

深圳市市售海产品中砷、镉、铅含量分析及风险评价

童永彭, 朱志鹏

摘要:

[目的] 了解深圳市市售海产品中砷(As)、镉(Cd)、铅(Pb)的含量, 为食品安全监管提供依据。

[方法] 分别在深圳市蛇口市场、福田市场、布吉市场采集162份海产品, 采用电感耦合等离子体质谱仪ICP-MS测定As、Cd、Pb含量, 根据GB 2762—2012《食品中污染物限量》并运用危害商数(target hazard quotients, THQs)评价食用海产品对人体健康的潜在风险。

[结果] As在双壳贝类中的质量分数(下称“含量”)范围为(0.62~2.99)mg/kg, 在鱼类中的含量范围为(0.27~2.41)mg/kg; Cd在双壳贝类中的含量范围为(0.09~2.30)mg/kg, 在鱼类中的含量范围为(0.005~0.014)mg/kg; Pb在双壳贝类中的含量范围为(0.057~0.62)mg/kg, 在鱼类中的含量范围为(0.02~0.05)mg/kg。

[结论] Cd和Pb在双壳贝类中含量高于鱼类, 比目鱼和红鳍笛鲷中As含量与部分海湾扇贝中Cd含量超过了GB 2762—2012《食品中污染物限量》要求, 但危害商数评价显示: 目前市场上的海产品相对安全, 对人体健康危害的潜在风险较小。

关键词: 毒性金属; 海产品; 危害商数; 安全性评价

引用: 童永彭, 朱志鹏. 深圳市市售海产品中砷、镉、铅含量分析及风险评价[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(1): 49-52, 67. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16335

Detection and potential health risk assessment of arsenic, cadmium, and lead in retail seafood in Shenzhen TONG Yong-peng, ZHU Zhi-peng (College of Physics and Energy, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518000, China). Address correspondence to TONG Yong-peng, E-mail: yongpeng@szu.edu.cn
• The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To detect the contents of arsenic (As), cadmium (Cd), and lead (Pb) in retail seafood in Shenzhen, and to provide a basis for food safety supervision.

[Methods] The levels of As, Cd, and Pb were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry in 162 retail seafood samples collected from the marketplaces of Shekou, Futian, and Buji. The potential health risks of the seafood samples were assessed by target hazard quotients (THQs) according to the *Maximum levels of contaminants in foods* (GB 2762—2012).

[Results] The As mass fraction was (0.62-2.99) mg/kg in the bivalves and (0.27-2.41) mg/kg in fish. The Cd mass fraction was (0.09-2.30) mg/kg in bivalves and (0.005-0.014) mg/kg in fish. The Pb mass fraction was (0.057-0.62) mg/kg in bivalves and (0.02-0.05) mg/kg in fish.

[Conclusion] The Cd and Pb levels are higher in bivalves than in fish, and the As level in *Lutjanus erythropterus* and *Paralichthys olivaceus* and the Cd level in *Argopecten irradians* are higher than the maximum contamination levels prescribed in GB 2762—2012. According to the calculated THQs of As, Cd, and Pb, however, the retail seafood are safe and pose little potential health risks.

Keywords: toxic metal; seafood; target hazard quotient; safety evaluation

Citation: TONG Yong-peng, ZHU Zhi-peng. Detection and potential health risk assessment of arsenic, cadmium, and lead in retail seafood in Shenzhen[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(1): 49-52, 67. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16335

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 国家自然科学基金项目(编号: 11375117)

[作者简介] 童永彭(1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向: 核技术在环境和医学方面应用; E-mail: yongpeng@szu.edu.cn

[通信作者] 童永彭, E-mail: yongpeng@szu.edu.cn

[作者单位] 深圳大学物理与能源学院, 广东 深圳 518000

海产品是人们喜爱的食品之一。目前, 全世界的海产品年产量维持在1.2亿t左右。2007年我国海产品人均年消费量为26 kg。然而随着工业化的加剧, 排放到海洋环境的污染物越来越多, 海洋中的生物也在不同程度受到污染。其中毒性金属砷(As)、镉(Cd)、

铅(Pb)已引起人们的足够重视,其被海产品富集后,通过食物链传递到人体,会对人类健康造成危害。海产品的消费已经被认为是人类遭受有害物质暴露的主要途径之一^[1-3]。深圳市作为中国第一个经济特区和珠江三角区第二大城市,其工业化达到很高程度。一些文章已经报道了深圳地区的海产品中毒性金属的污染较严重^[4-6]。本文以深圳市当地居民日常购买的海产品为代表,调查深圳市主要的海鲜市场中海产品中As、Cd、Pb的含量,以评价该地区人群食用海产品对健康带来的潜在风险。

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品皆于2015年购买自深圳市蛇口市场、福田市场、布吉市场3个大型海鲜市场。海鲜产品包括鱼类(银鲳、海鲈鱼、比目鱼、红鳍笛鲷),双壳贝类(海湾扇贝、近江牡蛎、文蛤、象拔蚌、菲律宾蛤仔)。每种鱼类在每个采集地点采购18~20条,每种双壳贝类在每个采集地点采购8~18枚。所有样品在实验室按照标准进行清洗、剥肉,记录其湿重的质量,并将其放入50℃烘4h后再在105℃烘至恒重,记录其干重的质量。在本次试验中,湿重=5×干重,这与其他报道结果相同^[1,7]。烘干后的样品经过研磨后装入聚乙烯试管,放入-20℃冰箱里待分析。

1.2 试剂与仪器

65%硝酸、30%双氧水(电子级纯)。所有的玻璃制品、试管、聚四氟乙烯消解管都彻底清洗后浸泡在体积分数为5%的硝酸溶液中24h,使用前用去离子水清洗干净。

EthosONE微波消解仪(迈尔斯特,意大利),NexIon300X电感耦合等离子体质谱仪(PerkinElmer,美国)。

1.3 方法

1.3.1 样品前处理 取每种样品约0.2g放入聚四氟乙烯消解罐中,加入5mL硝酸和5mL双氧水,消解过程参照文献^[1]。消解完以后,溶液倒入50mL离心管,加入超纯水定容到50mL。用电感耦合等离子体质谱仪ICP-MS进行检测。

1.3.2 健康风险评价 采用危害商数(target hazard quotients, THQs)来评价毒性金属对人体健康造成的潜在风险。THQs是污染物的估计剂量和参考剂量的比值,如果比值超过安全基准值1,则说明这种污染

物对人体具有潜在的健康风险^[3,8]。计算公式如下:

$$THQ = \frac{EF \times ED \times FIR \times C}{RFD \times WAB \times TA} \times 10^{-3}$$

式中:EF为暴露频率(365d/年);ED为暴露年限(70年);FIR为食物摄入量,根据文献^[9],鱼类和双壳贝类的每人摄入量为60g/d;C为海产品中金属质量分数(下称“含量”)(mg/kg);RFD为口服参考剂量[无机砷(iAs)为 3×10^{-4} mg/(kg·d),Cd为 1×10^{-3} mg/(kg·d),Pb为 4×10^{-3} mg/(kg·d),均以体重计];WAB表示人类的平均体重(60kg);TA为暴露平均时间(365d×70年)。对于一种海产品,毒性金属的总危害商数(TTHQ)等于各种毒性金属的危害商数之和:

$$TTHQ = THQ_1 + THQ_2 + \dots + THQ_n$$

同时,为评估从食物中遭受到毒性金属污染物的危害程度,采用毒性金属每周评估摄入量(estimated weekly intake, EWI)与世界卫生组织(WHO)制定的人类暂定每周允许摄入量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)比较,其计算公式:EWI(μg/kg)=C×FIR×7/WAB^[3];几种重金属的PTWI分别为:iAs为15μg/kg,Cd为7μg/kg,Pb为25μg/kg,均以体重计。

1.4 数据处理

采用SPSS 19.0软件进行单因素方差分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 质控结果

采用标准物质扇贝(GBW10024)作为质控样,As、Cd、Pb的标准值分别为(3.6 ± 0.6)mg/kg、(1.06 ± 0.10)mg/kg和0.12mg/kg,As、Cd、Pb含量测定结果分别为(3.9 ± 0.8)mg/kg、(1.12 ± 0.13)mg/kg和(0.14 ± 0.03)mg/kg,扇贝标准物质的测定值均在其标准范围内。

2.2 海产品中毒性金属含量

对鱼类、双壳贝类可食用部分进行毒性金属As、Cd、Pb含量测定,结果见表1。浮游鱼类(银鲳和海鲈鱼)体内As的含量(湿重)范围为0.27~1.13mg/kg。海底鱼类(红鳍笛鲷和比目鱼)体内As的含量(湿重)范围为0.87~2.41mg/kg。双壳贝类体内As的含量(湿重)范围为0.62~2.99mg/kg,其中象拔蚌中的As平均含量最低,文蛤中的As平均含量最高。从表1可见,不同生活习性的海产品其体内As的含量差异较大,As含量高低次序为双壳贝类>海底鱼类>浮游鱼类,这与其他报道相似^[10-12]。根据总As含量= $10 \times iAs$ ^[13],对照GB

2762—2012《食品中污染物限量》中海产品的限量标准(鱼类中的iAs、Cd和Pb分别为0.1、0.1、0.5 mg/kg;双壳贝类中的iAs、Cd和Pb分别为0.5、2.0、1.5 mg/kg,均以湿重计)^[14],比目鱼和红鳍笛鲷中平均As含量超过了标准。

Cd在双壳贝类中的含量比在鱼类中高得多,含量范围为0.09~2.30 mg/kg,海湾扇贝中Cd含量最高,象拔蚌中Cd含量最低。而鱼类中的Cd含量范围为0.005~0.014 mg/kg。从表1可见,Cd在双壳贝类中的含量存在较大差异,而在鱼类中的含量水平接近,这与李玉等^[3]在2009年调查连云港海产品的结果相似,这可能说明Cd在鱼类生物组织内的残留不会因为物

种不同或营养级不同有很大的变化。根据标准^[14],部分海湾扇贝中Cd含量超过了限值2.0 mg/kg。

相比较As和Cd,Pb在鱼类和双壳贝类中的含量跨度都比较小,鱼类:0.02~0.05 mg/kg;双壳贝类:0.057~0.62 mg/kg。在双壳贝类生物体中Pb的平均含量高出鱼类。从表1可见,在3种毒性金属中Pb的含量最低,这与文献[3]中的结果一致。与标准[14]相比较,本次试验中的所有海产品样本中的Pb含量都在安全限量标准以内。相比较于文献[6]中海产品Pb含量(10~20 mg/kg,干重),这次研究的海产品样本中Pb含量明显较低,这可能得益于国家对汽油消耗中铅含量的限制。

表1 不同海产品中毒性金属(As、Cd、Pb)的含量(mg/kg,湿重)

物种	学名	数量	总砷(As)		镉(Cd)		铅(Pb)	
			平均值 ± 标准差	范围	平均值 ± 标准差	范围	平均值 ± 标准差	范围
鱼类	银鲳	18	0.72 ± 0.21	0.40~1.13	0.012 ± 0.001	0.01~0.014	0.036 ± 0.008	0.02~0.05
	海鲈鱼	20	0.43 ± 0.11	0.27~0.56	0.007 ± 0.0004	0.006~0.008	0.036 ± 0.004	0.03~0.04
	红鳍笛鲷	18	1.50 ± 0.41	0.87~2.41	0.006 ± 0.0004	0.005~0.007	0.027 ± 0.002	0.022~0.032
	比目鱼	18	1.07 ± 0.07	0.95~1.15	0.005 ± 0.0004	0.005~0.006	0.032 ± 0.004	0.03~0.033
双壳贝类	海湾扇贝	18	0.88 ± 0.13	0.62~1.04	1.93 ± 0.26	1.51~2.30	0.13 ± 0.014	0.124~0.142
	近江牡蛎	18	1.91 ± 0.29	1.42~2.53	0.36 ± 0.05	0.29~0.47	0.367 ± 0.066	0.23~0.47
	文蛤	18	2.16 ± 0.39	1.42~2.99	0.56 ± 0.22	0.32~1.08	0.134 ± 0.074	0.057~0.25
	象拔蚌	8	0.79 ± 0.08	0.67~0.91	0.13 ± 0.03	0.09~0.17	0.55 ± 0.06	0.46~0.62
	菲律宾蛤仔	18	1.82 ± 0.14	1.64~2.16	0.15 ± 0.02	0.14~0.16	0.19 ± 0.03	0.16~0.25

2.3 海产品食用安全性评价

从表2可知,食用海产品对毒性金属的每周评估摄入量范围分别是:iAs 0.302~1.511 μg/kg、Cd 0.032~13.51 μg/kg、Pb 0.224~3.851 μg/kg,均以体重计。其中,海湾扇贝中的Cd超过了WHO制定的PTWI的两倍,其余的海产品中的毒性金属都低于PTWI。对于毒性金属的TTHQ,从表2看出海湾扇贝、近江牡蛎和文蛤均超过了1,说明这些海产品中毒性金属(As、Cd、Pb)对人体具有潜在的健康风险。然而,从毒性金属的THQ看到,毒性金属As的THQ要大于另外两种毒性金属(除海湾扇贝中Cd的THQ外),这说明Cd和Pb并不是影响深圳地区海产品食用安全性的毒性金属。这与文献[5]对深圳地区的肉类食物中的微量元素调查结果相同。由以上分析可知,深圳地区的海产品总体相对安全,但由于一些海产品中As和Cd的含量超过了国家标准,故建议有关部门应该对海产品特别是双壳贝类进行定期检查。

表2 深圳市居民对无机砷(iAs)、镉(Cd)、铅(Pb)的每周评估摄入量和危害商数

海产品种类	每周评估摄入量EWI(μg/kg)			危害商数THQ			总危害商数TTHQ
	As	Cd	Pb	As	Cd	Pb	
银鲳	0.504	0.084	0.251	0.240	0.011	0.010	0.261
海鲈鱼	0.302	0.049	0.251	0.143	0.006	0.010	0.159
比目鱼	1.051	0.049	0.190	0.500	0.006	0.006	0.512
红鳍笛鲷	0.749	0.032	0.224	0.357	0.005	0.008	0.370
海湾扇贝	0.616	13.51	0.911	0.295	1.931	0.033	2.259
近江牡蛎	1.336	2.520	2.569	0.635	0.360	0.090	1.085
文蛤	1.511	3.919	0.938	0.720	0.559	0.134	1.413
象拔蚌	0.551	0.908	3.851	0.265	0.131	0.551	0.947
菲律宾蛤仔	1.274	1.050	1.331	0.605	0.131	0.046	0.782

3 讨论

本研究结果发现:双壳贝类积累毒性金属As、Cd、Pb的能力大于鱼类。这一方面可能是由于随陆地径流排入海洋的毒性金属大量沉积于底泥中,造成以沉积物为食的双壳贝生物选择吸收毒性金属并在体

内不断富集;另一方面,也与双壳贝类的“非选择性”滤食特性,以及具有较高产生金属结合蛋白的能力有关^[7]。而鱼类的活动能力大于双壳贝类,能在不同的区域中活动,且鱼类对毒性金属的蓄积要通过复杂的食物链来转换,以致其体内含量相对较低^[15]。由于这种特性,双壳贝类已经被作为环境监测生物用来监测当地污染物中Cd和Pb的含量,例如在欧洲^[16]、中国北方6个城市(大连、青岛、日照、潍坊、威海和烟台)^[1]、巴西^[17]。

大多数金属经过食物链传递被生物富集的规律目前尚难以准确掌握。Tessier等^[18]认为,在大多数情况下,生物体内的金属含量和其所处的营养级并不相关,而是取决于该物种或种群的生理特性以及金属的生物功能、生物的行为、解毒机制及代谢机理和金属的物理化学形态对金属的生物蓄积特性而起作用。一些毒性金属例如As、Cd在环境中存在生物放大的可能^[3, 12],由于这种食物链放大导致的金属在双壳贝类生物体内的蓄积必须引起人们的重视,尤其是在海鲜食物深受人们喜爱的沿海地区。

江天久等^[19]在2002年对深圳市市场海产品的调查发现鱼类体内Pb的平均含量超过了标准值(0.5 mg/kg),As的平均含量为0.315 mg/kg, Cd的平均含量为0.03 mg/kg。林美金^[20]在2007年对深圳市市场贝类重金属含量调查发现贝类中的iAs、Cd、Pb的超标率均大于90%。Tong等^[6]于2011年对深圳市市场中的海产品体内Pb含量调查,发现其含量为10~20 mg/kg(干重)。张秦蕾^[21]在2015年对深圳市水产品中重金属含量调查,发现鱼类和双壳贝类体内的Pb和Cd含量与本次调查相似。本次调查深圳市海产品中As、Cd和Pb含量与上述结果对比发现,海产品中Pb含量明显降低,这可能与国家对汽油消耗中Pb含量的限制有关,而海产品中As和Cd含量并没有明显的变化。

综上所述,通过测定深圳地区3个大型海产品市场鱼类和双壳贝类中的毒性金属As、Cd、Pb的含量,发现As、Cd、Pb在不同种类的海产品中含量差距很大,毒性金属As、Cd、Pb在海产品体内含量的高低次序为双壳贝类>鱼类。在本次调查中,比目鱼和红鳍笛鲷中平均As含量与海湾扇贝中Cd含量超过了国家标准。从食用人群的健康角度看,除了海湾扇贝,人们食用本海域海产品时毒性金属As、Cd、Pb的周摄入量低于国际标准。不同的海产品毒性金属As、Cd、Pb的危害商数都小于1,然而海湾扇贝、近江牡蛎和

文蛤的总危害商数超过了1,这说明通过食用这些海产品进入到人体的毒性金属(As、Cd、Pb)对人体具有潜在的健康风险。本研究发现:海产品中As含量的危害商数的值明显高于另外两种毒性金属,这表明深圳沿海地区已经受到了砷的污染。且随着工业发展的进程,将可能导致海产品重金属含量进一步升高而造成严重的健康风险,这需要引起各方(尤其食品安全监督)的高度重视。

参考文献

- [1] Li P, Gao X. Trace elements in major marketed marine bivalves from six northern coastal cities of China: concentrations and risk assessment for human health[J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2014, 109: 1-9.
- [2] Zhang H, Feng X, Larssen T, et al. In inland China, rice, rather than fish, is the major pathway for methylmercury exposure[J]. *Environ Health Perspect*, 2010, 118(9): 1183-1188.
- [3] 李玉, 冯志华, 李谷祺, 等. 海产品中重金属Hg、Cd、Pb对人体健康的潜在风险评价[J]. *食品科学*, 2010, 31(21): 390-393.
- [4] 刘奋, 戴京晶, 丘汾. 深圳市水产品重金属污染状况调查[J]. *实用预防医学*, 2009, 16(5): 1487-1488.
- [5] Wu Y, Zhang H, Liu G, et al. Concentrations and health risk assessment of trace elements in animal-derived food in southern China[J]. *Chemosphere*, 2016, 144: 564-570.
- [6] Tong Y, Sun H, Luo Q, et al. Study of lead level during pregnancy by application of synchrotron radiation micro XRF[J]. *Biol Trace Elem Res*, 2011, 142(3): 380-387.
- [7] 童永彭, 朱志鹏. 近海海域海产品汞、铅和砷污染状况的研究进展[J]. *食品科学*, 2015, 36(23): 301-306.
- [8] Chien LC, Hung TC, Choang KY, et al. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan[J]. *Sci Total Environ*, 2002, 285(1/2/3): 177-185.
- [9] 刘小立, 袁雪丽, 卓志鹏, 等. 深圳市常住居民膳食结构与营养摄入状况评价[J]. *营养学报*, 2015, 37(1): 13-17.
- [10] Burger J, Gochfeld M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey[J]. *Environ Res*, 2005, 99(3): 403-412.
- [11] Zhang W, Wang WX. Large-scale spatial and interspecies differences in trace elements and stable isotopes in marine wild fish from Chinese waters[J]. *J Hazard Mater*, 2012, 215-216: 65-74.

(下转第67页)

- experimental arthritis with self-assembling glycol-split heparin nanoparticles via inhibition of TLR4-NF- κ B signaling[J]. J Control Release, 2014, 194: 295-300.
- [11] 余杰, 毛丽君, 赵金垣. 二氧化硅通过肺泡巨噬细胞的识别反应启动肺内炎性损伤的机制[J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28(4): 265-269.
- [12] Ansari AR, Ge XH, Huang HB, et al. Effects of lipopolysaccharide on the histomorphology and expression of toll-like receptor 4 in the chicken trachea and lung[J]. Avian Pathol, 2016, 45(5): 530-537.
- [13] 路景涛, 孙妩弋, 刘浩, 等. 白芍总苷对免疫性肝纤维化大鼠肝组织 NF- κ B 和 TGF- β 1 蛋白表达的影响[J]. 中国药理学通报, 2008, 24(5): 588-592.
- [14] Asghari MH, Hobbenaghi R, Nazarizadeh A, et al. Hydro-alcoholic extract of *Raphanus sativus* L. var *niger* attenuates bleomycin-induced pulmonary fibrosis via decreasing transforming growth factor β 1 level[J]. Res Pharm Sci, 2015, 10(5): 429-435.
- [15] Tully JE, Hoffman SM, Lahue KG, et al. Epithelial NF- κ B orchestrates house dust mite-induced airway inflammation, hyperresponsiveness, and fibrotic remodeling[J]. J Immunol, 2013, 191(12): 5811-5821.
- (收稿日期: 2016-05-30; 录用日期: 2016-09-12)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 陈姣)

(上接第 52 页)

- [12] Wu X, Gao M, Wang L, et al. The arsenic content in marketed seafood and associated health risks for the residents of Shandong, China[J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2014, 102: 168-173.
- [13] Nriagu JO, Azcue JM. Environmental sources of arsenic in food[J]. Adv Environ Sci Technol, 1990, 23: 103-127.
- [14] 食品安全国家标准 食品中污染物限量: GB 2762—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [15] 杨天池, 施家威, 毛国华. 宁波地区滩涂海产品重金属与多氯联苯污染状况及其环境相关性分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(9): 2157-2159, 2161.
- [16] Jović M, Stanković S. Human exposure to trace metals and possible public health risks via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Adriatic coastal area[J]. Food Chem Toxicol, 2014, 70: 241-251.
- [17] Kumar V, Sinha AK, Rodrigues PP, et al. Linking environmental heavy metal concentrations and salinity gradients with metal accumulation and their effects: a case study in 3 mussel species of Vitória estuary and Espírito Santo bay, Southeast Brazil[J]. Sci Total Environ, 2015, 523: 1-15.
- [18] Tessier L, Vaillancourt G, Pazdernik L. Comparative study of the cadmium and mercury kinetics between the short-lived gastropod *Viviparus georgianus* (Lea) and pelecypod *Elliptio complanata* (Lightfoot), under laboratory conditions[J]. Environ Pollut, 1994, 85(3): 271-282.
- [19] 江天久, 徐轶肖, 冷科明. 深圳市场水产品中重金属与农药的含量及评价[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 2005, 26(3): 417-421.
- [20] 林美金. 深圳市售贝类重金属含量调查与评价[J]. 河北农业科学, 2010, 14(5): 91-94.
- [21] 张秦蕾. 深圳市售生鲜水产品中重金属的风险评估[J]. 广东化工, 2015, 42(17): 71-72.
- (收稿日期: 2016-04-10; 录用日期: 2016-09-12)
(英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 陈姣)