸收分光光度法测定^[11],汞用原子荧光分光光度法测定^[12]。工作条件见表1和表2。

表 1 原子吸收分光光度计的工作条件

Table 1 Working conditions of atomic absorption spectrophotometer

工作条件 Work condition	铅 Pb	镉 Cd
波长/nm Wavelength	283.3	228.8
狭缝/nm Slit	0.5	0.5
灯电流/mA Lamp current	4.0	4.0
灰化温度/时间/℃·s ⁻¹ Ashing temperature	600/12	600/15.2
原子化温度/时间/℃·s ⁻¹ Atomization temperature	2100/4.9	1800/4.8
净化温度/℃ Purification temperature	2000	2000
基体改进剂 Matrix modifier	磷酸二氢铵 (5 g·L ⁻¹)	磷酸铵 (5 g·L ⁻¹)

1.4 评价标准与方法

常用于评价污染物水平的方法有单因子指数法和 Nemero 综合指数法。单因子指数法是用某种特定的污染物实际水平与该污染物国家限量标准相比较,得到两者的比值即该污染物的单因子指数。它可以反映出某种特定污染物对食品的污染程度,但是不能显示该食品总体污染水平。Nemero 指数法是一种综合多种污染物污染程度的方法,用以评价该食品总体的健康程度^[13]。本试验以食品中重金属限量标准为参照,采用单因子污染指数法和 Nemero 综合污染指数法进行鱼肉污染评价。

$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{(C_i/S_i)_{\text{max}}^2 + (C_i/S_i)_{\text{ave}}^2}{2}}$$

该公式中 P_i 为鱼肉中重金属元素 i 的单项污染指数, C_i 为鱼肉中重金属元素 i 的实际测定浓度, S_i 为重金属元素 i 的评价标准。 $P_{\text{综}}$ 为 Nemero 综合污染指数, $(C_i/S_i)_{\text{max}}$ 为污染物污染指数最大值, $(C_i/S_i)_{\text{ave}}$ 为各污染指数平均值。

表 2 原子荧光分光光度计的工作条件

Table 2 Working conditions of atomic fluorescence spectrometry

光电倍增管负高压/V Mi - high voltage of photomultiplier	原子化高度/mm Height of atomization	灯电流/mA Lamp current	载气流量/mL·min ⁻¹ Carrier gas flow	屏蔽气流量/mL·min ⁻¹ Shield gas flow rate ml/min
280	8	15	400	900

2 结果与分析

2.1 4 种淡水鱼类不同组织器官重金属含量测定结果

4 种野生淡水鱼各组织重金属检测结果及鱼肉重金属含量国家限量标准 (GB 2762-2012) 见表 3。

2.2 分级标准、单项污染指标和综合污染指标

食品中重金属污染评价标准见表 4^[14], 本实验中样品的单项污染指标和综合污染指标计算结果见表 5。

表 3 4 种淡水鱼类不同组织器官重金属含量国家限量标准和含量

Table 3 Limitations of national standards and the contents of heavy metals in the four kinds of wild freshwater fish $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

组织器官 Tissue and organ		铅 Pb	镉 Cd	汞 Hg
国家限量标准 Limitation of national standard		≤ 500	≤ 100	≤ 500
鲫鱼 Crucian	鱼肉 Flesh of fish	65.80±11.41	3.49±1.21	15.66±3.11
	鱼头 Fish head	177.43±12.11	4.67±1.20	14.78±2.05
	鱼肝 Fish liver	216.16±10.31	29.75±3.01	10.33±2.75
鳊鱼 Bream	鱼肉 Flesh of fish	113.35±12.81	3.04±0.47	7.66±1.43
	鱼头 Fish head	120.13±31.00	3.70±1.56	5.78±0.54
	鱼肝 Fish liver	157.99±28.33	26.71±5.17	13.06±1.32
鲢鱼 Chub	鱼肉 Flesh of fish	244.96±12.32	9.48±2.00	24.63±1.20
	鱼头 Fish head	324.55±22.23	18.05±1.89	13.61±1.26
	鱼肝 Fish liver	355.94±22.36	34.37±4.45	25.26±1.15
草鱼 Grass carp	鱼肉 Flesh of fish	213.52±20.85	1.45±0.25	9.16±2.15
	鱼头 Fish head	191.90±52.66	1.57±0.09	5.65±1.62
	鱼肝 Fish liver	237.66±33.22	9.67±3.11	14.44±1.62

注: 平均数±标准差。 Note: Average±SD.

表 4 食品重金属污染评价标准

Table 4 Evaluation standards of heavy metal pollution in food

等级 Grade	$P_{综}$	污染程度 Pollution degree	污染水平 Pollution level
1	$P_{综} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{综} \leq 1$	警戒极限	尚清洁
3	$1 < P_{综} \leq 2$	轻度污染	开始受污染
4	$2 < P_{综} \leq 3$	中度污染	受到中度污染
5	$P_{综} > 3$	重度污染	受污染程度相当严重

3 讨论

3.1 总体污染情况评价

表 3 和 5 结果显示, 用国家限量标准及单项污染指标、综合污染指标 3 个标准判断, 从宝山区月浦镇采集的野生鱼类各组织样品的测试结果都在安全范围内, 其铅、镉、汞含量均低于国家限量标准, 且 Nemero 综合污染指数都处于安全的水平。这说明该地区野生淡水鱼类铅、镉、汞等重金属污染程度不高, 对人体的危害不大。

3.2 不同重金属元素污染情况对比

从图 2 可以看出, 鱼类各组织内铅的污染不容忽视, 4 种常见淡水鱼体内铅的单项污染指数明显高于镉和汞, 在鲢鱼肝脏中铅的单项污染指数已经大于 0.7。这说明由于工业生产排放的废水、废气中的铅元素通过土壤、水体的迁移、生物的富集等作用已经对当地野生水产品的安全性造成了一定的威胁^[15], 提醒相关部门进一步加强监测, 注意周边环境中的铅污染的防治, 防止铅污染继续加重影响人体健康。

表 5 上海市宝山区月浦镇野生淡水鱼肉重金属污染单项指标和综合指标

Table 5 Single indexes and multiple indexes of heavy metals contamination of wild freshwater fish from Yuepu town, Baoshan district, Shanghai

品种 Variety	组织器官 Tissue and organ	单项指标 P_i			综合指标 $P_{\text{总}}$ Multiple indexes	污染程度 Pollution degree
		铅 Pb	镉 Cd	汞 Hg		
鲫鱼 Crucian	鱼肉 Flesh of fish	0.132	0.035	0.031	0.104	安全 Safety
	鱼头 Fish head	0.355	0.047	0.030	0.271	安全 Safety
	鱼肝 Fish liver	0.432	0.298	0.021	0.353	安全 Safety
鳊鱼 Bream	鱼肉 Flesh of fish	0.227	0.030	0.015	0.173	安全 Safety
	鱼头 Fish head	0.240	0.037	0.012	0.183	安全 Safety
	鱼肝 Fish liver	0.316	0.267	0.026	0.266	安全 Safety
鲢鱼 Chub	鱼肉 Flesh of fish	0.490	0.095	0.050	0.377	安全 Safety
	鱼头 Fish head	0.649	0.181	0.027	0.501	安全 Safety
	鱼肝 Fish liver	0.712	0.344	0.051	0.567	安全 Safety
草鱼 Grass carp	鱼肉 Flesh of fish	0.427	0.015	0.018	0.321	安全 Safety
	鱼头 Fish head	0.384	0.016	0.011	0.288	安全 Safety
	鱼肝 Fish liver	0.475	0.097	0.029	0.365	安全 Safety

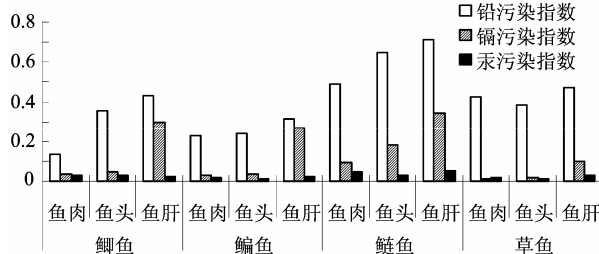


图 2 上海市宝山区月浦镇野生淡水鱼各组织重金属元素单项污染指数

Figure 2 Single indexes of heavy metals contamination of wild freshwater fish from Yuepu town, Baoshan district, Shanghai

3.3 不同品种野生淡水鱼污染情况对比

从图 3 可以看出, 月浦镇 4 种野生淡水鱼中, 鲢鱼的组织重金属污染水平明显高于其他 3 种鱼类, 其主要原因是野生状态的鲢鱼主要以浮游生物为食, 重金属积累效应更加明显。而鳊鱼以素食为主, 重金属积累效应较低, 因此其各组织重金属综合污染水平均低于其他 3 种鱼类。

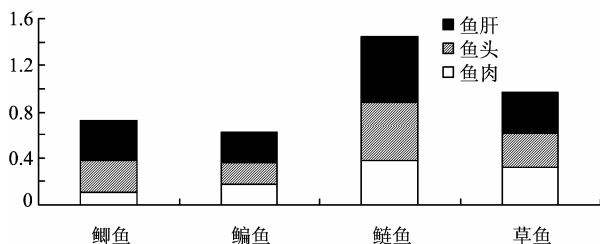


图 3 宝山区月浦镇野生淡水鱼重金属元素综合污染指数

Figure 3 Multiple indexes of heavy metals contamination of wild freshwater fish from Yuepu town, Baoshan district, Shanghai

3.4 淡水鱼不同组织重金属污染情况对比

从图 4 可见, 在草鱼、鳊鱼、鲢鱼和鲫鱼 4 种淡水鱼的不同组织中, 鱼肝的综合污染指数最高, 鱼头其次, 鱼肉最低, 进一步证明鱼肝的生物富集作用比鱼头、鱼肉都强, 烹调之前应注意将肝脏等内脏去除干净, 以减少重金属的摄入。

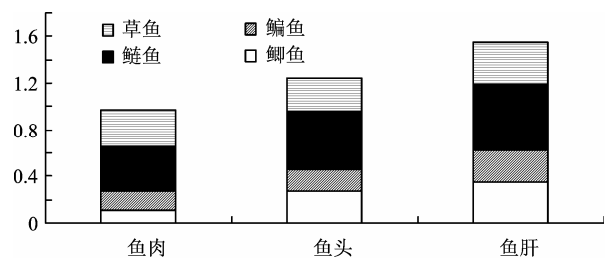


图 4 上海市宝山区月浦镇野生淡水鱼各组织重金属元素综合污染指数

Figure 4 Multiple indexes of heavy metals contamination in different tissues of wild freshwater fish from Yuepu town, Baoshan district, Shanghai

4 小结

综上所述, 从上海市宝山区月浦镇采集的 4 种淡水鱼的重金属铅、镉、汞的含量均在国家限量标准以下, 其综合污染指数也都在安全范围内, 可以放心食用。但是铅的污染水平偏高, 应该引起有关部门的重视, 防止出现更严重的铅污染后果。检测结果同时显示, 肝脏的污染水平明显高于鱼类其他组织器官, 由于我国人民饮食习惯在烹调前去除鱼类内脏, 所以不会造成对人体的明显损害, 但是也提醒我们, 肝脏是解毒器官, 其重金属含量偏高显示环境重金属的污染情况不容乐观。

参考文献:

- [1] Rajesh K S, Madhoolika A, Fiona M. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2007, 66: 258-266.
- [2] Oliver M A. Soil and human health: a review [J]. *Europe Journal of Soil Science*, 1997, 48: 573-592.
- [3] Chary N S, Kamala C T, Raj D S S. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2008, 69: 513-524.
- [4] Gale N L, Adams C D, Wixson B G, et al. Lead, zinc, copper, and cadmium in fish and sediments from the Big River and Flat River Creek of Missouri's Old Lead Belt [J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2004, 26: 37-49.
- [5] Chien L C, Hung T C, Choang K Y, et al. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan[J]. *The Science of the Total Environment*, 2002, 285: 177-185.
- [6] 谢小进, 康建成, 李卫江, 等. 上海宝山区农用土壤重金属分布与来源分析[J]. *环境科学*, 2010, 31(3): 768-774.
- [7] Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species[J]. *Environmental Pollution*, 2003, 121: 129-136.
- [8] Wang Y M, Chen P, Cui R N, et al. Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of two fish species (*Triplophysa pappenheimi*, *Gobio hwanghensis*) from the Lanzhou section of the Yellow River, China[J]. *Environ Monit Assess*, 2010, 165: 97-102.
- [9] 余杨, 王雨春, 周怀东, 等. 三峡水库蓄水初期鲤鱼重金属富集特征及健康风险[J]. *环境科学学报*, 2013, 33(7): 2012-2019.
- [10] Yang R Q, Yao T D, Xu B, et al. Accumulation features of organochlorine pesticides and heavy metals in fish from high mountain lakes and Lhasa River in the Tibetan Plateau [J]. *Environment International*, 2007, 33(2): 151-156.
- [11] 李燕群. 原子吸收光谱法在重金属铅镉分析中的应用进展[J]. *冶金分析*, 2008, 28(6): 33-41.
- [12] Rahman L, Corns W T, Bryce D W, et al. Determination of mercury, selenium, bismuth, arsenic and antimony in human hair by microwave digestion atomic fluorescence spectrometry[J]. *Talanta*, 2000, 52: 833-843.
- [13] Liu J B, Lu Y N, Zou T. The Analysis and evaluation on heavy metal pollution of topsoil in Chinese large-scale cities[J]. *Energy Procedia*, 2012, 16: 1084-1089.
- [14] Lu F, Yang J P, Li H. Risk evaluation of heavy metals in soil in the sewage irrigation area: A case study of Shijiazhuang[J]. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014, 6(6): 2353-2357.
- [15] 巫和昕, 胡雪峰, 张国莹, 等. 上海市宝山区土壤重金属含量及其分异特征[J]. *上海大学学报: 自然科学版*, 2004, 10(4): 400-405.