

[11] 丁宏,崔生辉,权娅茹,等. 论新形势下的餐饮服务食品安全监测检验[J]. 中国药事,2011,25(6):527-530.

[12] 徐娇. 中国餐饮业卫生监督法规体系的现状与比较[J]. 中国食品卫生杂志,2008,20(1):15-18.

调查研究

烟台市海域水产品中重金属和砷污染状况调查

王茂波¹,刘正毅¹,李静¹,于涛¹,于树涛¹,田云龙¹,刘海韵¹,王曰雷¹,丁晖²,李国忠²,张建军¹

(1. 烟台市疾病预防控制中心,山东 烟台 264003;2. 烟台市卫生监督所,山东 烟台 264000)

摘要:目的 了解烟台市黄、渤海海域常见海产品中重金属含量状况。方法 利用原子荧光法及原子吸收分光光度法测定海产品中 Hg、Cd、Pb、As、Sb 的含量,采用方差分析、单因子污染指数法、金属污染指数法对测定结果进行分析与评价,并将测定结果与其他地区进行比较。结果 海产品样品均检出重金属,各类海产品之间重金属含量差异显著;笔管蛸、桃花蛸、扇贝丁、爬虾、螃蟹 5 种海产品 Cd 超标,蛭子 As 超标,其余未超标;螃蟹、爬虾、桃花蛸、笔管蛸及蛭子对重金属富集能力较强。结论 烟台市海域海产品中 Hg、Cd、Pb、Sb 几种金属及砷的含量有差异,其中 Cd、As、Pb 污染状况较为严重,提示应高度重视近海海域环境污染问题。

关键词:海产品;重金属;砷;污染

中图分类号:R155.5 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2012)01-0067-04

Investigation on the contamination of some heavy metals and arsenic in marine products originated from Yantai sea areas

Wang Maobo, Liu Zhengyi, Li Jing, Yu Tao, Yu Shutao, Tian Yunlong,

Liu Haiyun, Wang Yuelei, Ding Hui, Li Guozhong, Zhang Jianjun

(Yantai Center for Disease Control and Prevention, Shandong Yantai 264003, China)

Abstract: Objective To investigate the contamination status of heavy metals in common marine products originated from the yellow sea and bohai sea areas in Yantai. **Methods** The levels of Hg, Cd, Pb, As and Sb in marine products were determined by Atomic Fluorescence and Atomic Absorption Spectrophotometry. The results were analyzed and evaluated by variance analysis, single factor pollution index and metal pollution index, and the results were compared with those from other sea areas. **Results** The average levels of Hg, Cd, Pb, As, Cu and Sb in marine products were 0.044mg/kg, 0.602mg/kg, 0.258mg/kg, 0.167mg/kg, 7.934mg/kg, and 0.0063mg/kg respectively. The severity of contamination of heavy metals was different in various marine products. The contamination of Cd evaluated by single factor pollution index was the worst. The average levels of Cd in squid, short-leg octopus, scallop, edible mantis shrimp, crab and the average levels of As in razor clam were impermissibly high. The average levels of other heavy metals based on the evaluation with the metal pollution index were normal. The abilities of accumulating heavy metals of crab, edible mantis shrimp, short-leg octopus, squid and razor clam were more intensive in comparison with other marine products. **Conclusion** The distribution of Hg, Cd, Pb, As and Sb in marine products in the yellow sea and bohai sea areas was uneven. The contamination of Cd, As and Pb was especially bad, which indicated that much attention should be devoted to the problem of environmental pollution in offshore and coastal zones.

Key words: Marine products; heavy metal; arsenic; pollution

近年来,随着烟台市工商业的迅速发展,含重金属的废物随地表径流聚集到近海被积累起来,对海产养殖业可能造成的危害应引起足够的重视。

因此,加强对海产品化学污染物,尤其是对有害重金属的监测很有必要。本研究测定了烟台市常见海产品中汞(Hg)、镉(Cd)、铅(Pb)、砷(As)、锑(Sb)的含量,并对结果进行了分析与评价,为掌握烟台市海产品重金属污染的现状不同海产品的生物体富集作用,为海产养殖业环境保护政策的制定提供科学依据。

收稿日期:2011-07-04

作者简介:王茂波 男 硕士 主任医师 研究方向为疾病预防控制、公共卫生 E-mail:ytwmb@sina.com

1 材料与方法

1.1 样品采集

2003 年 10 月至 2007 年 11 月期间,在烟台市八角、东口、西口、养马岛及地方港 5 个采样点随机采集 15 种共 452 份海产品,其中,鱼类 4 种:鲳鱼、刀鱼、鲅鱼、黄花鱼;软体动物 4 种:笔管蛸(学名:日本枪乌贼)、桃花蛸(又名:短腿章鱼)、海参、海肠;甲壳类 3 种:虹虾、爬虾(学名:口虾蛄)、螃蟹;贝类 4 种:扇贝、花蛤(菲律宾蛤仔)、飞蛤(学名:中国蛤蜊)、蛏子(学名:缢蛏)。

每种海产品于各捕捞季节先后采集 2~3 次,且每次采集时间间隔 2 周以上。采样过程中为减少样品的重金属污染环节,在捕捞地仅采集刚捕捞上岸的海产品,在集市所采集的海产品必须新鲜且放置于盛有海水的容器中。

1.2 检测方法

Hg:根据 GB/T 5009.17—2003《食品中总汞及有机汞的测定》规定,采用原子荧光法测定;Pb:根据 GB/T 5009.12—2003《食品中铅的测定》规定,采用原子吸收光谱法测定;As:根据 GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》;Sb:根据 GB/T 5009.137—2003《食品中锑的测定》规定,采用氢化物原子荧光光谱法测定;Cd:根据 GB/T 5009.15—2003《食品中镉的测定》规定,以火焰原子吸收法测定。

1.3 评价方法及标准

1.3.1 限量标准

按照 GB 2762—2005《食品中污染物限量》,鱼类 $Pb \leq 0.5 \text{ mg/kg}$, $Cd \leq 0.1 \text{ mg/kg}$, $As \leq 0.1 \text{ mg/kg}$;鱼类及其他水产品 $Hg \leq 0.5 \text{ mg/kg}$;贝类、虾蟹类及其他水产品 $As \leq 0.5 \text{ mg/kg}$ 。对于 GB 2762—2005 中无对应限量值的,参照 NY 5073—2006《无公害食品 水产品中有毒有害物质限量》,甲壳类 $Pb \leq 0.5 \text{ mg/kg}$, $Cd \leq 0.5 \text{ mg/kg}$;贝类与头足类 $Pb \leq 1.0 \text{ mg/kg}$, $Cd \leq 1.0 \text{ mg/kg}$ 。此外,将香港公众健康与市政服务条例(PHMSO)评价标准作为海产品中 Sb 的最高限量值,为 1.0 mg/kg 。

1.3.2 单因子污染指数法

利用单因子污染指数法^[1]来评价海产品中各种重金属的污染状况。单因子污染指数法的计算公式为:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中, P_i 表示 i 污染因子的质量分指数, C_i 表示 i 污染因子的检测数据, S_i 表示 i 污染因子的评价标准。

当 $P_i < 0.2$ 时,表明重金属浓度处于正常的背

景值范围内; $0.2 \leq P_i \leq 0.6$ 时,表明处于轻污染水平; $0.6 < P_i < 1.0$ 时,为中度污染水平; $P_i \geq 1.0$ 时,则为重污染水平。

1.3.3 金属污染指数法

采用金属污染指数(X_{MPI})^[2]对各种海产品中重金属含量进行综合评价,比较不同海产品之间对所检测重金属的总含量及富集能力的差异性,指数值越大表明该海产品对重金属的富集能力越强。 X_{MPI} 的计算公式为:

$$X_{MPI} = \sqrt[n]{C_1 \times C_2 \times C_3 \cdots \times C_n}$$

式中, C_n 表示样品中 n 污染因子的浓度。

1.4 数据分析

将数据经过整理、分类汇总后,用 SPSS13.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果

2.1 重金属含量

所有海产品中均检出重金属 Hg、Cd、Pb、Sb 和 As。其中,桃花蛸的 Cd 含量高于其他海产品($P < 0.05$)。各种海产品中 Hg、Pb、Sb 和 As 的含量虽差异较小,但花蛤中 Hg 含量高于其他海产品($P < 0.05$);螃蟹的 Pb 含量高于其他海产品($P < 0.05$);蛏子中 As、Sb 的含量高于其他海产品($P < 0.05$),见表 1。

Hg、As、Sb 含量,贝类海产品高于其他类别海产品($P < 0.05$),其中鱼类海产品 As 含量最低($P < 0.05$);Cd 含量,鱼类海产品最低($P < 0.05$),软体类海产品高于鱼类及贝类($P < 0.05$);对于 Pb 元素,甲壳类海产品含量高于软体动物及贝类($P < 0.05$),见表 2。

2.2 重金属超标情况

笔管蛸、桃花蛸、扇贝丁、爬虾、螃蟹 5 种海产品 Cd 超标,蛏子 As 超标,其余未超标。但部分品种海产品中的 Cd、Pb、As 超标份数较多,其中, Cd:爬虾(29/30) > 桃花蛸(28/29) > 笔管蛸(23/26); Pb:螃蟹(14/33) > 鲅鱼(5/30) > 爬虾(4/30) = 洪虾(4/30); As:蛏子(17/30) > 飞蛤(12/30) > 鲳鱼(10/30) > 黄花鱼(7/30)。

2.3 单因子污染指数评价结果

爬虾、桃花蛸、笔管蛸、扇贝丁、螃蟹 Cd 的 P_i 值均 > 1.0 ,处于严重污染水平,其中爬虾的 P_i 值高达 3.93,受 Cd 的污染最为严重;鲳鱼、黄花鱼 Cd 的 P_i 值 > 0.6 ,达到中度污染水平;刀鱼、鲅鱼 Cd 的 P_i 值 > 0.2 ,也达到了轻度污染水平;仅海参、海肠及虹虾 Cd 含量处于正常水平。

2.4 重金属含量综合评价结果

据各种海产品重金属总含量的综合评价分析结果,螃蟹的 X_{MPI} 最大,为0.131,富集各种重金属的能力强于其他海产品,其次为爬虾与桃花蛸, X_{MPI} 值分别为0.129和0.118,而海参、海肠、飞蛤、洪虾及鱼类的 X_{MPI} 值相对较小,对重金属富集能力较弱,其中海参的富集能力最弱, X_{MPI} 值仅为0.011。见图1。

表1 各种海产品重金属含量

Table 1 The content of heavy metals in common marine products($\bar{x} \pm s$, mg/kg)						
样品名称	份数	Hg	Cd	Pb	As	Sb
笔管蛸	26	0.018 ± 0.002	2.020 ± 0.167	0.311 ± 0.031	0.138 ± 0.013	0.0056 ± 0.0009
桃花蛸	29	0.040 ± 0.004	2.500 ± 0.151 ^a	0.343 ± 0.043	0.137 ± 0.010	0.0048 ± 0.0004
扇贝丁	30	0.017 ± 0.001	1.045 ± 0.089	0.346 ± 0.024	0.125 ± 0.011	0.0035 ± 0.0007
海参	34	0.005 ± 0.001	<0.005	0.118 ± 0.012	0.045 ± 0.005	0.0012 ± 0.0002
海肠	30	0.011 ± 0.001	0.051 ± 0.009	0.164 ± 0.022	0.182 ± 0.008	0.0087 ± 0.0004
鲳鱼	30	0.016 ± 0.001	0.070 ± 0.017	0.258 ± 0.031	0.097 ± 0.010	0.0074 ± 0.0008
刀鱼	30	0.031 ± 0.004	0.031 ± 0.006	0.222 ± 0.025	0.051 ± 0.005	0.0043 ± 0.0007
鲅鱼	30	0.014 ± 0.001	0.047 ± 0.016	0.294 ± 0.041	0.038 ± 0.004	0.0026 ± 0.0005
黄花鱼	30	0.025 ± 0.003	0.068 ± 0.015	0.326 ± 0.063	0.076 ± 0.008	0.0023 ± 0.0005
虹虾	30	0.028 ± 0.002	0.072 ± 0.016	0.234 ± 0.029	0.189 ± 0.038	0.0049 ± 0.0004
爬虾	30	0.039 ± 0.003	1.965 ± 0.166	0.268 ± 0.047	0.228 ± 0.020	0.0075 ± 0.0006
螃蟹	33	0.049 ± 0.004	1.065 ± 0.121	0.470 ± 0.057 ^a	0.184 ± 0.013	0.0087 ± 0.0006
花蛤	30	0.330 ± 0.019 ^a	0.165 ± 0.020	0.106 ± 0.004	0.015 ± 0.001	0.0037 ± 0.0006
飞蛤	30	0.021 ± 0.004	0.062 ± 0.004	0.190 ± 0.032	0.477 ± 0.065 ^a	0.0003 ± 0.0002
蛭子	30	0.020 ± 0.001	0.145 ± 0.007	0.223 ± 0.013	0.530 ± 0.022 ^a	0.0300 ± 0.0013 ^a
合计	452	0.044 ± 0.004	0.602 ± 0.044	0.258 ± 0.010	0.167 ± 0.009	0.0063 ± 0.0004

注:a 与其他类相比, $P < 0.05$ 。

表2 各类别海产品重金属平均含量

Table 2 The content of heavy metals in all types of marine products ($\bar{x} \pm s$, mg/kg)					
样品种类	Hg	Cd	Pb	As	Sb
鱼类	0.021 ± 0.001	0.054 ± 0.007 ^{ab}	0.275 ± 0.021	0.066 ± 0.004 ^a	0.004 ± 0.0004
软体动物	0.018 ± 0.002	1.065 ± 0.116	0.227 ± 0.016 ^c	0.122 ± 0.007	0.005 ± 0.0003
甲壳类	0.039 ± 0.002	1.035 ± 0.104	0.328 ± 0.029	0.200 ± 0.014	0.007 ± 0.0004
贝类	0.097 ± 0.013 ^a	0.354 ± 0.043 ^b	0.217 ± 0.013 ^c	0.287 ± 0.027 ^a	0.009 ± 0.0011 ^a

注:a 与其他类相比, $P < 0.05$;b 与软体动物相比, $P < 0.05$;c 与甲壳类相比, $P < 0.05$ 。

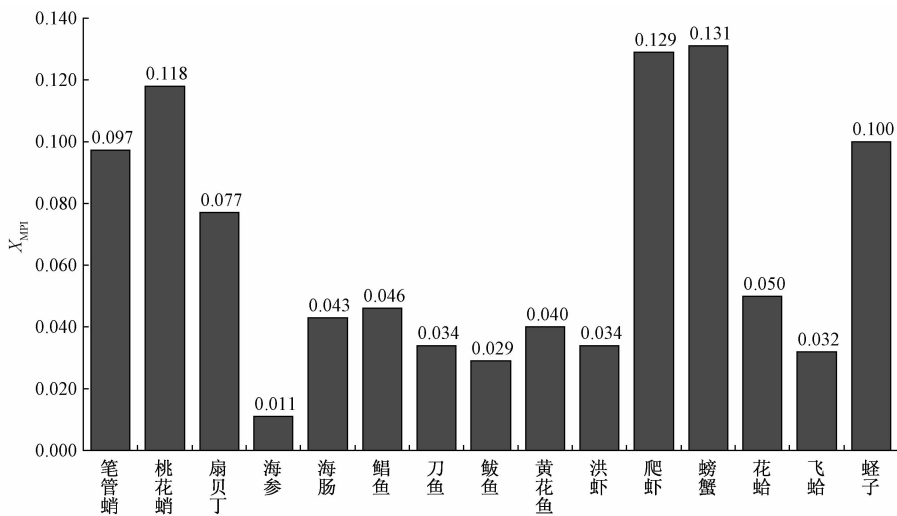


图1 各海产品间重金属含量综合评价差异

Figure 1 Comprehensive assessment on the content of heavy metals in each kind of marine product

3 讨论

3.1 历年海产品污染监测情况

据2001年的调查^[3]显示,烟台近海域生物残毒含量变化与20世纪80年代的历史资料比较无显著变化。虽烟台近岸海域大部分区域的生物未受到重金属的明显污染,但烟台市近岸海域软体类生物

对 Cd、Hg 的残毒含量已经开始增大。

3.2 烟台海域与其他海域海产品重金属含量比较

烟台海域的 Hg 含量,甲壳类略高于珠江口^[4-5],贝类高于珠江口及浙江沿岸^[6],略低于温州湾^[7];Cd 含量,鱼类低于胶州湾^[8]及湛江海域^[1],但高于珠江口和大亚湾海域^[9],软体动物及甲壳类远高于其他海域;Pb 含量,鱼类高于珠江口,与湛江和大亚湾海域相近,软体动物略高于珠江口,与湛江海域相近,甲壳类远高于珠江口。

3.3 Hg 污染状况

花蛤 Hg 含量处于中度污染水平,且显著高于其他海产品。烟台近海域 Hg 的含量从 1997 年至 2008 年有持续增高的趋势^[10],陆源性污染应是主要原因。

3.4 Cd 污染状况

软体动物与甲壳类海产品 Cd 超标现象最为严重,其中笔管蛸、桃花蛸、扇贝丁、爬虾、螃蟹均处于严重污染水平,桃花蛸 Cd 含量显著高于其他海产品。经单因子污染指数评价,爬虾的 P_i 值最高,Cd 污染状况最严重,且爬虾 X_{MPI} 值最高,表明对 Cd 的富集能力相对较强。此外,软体动物及甲壳类海产品 Cd 平均含量远高于其他海域。

3.5 Pb 污染状况

鱼类及甲壳类海产品 Pb 超标率较高,尤其是螃蟹超标率最高,且螃蟹 Pb 含量明显高于其他海产品,同时,甲壳类海产品 X_{MPI} 值较高,提示其对 Pb 的富集能力较强。经单因子污染指数评价,螃蟹、黄花鱼 Pb 含量已达到中度污染水平,而扇贝丁、笔管蛸、桃花蛸、鲳鱼、刀鱼、鲅鱼、虹虾、爬虾及蛭子 Pb 含量也已处于轻度污染水平。此外,鱼类及甲壳类海产品 Pb 含量与湛江海域同类海产品 Pb 含量调查结果相符,呈轻度污染状态^[1]。

3.6 As 污染状况

蛭子 As 含量最高,超标情况较严重,并具有较高的 X_{MPI} 值,飞蛤、鲳鱼及黄花鱼 As 含量属于中度污染水平,笔管蛸、桃花蛸、扇贝丁、海肠、刀鱼、鲅鱼、虹虾、爬虾及螃蟹均达到轻度污染水平。

3.7 Sb 污染状况

我国尚未制定食物中 Sb 的允许量标准^[11]。所有海产品 Sb 含量均远低于 PHMSO 评价标准值,且经单因子污染指数评价,所有海产品 Sb 含量均处于正常值范围,暂不会对我市市民健康造成危害。

4 结论

Cd、Pb、As 超标情况较为严重,结果与 2004 年

中国近岸海域 Cd、Pb、As 等污染物在部分海洋生物体内的残留水平较高相一致^[12],鱼类较甲壳类、贝类及软体海产品污染相对较轻,原因可能为所监测鱼类为深海洄游鱼类,在近海海域生活时间较短,而监测的甲壳类、贝类及软体海产品则基本生活在烟台市近海海域。Cd 主要分布于爬虾与桃花蛸体内,Pb 主要分布于螃蟹与黄花鱼体内,As 主要分布于蛭子与飞蛤体内,另一方面,所有海产品中,爬虾(主要含 Cd、Pb)、螃蟹(主要含 Pb、Cd)与桃花蛸(主要含 Cd)污染相对较重,以上分析提示应高度重视近海海域环境污染问题。陆源污染物排海是造成烟台周边近岸海域环境污染和生态损害的主要原因^[13]。在发展经济的同时,应高度重视海域环境的保护,加强养殖区及捕捞区内对生活与工业废水的立法与管制^[14],加大资金和政策支持力度,大力推广生态渔业,加快重金属污染防治基础研究和污水回收再利用技术研发,加强科普教育和新闻宣传,增强企业和大众的环保意识。

参考文献

- [1] 黄长江,赵珍. 湛江港海域海产品中重金属残留及评价[J]. 汕头大学学报:自然科学版,2007,22(1):30-35.
- [2] YAP C K, LSMAIL A, TAN S G. Background concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Peninsular Malaysia [J]. Baseline/Marine Pollution Bulletin, 2003, 46(8):1043-1048.
- [3] 张云丽,李爱珠. 烟台市近岸海域生物残毒调查研究[J]. 甘肃环境研究与监测,2001,14(1):31-32.
- [4] 王增焕,李纯厚. 珠江口经济动物体内铜铅锌镉的含量[J]. 湛江海洋大学学报,2003,23(3):33-38.
- [5] 黄宏瑜,许悦生. 珠海市水产品中汞铅镉污染状况监测[J]. 中国公共卫生,1998,14(1):23-25.
- [6] 吕海燕,曾江宁. 浙江沿岸贝类生物体中 Hg、Cd、Pb、As 含量的分析[J]. 东海海洋,2001,19(3):25-30.
- [7] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第六分册)[M]. 北京:海洋出版社,1993.
- [8] 崔毅,陈碧鹃. 胶州湾海水、海洋生物体中重金属含量的研究[J]. 应用生态学报,1997,8(6):650-654.
- [9] 杨美兰,林钦. 大亚湾海洋生物体重金属含量与变化趋势分析[J]. 海洋环境科学,2004,23(1):41-66.
- [10] 中国国家海洋局. 2008 年中国海洋环境质量公报[S]. 2009.
- [11] 王岙,薄平. 石墨炉原子吸收法测定食品中锑[J]. 中国卫生检验杂志,2000,10(1):62-63.
- [12] 中国国家海洋局. 2004 年中国海洋环境质量公报[S]. 2005-01-09.
- [13] 丛培学. 烟台市周边海域主要污染源分析及治理对策[J]. 化学工程与装备,2009(9):110-113.
- [14] 方月华,邓志豪. 澳门地区 198 件甲壳类海产品中重金属含量报告[J]. 中国公共卫生,2001,17(6):533-534.