

南通市近岸海域主要海产品重金属残留监测与评价

吴建兰

(南通市环境监测中心站, 江苏 南通 226001)

摘要: 对南通市近岸海域捕捞的多获性鱼类 6 种, 甲壳类 2 种, 养殖的贝类 7 种, 藻类 2 种共 17 种海产品 158 份样品重金属残留进行调查分析。采用样品超标率、内梅罗综合污染指数等指标对海产品重金属残留状况进行综合评价, 结果表明, 南通市近岸海域海产品中人工养殖的贝类、藻类重金属污染大于捕捞的鱼类、甲壳类, 重金属及 As 在海产品中的残留为: Cd、As 污染 > Pb、Hg、Cu、Cr。

关键词: 重金属污染; 南通近岸海域; 贝类; 藻类; 鱼类; 甲壳类

中图分类号: X826 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2012)03-0047-05

Assessment on the Pollution of Heavy Metals in Seafood from Coast of Nantong

WU Jian-lan

(Nantong Environmental Monitoring Centre, Nantong, Jiangsu 226001, China)

Abstract: The 158 samples were analyzed for contents of heavy metal involving six kinds of fishes, two kinds of crustacean, seven kinds of aquaculture shellfish, and two kinds of aquaculture algae in along coast of Nantong. The heavy metal residues in those aquatic animals were evaluated by using Nemer Index and rate of over standard limits. The results showed that pollution of heavy metals in aquaculture sea animals was more serious than that in fishing sea animals. Concentrations of Cd and As were higher than that of Pb, Hg, Cu, and Cr in the seafood.

Key words: Heavy metal pollution; The coast of Nantong; Shellfish; Algae; Fish; Crustacean

南通地处黄海南部, 位于中国东部沿海走廊与长江入海口的交汇处, 拥有海岸线 206 km, 滩涂资源丰富, 海洋生物种类繁多。随着长江流域经济的快速发展, 大量污染物经长江入海口进入黄海, 栖息在近岸海域的生物首先受到污染。污染物中的重金属在海洋生物体内蓄积, 经食物链传递给人类, 对人类健康造成危害。而生物体中污染物的含量除了与生物对污染物的浓缩能力有关以外, 还与海域污染物的环境浓度密切相关^[1-6]。

近年来, 重金属对水产品的影响受到越来越多的关注^[7-8], 现对南通市沿海滩涂和近岸海域的多获性鱼类 6 种, 甲壳类 2 种, 贝类 7 种, 藻类 2 种共 17 种海产品 158 份样品重金属残留进行调查分析, 对其质量安全进行评价, 为保护南通市近岸海域生态环境, 指导人群安全食用海产品提供基础

信息^[9-11]。

1 调查方法

1.1 样品的采集

在南通洋口与吕四采集养殖的主要贝类 7 种 64 份样品, 主要藻类 2 种 12 份样品; 捕捞的多获性鱼类 6 种 59 份样品, 多获性甲壳类 2 种 23 份样品。根据样品个体大小, 每份样品个体数取 10 ~ 40 个不等, 现场用海水洗净, 装于聚乙烯塑料袋中, 立即运回实验室, 低温保存。

1.2 样品的分析

收稿日期: 2012-01-30; 修订日期: 2012-03-06

基金项目: 江苏省环境监测科研基金资助项目(1109)

作者简介: 吴建兰(1970—), 女, 江苏南通人, 高级工程师, 学士, 从事环境监测与环境科学研究工作。

鱼类和甲壳类去除内脏与骨骼或外壳,取肌肉部分;贝类取软组织部分。每份样品需包括 6 个以上大小相近的个体肌肉。所用器皿必须是塑料制品^[12]。根据《海洋监测规范 第六部分:生物体分析》对样品前处理:匀化组织、烘干、计算干重与干湿比,干燥后的样品用玛瑙研钵研碎,过 80~100 目的尼龙筛(Hg 用湿样测定,结果以干样中 Hg 含量来表示)。Cd、Cr、Pb、Cu 用硝酸-过氧化氢消化法对样品消化,石墨炉原子吸收分光光度法分析;Hg、As 用硝酸-高氯酸消化法对样品消化,原

子荧光法分析。

根据《海洋监测规范》生物体分析的质控要求,在分析样中随机抽取 40% 的平行样,按 10% 的比例插入 GBW 08573 黄鱼标准物质样品进行测试。

2 结果与评价

2.1 评价标准与方法

根据《农产品安全质量无公害水产品安全要求》(GB 18406.4-2001)进行评价,见表 1。

表 1 海产品重金属及 As 残留评价标准值
Table 1 Tolerance limit of heavy metal and As in the seafood

项目	Cd	Cr	Pb	Hg	Cu	As			
						鱼类	甲壳类	贝类	藻类
标准值	0.1	2.0	0.5	0.3	50	0.5	1.0	1.0	2.0

采用内梅罗综合污染指数法比较不同生物体重金属污染状况,内梅罗综合污染指数采用公式(1)(2)进行计算。

$$P_h = \sqrt{(P_i^2 + P_{max}^2) / 2} \quad (1)$$

式中: P_h ——综合污染指数;

P_{max} ——各单项指标中最高值;

\bar{P}_i ——各单项指标的均值。

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

式中: C_i ——重金属实测值 mg/kg;

S_i ——重金属评价标准值 mg/kg。

P_i ——单项重金属污染指数。

2.2 结果分析

4 类 17 种海产品监测统计结果见表 2。各重金属平行双样相对标准偏差为 4.3%~9.3%,满足分析结果所在数量级 10^{-6} 相对偏差允许限 15% 的要求,插入黄鱼标样各重金属的分析结果均满足规定的 uncertainty 要求。

表 2 海产品重金属及 As 残留监测统计值^①
Table 2 Statistical results of heavy metal and As in the seafood^①

种类	名称	样品数	样品超标率/%		$\omega / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$					
					Cd	Cr	Pb	Hg	Cu	As
鱼类	鲳鱼	13	7.7	平均值	—	—	0.05	0.034	1.21	0.33
				监测范围	0.01~0.025	—	0.01~0.22	0.01~0.07	0.7~3.5	0.09~0.84
	大黄鱼	6	0	平均值	—	—	0.04	0.040	0.97	0.28
				监测范围	—	—	0.01~0.10	0.01~0.09	0.7~1.2	0.16~0.49
	带鱼	8	12.5	平均值	0.02	—	0.06	0.060	0.89	0.34
				监测范围	—	—	0.01~0.22	0.02~0.15	0.7~2.0	0.10~0.55
	小黄鱼	20	10	平均值	0.04	—	0.06	0.061	1.07	0.37
				监测范围	0.01~0.66	—	0.01~0.21	0.02~0.15	0.7~2.5	0.10~0.97
	板鱼	6	0	平均值	—	—	0.04	0.050	1.90	0.24
				监测范围	—	—	0.02~0.10	0.02~0.09	0.7~3.2	0.08~0.41
	梅子鱼	6	0	平均值	—	—	0.04	0.060	2.10	0.23
				监测范围	—	—	0.03~0.11	0.02~0.19	0.7~4.8	0.08~0.37

续表

种类	名称	样品数	样品超标率/%	$\omega/(mg \cdot kg^{-1})$						
				Cd	Cr	Pb	Hg	Cu	As	
甲壳类	梭子蟹	6	16.7	平均值	0.07	—	0.05	0.030	14.7	0.81
				监测范围	0.02 ~ 0.33		0.04 ~ 0.09	0.01 ~ 0.04	3.8 ~ 21.6	0.61 ~ 1.01
	金钩虾	17	11.8	平均值	0.04	—	0.05	0.040	4.06	0.55
				监测范围	0.01 ~ 0.11		0.01 ~ 0.13	0.01 ~ 0.14	1.8 ~ 7.0	0.14 ~ 1.61
贝类	蛤蜊	6	16.7	平均值	0.09	—	0.47	0.018	1.47	0.53
				监测范围	0.025 ~ 0.192		0.44 ~ 0.53	0.01 ~ 0.02	0.7 ~ 1.9	0.45 ~ 0.66
	蛤子	11	27.2	平均值	0.34	0.98	0.14	0.043	2.62	0.92
				监测范围	0.04 ~ 1.36	未检出 ~ 5.8	0.10 ~ 0.36	0.01 ~ 0.13	0.7 ~ 3.8	0.72 ~ 1.73
	蚶子	6	50	平均值	0.22	—	0.18	0.040	1.12	1.09
				监测范围	0.01 ~ 0.45		0.10 ~ 0.28	0.02 ~ 0.06	0.7 ~ 2.2	0.74 ~ 1.59
	文蛤	17	58.8	平均值	0.46	—	0.14	0.037	4.65	0.76
				监测范围	0.01 ~ 4.8		0.04 ~ 0.54	0.01 ~ 0.11	0.7 ~ 8.6	0.23 ~ 1.25
	相思螺	6	16.7	平均值	0.07	—	0.08	0.035	5.75	0.42
				监测范围	0.02 ~ 0.192		0.07 ~ 0.09	0.02 ~ 0.05	1.7 ~ 9.8	0.39 ~ 0.46
	竹蛭	12	50	平均值	0.19	—	0.11	0.053	3.78	0.96
				监测范围	0.06 ~ 0.538		0.07 ~ 0.24	0.02 ~ 0.19	0.7 ~ 5.9	0.3 ~ 1.66
	泥螺	6	0	平均值	0.02	—	0.06	—	5.2	0.30
				监测范围	0.01 ~ 0.06		0.04 ~ 0.18		3.2 ~ 8.7	0.13 ~ 0.86
藻类	紫菜	6	33.3	平均值	0.21	—	0.19	0.118	13.1	1.11
				监测范围	0.05 ~ 0.52		0.10 ~ 0.45	0.02 ~ 0.29	1.6 ~ 23	0.54 ~ 2.4
	海带	6	0	平均值	—	—	0.10	0.060	0.90	1.59
				监测范围			0.01 ~ 0.36	0.02 ~ 0.10	0.7 ~ 1.0	0.04 ~ 1.92

①Cd、Cr、Pb、Hg、Cu、As 的最低检出限分别为 0.02 mg/kg、0.5 mg/kg、0.02 mg/kg、0.001 mg/kg、1.4 mg/kg、0.08 mg/kg，未检出的以 1/2 检出限参与计算，Cd、Cr、Pb、Hg、Cu、As 分别为：0.01 mg/kg、0.25 mg/kg、0.01 mg/kg、0.000 5 mg/kg、0.7 mg/kg、0.04 mg/kg。

由表 2 可见，南通市近岸海域海产品中，文蛤重金属残留样品超标率 58.8%，蚶子、竹蛭为 50%，蛤子、紫菜约为 30%，蛤蜊、相思螺、梭子蟹、金钩虾、带鱼、小黄鱼、鲳鳊鱼约为 10%，大黄鱼、板鱼、梅子鱼、泥螺、海带样品未出现重金属残留超标。17 种海产品中，文蛤、蚶子、竹蛭、蛤子和紫菜的重金属残留样品超标现象较严重。

以重金属污染最重的文蛤中 Cd 质量比为例 (0.46 mg/kg)。世界卫生组织/联合国粮食和农业组织的食品添加剂联合专家委员会 (JECFA) 推荐暂定人体每周耐受摄入量: Cd 为 0.007 mg/kg^[13]，消费者质量以 60 kg 计，健康成年人每周摄入文蛤不得 > 0.91 kg (不含壳质量)，中国居民膳食营养调查结果: 中国居民贝类的每日消费量为 30 g^[14]，正常食用文蛤不存在重金属方面的健康风险。由于其他海产品重金属污染 < 文蛤，其他重金属污染 < Cd。因此通过海膳食产品而摄取的重金属处于

安全范围，正常食用南通市近岸海域主要海产品，不存在重金属方面的健康风险。各种海产品重金属及 As 残留综合污染指数见图 1。

由图 1 可见，南通市近岸海域海产品重金属残留由大到小依次为: 文蛤 > 蛤子 > 蚶子 > 紫菜 > 竹蛭 > 蛤蜊 > 梭子蟹 > 海带 > 小黄鱼 > 相思螺 > 带鱼 > 鲳鳊鱼 > 金钩虾 > 大黄鱼 > 板鱼 > 梅子鱼 > 泥螺。文蛤、蛤子、蚶子、紫菜、竹蛭重金属综合污染指数 > 1.4，远高于其他 10 种海产品，重金属残留量相对较大。这除了与文蛤、蛤子、蚶子、紫菜、竹蛭对重金属的浓缩能力有关外，还与这 5 种海产品均为养殖类，移动能力差，生长位置固定在长江入海口的近岸滩涂水域有关。长江流域产生的大量污染物经此进入黄海后，逐步稀释降解，入海水域污染物浓度明显高于整个黄海水域，受栖息地长江入海水域环境影响，这 5 种海产品的质量相对较差。

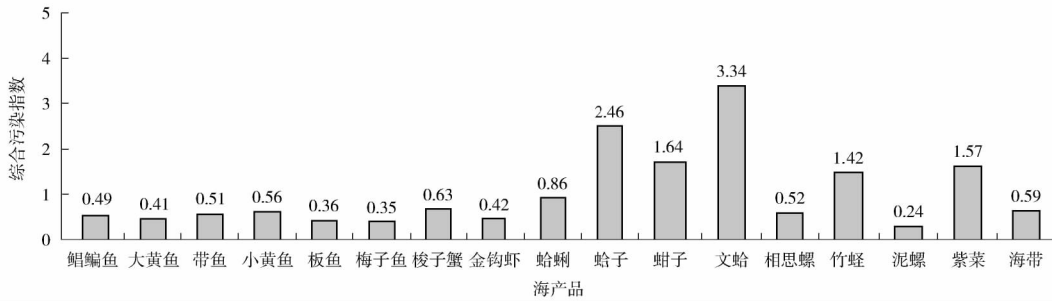


图 1 南通市近岸海域海产品重金属残留综合污染指数

Fig. 1 Comprehensive pollution index of heavy metal in the seafood from coast of Nantong

根据海产品的特性,采集的海产品包含了鱼、甲壳类、贝类、藻类 4 类,不同种类海产品统计评价结果见表 3。

表 3 不同种类海产品重金属及 As 残留统计评价结果^①

Table 3 Evaluation results of different kinds of heavy metals and As in the seafood

种类	样品数	$\omega / (\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$						综合污染指数	
		Cd	Cr	Pb	Hg	Cu	As		
鱼类	59	平均值	0.023	—	0.054	0.052	0.99	0.32	0.48
		监测范围	0.01 ~ 0.66		0.01 ~ 0.22	0.01 ~ 0.19	0.7 ~ 4.8	0.08 ~ 0.97	
		样品超标率/%	3.4	0	0	0	0	6.8	
		污染指数	0.228	0.125	0.107	0.172	0.020	0.643	
甲壳类	23	平均值	0.049	—	0.052	0.038	6.84	0.62	0.47
		监测范围	0.01 ~ 0.33		0.01 ~ 0.13	0.01 ~ 0.14	1.8 ~ 21.6	0.14 ~ 1.61	
		样品超标率/%	8.7	0	0	0	0	13.0	
		污染指数	0.49	0.125	0.103	0.126	0.137	0.62	
贝类	64	平均值	0.254	0.376	0.165	0.037	4.14	0.76	1.86
		监测范围	0.01 ~ 4.8	0.25 ~ 5.8	0.04 ~ 0.63	0.01 ~ 0.19	0.7 ~ 9.8	0.13 ~ 1.73	
		样品超标率/%	37.5	1.6	3.1	0	0	14.1	
		污染指数	2.539	0.188	0.331	0.123	0.083	0.762	
藻类	12	平均值	0.112	—	0.145	0.089	6.98	1.35	0.85
		监测范围	0.01 ~ 0.52		0.1 ~ 0.45	0.02 ~ 0.29	0.70 ~ 23.0	0.04 ~ 2.4	
		样品超标率/%	16.7	0	0	0	0	16.7	
		污染指数	1.12	0.125	0.290	0.297	0.140	0.68	

①Cd、Cr、Pb、Hg、Cu、As 的最低检出限分别为 0.02 mg/kg、0.5 mg/kg、0.02 mg/kg、0.001 mg/kg、1.4 mg/kg、0.08 mg/kg; 未检出的以 1/2 检出限参与计算, Cd、Cr、Pb、Hg、Cu、As 分别为: 0.01 mg/kg、0.25 mg/kg、0.01 mg/kg、0.0005 mg/kg、0.7 mg/kg、0.04 mg/kg。

由表 3 可见,南通市近岸海域海产品中鱼类的 Cd、Hg、Pb、Cu、As 平均值不超标, Cr 均值未检出,在采集的 59 份样品中, Cd 超标率为 3.4%, As 超标率为 6.8%, 其他 4 种重金属未出现超标; 甲壳类 Cd、Pb、Hg、Cu、As 平均值不超标, Cr 均值未检出; 在采集的 23 份甲壳类样品中, Cd 超标率为 8.7%, As 超标率为 13.0%, 其他 4 种重金属未出现超标; 贝类 Cd 平均值超标, Pb、Hg、Cu、As、Cr 平均值不超标; 在采集的 64 份贝类样品中, Cd 超

标率为 37.5%, As 超标率为 14.1%, Pb 超标率为 3.1%, Cr 超标率为 1.6%, Hg、Cu 未超标; 藻类 Cd、As 残留平均值超标, Hg、Cu 平均值不超标, Pb、Cr 均值为未检出; 在采集的 12 份藻类样品中, Cd、As 超标率均为 16.7%, 其他 4 种重金属未超标。海产品中 Cd、As 样品超标率远 > 其他 4 种金属, 可见南通市近岸海域海产品重金属及 As 残留中 Cd、As 危害 Pb、Hg、Cu、Cr。

由单项重金属污染指数可见, 鱼类重金属及

As 残留危害由大到小依次为 As > Cd > Hg > Cr > Pb > Cu; 甲壳类重金属及 As 残留危害由大到小依次为 As > Cd > Cu > Hg > Cr > Pb; 贝类重金属及 As 残留危害由大到小依次为 Cd > As > Pb > Cr > Hg > Cu; 藻类重金属及 As 残留危害由大到小依次为 Cd > As > Hg > Pb > Cu > Cr。

不同种类海产品重金属残留危害由大到小排序依次为贝类 > 藻类 > 鱼类 > 甲壳类, 养殖的贝类、藻类重金属污染大于捕捞的鱼类、甲壳类。

养殖的贝类、藻类生长位置相对固定在陆域附近, 陆域产生的大量污染物随地表径流经此进入大海, 贝类、藻类栖息地周围水域环境质量劣于远离大陆的海水水质, 这可能是造成养殖的贝类、藻类重金属污染 > 捕捞的鱼类、甲壳类一个主要原因。

“十一五”期间, 南通市近岸海域海水中重金属含量均达到《海水水质标准》(GB3097-1997) 一类标准, 沿海滩涂底泥重金属含量达到《海洋沉积物质量标准》的一类标准要求(《南通市 2006—2010 年环境质量报告书》), 海产品重金属及 As 残留中, Cd、As 超标相对较高, 除了与 Cd 毒性高, 控制的标准值低有关外, 可能还与生物对不同种类重金属的浓缩能力差异有关^[15]。

3 结论

(1) 南通市近岸海域海产品重金属残留由大到小依次为: 文蛤 > 蛤子 > 蚶子 > 紫菜 > 竹蛭 > 蛤蜊 > 梭子蟹 > 海带 > 小黄鱼 > 相思螺 > 带鱼 > 鲳鱼 > 金钩虾 > 大黄鱼 > 板鱼 > 梅子鱼 > 泥螺, 17 种海产品中, 文蛤、蛤子、蚶子、紫菜、竹蛭的重金属残留较高。

(2) 不同种类海产品重金属残留危害由大到小排序依次为贝类 > 藻类 > 鱼类 > 甲壳类, 养殖的贝类、藻类重金属污染程度高于捕捞的鱼类、甲壳类。

(3) 南通市近岸海域海产品重金属及 As 残留中, Cd、As 污染 > Pb、Hg、Cu、Cr。鱼类样品中, Cd 超标率为 3.4%, As 为 6.8%; 甲壳类样品中, Cd 超标率为 8.7%, As 为 13.0%; 贝类样品中, Cd 超标率为 37.5%, As 为 14.1%; 藻类样品中, Cd

超标率为 16.7%, As 为 16.7%。

(4) 与世界卫生组织/联合国粮食和农业组织的食品添加剂联合专家委员会(JECFA)推荐的暂定每周人体耐受摄入量比较, 通过膳食海产品而摄取的重金属量处于安全范围内, 正常食用南通市近岸海域主要海产品, 不存在重金属方面的健康风险。

[参考文献]

- [1] 高淑英, 邹栋梁. 湄洲湾生物体内重金属含量及其评价研究[J]. 海洋环境科学, 1994, 13(1): 39-45.
- [2] 李张伟, 郭婷子. 粤东拓林湾海产动物的重金属污染检测与评价[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(5): 664-667.
- [3] 崔毅, 辛福言, 马绍赛, 等. 乳山湾贝类体内重金属含量及其评价研究[J]. 海洋水产研究, 1997, 18(2): 46-54.
- [4] YAP C K, ISMAIL A. Background concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in the green-lipped mussel *perna viridis*(Linnaeus) from peninsular Myalaysia [J]. Baseline/Marine Pollution Bulletin 2003(46): 1043-1048.
- [5] 毕士川, 于慧娟, 蔡友琼, 等. 重金属 Cd 在不同水产品中的含量及其污染状况评价[J]. 环境科学与技术, 2009(8): 58-63.
- [6] 王晓丽, 孙耀, 张少娜, 等. 牡蛎对重金属生物富集动力学特性研究[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 1086-1096.
- [7] 王增焕, 李纯厚, 林钦, 等. 珠江河口经济动物体内铜铅镉的含量[J]. 湛江海洋大学学报, 2003, 23(3): 33-38.
- [8] 孙萍, 黄长江, 乔永民, 等. 汕头港及其邻近水域潮间带海产动物体内重金属污染的调查[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(4): 56-62.
- [9] 王化泉. 珠江口岸带和海涂资源综合调查研究文集[M]. 广州: 广东科技出版社, 1984: 132-141.
- [10] 利锋, 韦献革, 余光辉, 等. 佛山水道底泥重金属污染调查[J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(4): 12-14.
- [11] 彭涛, 陈蕾. 扬州古运河底泥重金属污染潜在生态危害评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(2): 41-43.
- [12] 陆超华. 南海北部海域经济水产品中重金属残留的调查研究[J]. 海洋环境科学, 1991, 10(2): 46-50.
- [13] 王增焕, 林钦, 王许诺, 等. 华南沿海贝类产品重金属元素含量及其安全性评价[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(6): 923-928.
- [14] 袁莎, 张志强, 张立实. 我国食品污染限量标准与 CAC 标准的比较研究[J]. 现代预防医学, 2005, 32(6): 587-589.
- [15] 宋树林, 赵德兴. 薛家岛湾生物体中有害物质的含量和评价[J]. 黄渤海海洋, 1991, 9(3): 59-63.

声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中, 以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我编辑部上述声明。