

北部湾海产品中重金属元素的测定及评价

刘守廷¹, 蒋天成¹, 罗平¹, 莫达松¹, 李健¹, 龙智翔¹, 唐琼², 倪湖权²

(1. 广西分析测试研究中心, 广西南宁 530022) (2. 广西大学化学化工学院, 广西南宁 530004)

摘要: 采集 94 个北部湾沿海不同区域、不同季节、不同品种的海产品, 用微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定砷、铅、汞、镉、铬、锡、锑、铜、铝等 9 种重金属元素的含量, 以了解广西北部湾海产品是否受到重金属污染。测定结果表明, 海产品中镉含量平均合格率为 55%, 应是污染所致, 无机砷、铅、汞、铬、铜、铝含量平均合格率在 89%~96% 之间, 受污染程度较轻, 而锡、锑含量合格率为 100%, 未受污染。

关键词: 北部湾海产品; 重金属; 污染; 测定及评价

文章编号: 1673-9078(2013)4-853-857

Determination and Evaluation of Heavy Metal Elements in Seafood of Chinese Northern Bay

LIU Shou-ting¹, JIANG Tian-cheng¹, LUO Ping¹, MO Da-song¹,
LI Jian¹, LONG Zhi-xiang¹, TANG Qiong², Ni Hu-quan²

(1. Guangxi Center of Analysis and Test Research, Nanning 530022, China)

(2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: To assess heavy metal pollution in seafood of Chinese Northern Bay, 94 seafood samples, collected from different regions, seasons and different varieties, were prepared with microwave-assisted digestion. The contents of arsenic, lead, mercury, cadmium, chromium, tin, antimony, copper and aluminum were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry. The results showed that, concedering cadmium content, only 55% samples were qualified. For inorganic arsenic, lead, mercury, chromium, copper and aluminum, 89%~99% samples were qualified. Determination of tin and antimony contents showed that 100% samples were qualified.

Key word: seafood in Chinese Northern Bay; heavy metal; pollution; determination and evaluation

广西北部湾海岸线长达 1500 多 km^[1], 其经济区沿海滩涂面积 1005 km², 20 m 水深以下的浅海滩涂 6488 km²[2], 是高生物量的海区, 也是中国著名的热带鱼场, 其丰富的渔业资源海产品是当地沿海老百姓主要经济支柱之一。当地的海产品味鲜质好, 不受污染, 其海鲜产品价格往往高出其它地方同类海鲜价格的三分之一及以上。近年来, 随着北部湾经济区的建设和开发, 其沿海地带拥有大小港口 21 个, 其中万吨以上的港口 5 个。中石油钦州千万吨炼油项目、中粮钦州粮油加工基地、斯达拉思索纸浆项目、千万吨防城港炼钢项目、防城港红沙核电站、广西金川铜镍冶炼项目、北海电子信息产业基地等一大批石化、冶金、能源、电子等大型和特大型建设项目相继在广西北部湾沿海开工、建设、投产。这些项目的相继投

产可能会对当地沿海海洋生态环境造成不同程度的影响和污染。影响沿海的渔业环境, 为此我们在 2009 年至 2012 年四年时间内, 对北部湾沿海地区的海产品, 分不同季节、不同地域、不同海产品种类进行采样, 对海产品中砷、铅、汞、镉、铬、锡、锑、铜、铝等重金属元素含量进行检测, 目前测定食品中重金属元素的文献报导有: ICP-MS 测定食品模拟物中的铅、镉、镍、钴、锌^[3]; 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定杏鲍菇中的 24 种元素^[4]等, 本文采用微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定北部湾海产品中重金属元素, 以了解海产品的污染情况, 引导消费者选择安全卫生的海产品, 并为相关部门在做好北部湾经济区的开发和发展经济的同时, 做好环境污染防治和监管工作提供参考依据。

收稿日期: 2012-09-28

基金项目: 广西科技基础条件平台建设项目 (NO. 07-105-002-01)

作者简介: 刘守廷 (1957-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 化学分析及大型仪器分析方法的研究

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品采集从 2009 年至 2012 年, 每年的 4 月至 5

月、8月至9月,分别在北海市南珠市场,钦州市东风市场,防城港市海珍市场,采集市场出售的鲜活海产品和干制海产品。部分鲜活海产品在海边码头采集。鲜活海产品有鱿鱼、墨鱼、章鱼、带鱼、花蟹、青蟹、斑节虾、明虾、弹虾、扇贝、生蚝、车螺、小螺、象鼻螺、带子、沙丁鱼、鲷鱼、海鳗鱼、马鲛鱼等51个样品。干制海产品有:干鱿鱼、干带鱼、干墨鱼、干虾仁、鲨鱼、红鱼、干金丝鱼、干海鳗鱼、螺干、蚝干、干马鲛鱼、干鱼柳等43个样品。采集的样品贴好标签,鲜活海产品放在有冰块的保温箱内保持冷藏,干制海产品常温放置。样品当天运回实验室,鲜活海产品存放于冰柜中冷冻(温度约为-18℃),干制海产品存放于1~2℃左右的冰箱冷藏层中。

1.2 样品处理

1.2.1 鲜活样品的处理

将冷冻的鲜活海产品解冻,鱼类洗净去头、尾、内脏,取可食部分,虾蟹贝类去壳去内脏,取可食部分,用超纯水洗净、沥干,用不锈钢搅拌机打成均匀肉浆,编号装袋,置于冰箱中冷藏备用。

1.2.2 干制样品的处理

将干制海产品鱼类洗净去头、尾,取可食部分,切成小块,干虾仁、干螺、干蚝类,去杂质取可食部分,用不锈钢小型粉碎机粉碎,编号装袋,置于冰箱中冷藏备用。

1.3 样品的消解

样品采用 $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ 体系消解,将冷藏样品取出放至室温,鲜样称取约3g,干样称取约0.5g置于聚四氟乙烯消解罐中,加少量超纯水湿润,加入6mL硝酸和3mL过氧化氢。用美国CEM公司AMRS型微波消解仪、选择合适的时间、温度、压力等参数条件消解样品,样品消解后应清亮(淡黄色不影响ICP-MS测定),用超纯水洗入25mL比色管中,定容至刻度,摇匀待测。同时做两个以上的空白试验。称取消解样品的同时,称取样品做水分含量,计算干基。

1.4 样品测定

1.4.1 主要仪器与试剂

X7 ICP-MS 电感耦合等离子体质谱仪,美国 Thermo Elemental 公司;纯水仪 Cascade AN,美国 PALL 公司(18.2 M Ω ·cm;硝酸(65%),过氧化氢(30%),国药集团化学试剂有限公司,优级纯;标准物质:铜(GSB G 62024-90)、砷(GSB G 62028-90)、镉(GBW08612)、铈(GSB G 62043-90)、汞(GSB G 62069-90)、铅(GBW08619)、铊(GBW08657)、铋(GSB 04-1745-2004)、金(GSB G 62068-90)、铝(GSB04-1713-2004)、锡(GSB G 62042-90)、铬

(GBW08614)等有证标准储备液,含量均为1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$;黄鱼成份分析标准物质(GBW08573)、扇贝成分分析标准物质(GBW10024)等国家标准物质。

ICP-MS 电感耦合等离子体质谱仪调谐溶液:Be(9),Co(90),In(115),Bi(209),U(238)浓度为10 $\mu\text{g}/\text{L}$,美国热电公司提供。

玻璃器皿用硝酸(65%)-水(1+2)溶液浸泡过夜,用水冲洗干净后,用超纯水冲洗。

1.4.2 标准系列溶液的配制

用5%的 HNO_3 介质将Cu、As、Al、Cd、Sb、Hg、Pb、Cr、Sn元素标准储备液逐级稀释,配制50mL混合标准系列(ng/mL),Cu、As、Al:5.00、10.0、20.0、50.0、100.0、200.0;Cd、Pb:5.00、10.0、20.0、50.0、100.0;Sb、Hg:1.00、3.00、5.00、10.0;Cr:5.00、10.0、20.0、50.0;Sn:1.00、5.00、10.0、20.0;空白溶液为5%的 HNO_3 ,在含有Hg的混标溶液中加入0.2mL1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的Au标准溶液^[5]。

采用钇、铈作为内标元素,逐级稀释成浓度20.0 ng/mL 使用,介质为5%(V/V) HNO_3 。

1.4.3 仪器测定条件

用ICP-MS电感耦合等离子体质谱仪调谐溶液对仪器各项指标进行调整,确定ICP-MS仪器测定条件如下:

入射功率:1250W;雾化器流量:0.85L/min;冷却器流量:13.0L/min;辅助气流量0.76L/min;采样锥孔径:1.0mm,截取锥孔径:0.7mm;扫描方式:跳峰;积分时间:1.0s;采集时间10s;CCT氦气流量5.0mL/min。

1.4.4 测量元素质量的选择

根据被测元素质量数同位素的丰度、测定溶液、受干扰情况以及测定标准物质的吻合度情况来选定被测元素的质量数。所选择被测元素的质量数分别为As(75)、Pb(208)、Cd(111)、Cr(52)、Hg(200)、Sn(120)、Al(27)、Sb(123)、Cu(63)。

1.4.5 质量控制

选择同类成分的国家标准物质黄鱼(GBW08573)、扇贝(GBW10024)作为质量控制样品。在每批次样品检测中,均称取黄鱼和扇贝两个标准物质一起消解溶样、定容、测定。根据标准物质黄鱼、扇贝的测定结果与标称值吻合程度来控制被测样品结果的准确性。

2 结果与讨论

2.1 测定结果合格与否的判定依据

GB2762-2005《食品中污染物限量》国家标准^[6]

对鱼贝类的限量指标分别为： $Pb \leq 0.5 \text{ mg/kg}$ 、 $Cd \leq 0.1 \text{ mg/kg}$ 、 $Cr \leq 2.0 \text{ mg/kg}$ 、无机砷 $\leq 0.5 \text{ mg/kg}$ 、甲基汞 $\leq 0.5 \text{ mg/kg}$ ，而未给出Cu、Sb、Al、Sn的限量指标。本文Cu采用新加坡鱼类的限量指标： $Cu \leq 20 \text{ mg/kg}$ （采纳时间：2011.4.15）；Sb采用香港鱼类限量指标： $Sb \leq 1 \text{ mg/kg}$ （采纳时间：1997.6.30）；Al采用GB2762-2005

中面食制品的限量指标： $Al \leq 100 \text{ mg/kg}$ ；Sn采用了《食品安全国家标准 食品中污染物限量标准（征求意见稿）编制说明》中提出的限量指标： $Sn \leq 250 \text{ mg/kg}$ 作为测定结果合格与否的依据。

2.2 测定结果与分析

表1 样品中Pb、As、Cd、Cr、Hg、Sb、Sn、Al、Cu含量的结果统计

Table 1 The statistic results of Pb, As, Cd, Cr, Hg, Sb, Sn, Al and Cu contents in the samples

测定元素 (限量标准)		测定结果		合格率 /%	平均合格率 (原样计)/%
		合格样品含量范围及个数	不合格样品含量范围及个数		
Pb (0.5mg/kg)	鲜样 51/个	原样 (0.006-0.305), n=51, \bar{X} =0.060	>0.5, n=0	100	93.6
		干基 (0.032-0.492), n=44, \bar{X} =0.207	(0.560-2.118), n=7, \bar{X} =1.093	86.3	
	干样 43/个	原样 (0.001-0.474), n=37, \bar{X} =0.165	(0.535-0.902), n=6, \bar{X} =0.693	86.1	
		干基 (0.001-0.415), n=35, \bar{X} =0.173	(0.565-1.156), n=8, \bar{X} =0.781	81.4	
As (30mg/kg)	鲜样 51/个	原样 (0.193-17.1), n=50, \bar{X} =4.074	(30.4), n=1, \bar{X} =30.4	98.0	90.4
		干基 (1.043-23.581), n=35, \bar{X} =9.68	(32.027-156.701), n=16, \bar{X} =59.207	68.6	
	干样 43/个	原样 (0.107-27.776), n=35, \bar{X} =7.93	(30.188-86.6), n=8, \bar{X} =56.85	81.4	
		干基 (0.146-29.608), n=33, \bar{X} =8.082	(32.774-110.742), n=10, \bar{X} =59.959	76.7	
Hg (0.5mg/kg)	鲜样 51/个	原样 (0.001-0.298), n=51, \bar{X} =0.045	>0.5, n=0	100	96.8
		干基 (0.001-0.446), n=48, \bar{X} =0.172	(0.697-1.475), n=3, \bar{X} =1.01	94.1	
	干样 43/个	原样 (0.001-0.328), n=40, \bar{X} =0.095	(0.60-5.515), n=3, \bar{X} =2.30	93.0	
		干基 (0.001-0.345), n=40, \bar{X} =0.113	(0.63-6.033), n=3, \bar{X} =2.56	93.0	
Cd (0.1mg/kg)	鲜样 51/个	原样 (0.001-0.098), n=26, \bar{X} =0.027	(0.119-1.890), n=25, \bar{X} =0.573	51	55.3
		干基 (0.002-0.092), n=17, \bar{X} =0.036	(0.124-10.161), n=34, \bar{X} =2.597	33.3	
	干样 43/个	原样 (0.006-0.078), n=26, \bar{X} =0.030	(0.132-2.026), n=17, \bar{X} =0.923	60.5	
		干基 (0.006-0.087), n=26, \bar{X} =0.036	(0.149-2.204), n=17, \bar{X} =1.042	60.5	
Cr (2.0mg/kg)	鲜样 51 个	原样 (0.001-0.203), n=51, \bar{X} =0.0295	>2, n=0	100	96.8
		干基 (0.001-1.410), n=51, \bar{X} =0.150	>2, n=0	100	
	干样 43/个	原样 (0.001-1.378), n=40, \bar{X} =0.267	(2.189-3.030), n=3, \bar{X} =2.474	93	
		干基 (0.001-1.75), n=40, \bar{X} =0.321	(2.316-3.149), n=3, \bar{X} =2.612	93	
Cu 新加坡 (20mg/kg)	鲜样 23/个	原样 (0.057-12.5), n=22, \bar{X} =2.28	(59.7), n=1, \bar{X} =59.7	95.7	89.2
		干基 (0.308-19.94), n=18, \bar{X} =6.41	(20.568-459.231), n=5, \bar{X} =106.071	78.3	
	干样 42/个	原样 (0.273-19.909), n=36, \bar{X} =4.286	(21.74-36.025), n=6, \bar{X} =28.191	85.7	
		干基 (0.304-16.899), n=35, \bar{X} =4.38	(21.068-43.103), n=7, \bar{X} =31.593	83.3	
Al (100mg/kg)	鲜样 51/个	原样 (0.001-75.1), n=50, \bar{X} =7.63	(300), n=1	98.0	94.7
		干基 (0.001-81.802), n=45, \bar{X} =19.63	(140.02-2083.33), n=6, \bar{X} =574.97	88.2	
	干样 43 个	原样 (0.001-91.936), n=39, \bar{X} =18.372	(113.338-221.572), n=4, \bar{X} =170.437	90.7	
		干基 (0.001-84.840), n=38, \bar{X} =19.28	(100.039-277.656), n=5, \bar{X} =185.58	88.4	
Sn (250mg/kg)	鲜样 51 个	原样 (0.001-0.246), n=51, \bar{X} =0.038	>250, n=0	100	100
		干基 (0.001-1.323), n=51, \bar{X} =0.196	>250, n=0	100	
	干样 43 个	原样 (0.001-0.530), n=43, \bar{X} =0.040	>250, n=0	100	
		干基 (0.001-0.589), n=43, \bar{X} =0.050	>250, n=0	100	
Sb 香港 (1mg/kg)	鲜样 51 个	原样 (0.001-0.208), n=51, \bar{X} =0.007	>1, n=0	100	100
		干基 (0.001-0.893), n=51, \bar{X} =0.033	>1, n=0	100	
	干样 43 个	原样 (0.001-0.269), n=43, \bar{X} =0.014	>1, n=0	100	
		干基 (0.001-0.343), n=43, \bar{X} =0.017	>1, n=0	100	

用 ICP-MS 测定 51 个鲜样及 43 个干样海产品中铅、砷、汞、镉、铬、铜、铝、锡、锑含量, 同时用重量法测定各样品水分, 计算干基。ICP-MS 测定砷和汞的结果为总砷和总汞, 从采集的样品中抽取了 18 个海产品, 其中鲜样海产品 9 个, 干样海产品 9 个, 用北京吉天仪器有限公司生产的 SA-10 形态分析仪, 测定其甲基汞^[7] (MeHg) 和无机砷^[8] ($As^{3+}+As^{5+}$) 含量。为比较不同区域海产品中甲基汞和无机砷的污染情况, 另采集了 5 个天津塘沽的海产品, 测定其甲基汞与无机砷含量, 两个不同区域的甲基汞含量无明显差异, 但北部湾海产品的均值稍偏高; 而无机砷也没有明显差异, 但均值与不合格率北部湾海产品的稍偏高。比较总汞与甲基汞、总砷与无机砷的测定结果发现, 海产品中总汞的含量基本上是甲基汞, 在要求不严格的情况下, 可以用总汞代替甲基汞的限量指标。总砷基本上是毒性较低的有机砷占主量^[9], 为了方便统计, 本文以总砷 ≤ 30 mg/kg 作为限量指标, 其统计的合格率与以无机砷限量指标统计的合格率基本吻合。按限量指标判定, 样品原样测定结果和干基结果、含量范围统计、平均值及样品数, 其合格率等见表 1, 甲基汞的测定结果、合格率及与总汞的比较见表 2, 无机砷的测定结果、合格率及与总砷的比较见表 3。

从表 1 测定统计结果与判定依据限量指标对结果进行分析:

铅平均合格率 (以原样计, 以下相同) 93.6%, 鲜原样合格率为 100%, 干制原样中, 有 6 个样品铅含量范围超限量值, 合格率为 86.1%, 属受到污染或是干制过程中带来污染。

铬和总汞平均合格率均为 96.8%, 鲜原样合格率均为 100%, 均有 3 个干制样品超限量值, 合格率均为 93%, 是受到污染或是干制过程中带来污染。测定 18 个样品甲基汞合格率为 100%。

镉平均合格率 55.3%, 94 个样品中超限量指标 42 个, 鲜原样镉超限量指标 25 个, 均值为 0.573 mg/kg, 超限量指标 5.7 倍, 干原样镉超限量指标 17 个, 均值为 0.923 mg/kg, 超限量指标 9.2 倍。应是受到环境污染所致。从测定结果 (表 1) 看, 鲜样合格率 51%, 干制样品合格率 60%, 其受污染的情况可排除是在干制过程中操作或机械、工艺带来的污染, 而是本身环境污染带来的影响。该测定结果及结论与曾小峰等人《北海市海产品污染状况及其健康风险评估》^[10]文中的测定结果和结论基本吻合。

铜和铝平均合格率分别为 89.2% 和 94.7%, 干原样分别有 6 个和 4 个超限量指标, 鲜原样均有 1 个超限量指标, 应是受到污染。

锡和锑合格率均为 100%, 属未受污染状态。

表 2 样品中甲基汞和总汞测定结果 (mg/kg)

Table 2 The statistic results of methyl mercury and total mercury contents in the samples

样品	甲基汞		总汞	
	原样	干基	原样	干基
北海干鱼柳	0.087	0.114	0.099	0.130
北海干章鱼	0.101	0.106	0.126	0.133
北海干鱿鱼	0.009	0.011	0.033	0.041
北海干墨鱼	0.135	0.140	0.146	0.152
北海干鲨鱼	0.104	0.177	0.128	0.218
北海干带鱼	0.041	0.055	0.134	0.180
北海弹虾(鲜)	0.019	0.117	0.024	0.148
北海带子(鲜)	0.005	0.027	0.009	0.049
北海鱿鱼(鲜)	0.044	0.254	0.052	0.301
北海墨鱼(鲜)	0.050	0.273	0.056	0.306
北海明虾(鲜)	0.015	0.069	0.018	0.083
北海泥鳅鱼(鲜)	0.074	0.329	0.078	0.347
北海罗鲷鱼(鲜)	0.070	0.259	0.077	0.325
北海八爪鱼(鲜)	0.038	0.173	0.043	0.358
北海红鱼(鲜)	0.284	1.406	0.298	1.475
防城港干虾仁	0.014	0.018	0.136	0.171
防城港干鱿鱼	0.018	0.023	0.083	0.106
防城港干章鱼	0.094	0.103	0.196	0.213
平均值	0.067	0.203	0.097	0.248
合格率	100%	94.4%	100%	94.4%
塘沽干墨鱼	0.037	0.040	0.052	0.056
塘沽干虾	0.150	0.154	0.160	0.164
塘沽鲜明虾	0.005	0.023	0.007	0.032
塘沽鲜冻带鱼	0.049	0.210	0.052	0.223
塘沽鲜冻章鱼	0.047	0.229	0.055	0.524
平均值	0.058	0.131	0.065	0.200
合格率	100%	100%	100%	80%

测定总砷的平均合格率为 90.4%, 94 个样品有 9 个超限量指标; 测定无机砷的平均合格率为 89%, 18 个样品中有 2 个超限量指标, 两者合格率基本吻合。其超限量指标的样品应是污染所致。在测定总砷的同时, 还用形态分析仪测定了有机砷 AsB、AsC、DMA、MMA 和无机砷 As^{3+} 和 As^{5+} , 测定结果总砷普遍较高, 主要是无毒的砷甜菜碱 (AsB), 其次是毒性较低的砷胆碱 (AsC)、三甲基胍氧 (TMAO)、二甲基胍酸 (DMA)、甲基胍酸 (MMA)^[11]。比较无机砷和总砷的测定结果, 总砷高, 无机砷也高的可能性较大, 但不是绝对相关。因此, 只有测定无机砷含量, 才能准确地判断其是否超限量指标。用形态分析仪测定 As^{3+}

和 As⁵⁺含量与用 GB/T5009.11-2003《食品中总砷及无机砷的测定》^[12] 测定同一样品无机砷的含量进行比较,发现形态分析仪测定的灵敏度高,而 GB/T 5009.11-2003 测定方法检出限为 0.04 mg/kg,灵敏度较低,两者结果比较,GB/T 5009.11-2003 测定无机砷的结果相对偏低。

表 3 海产品中无机砷和总砷测定结果 (mg/kg)

Table 3 The statistic results of inorganic arsenic and total arsenic contents in the samples

样品	无机砷(As ³⁺ +As ⁵⁺)		总砷	
	原样	干基	原样	干基
北海干鱼柳	0.041	0.054	1.891	2.485
北海干章鱼	0.402	0.452	76.408	80.854
北海干鱿鱼	0.063	0.079	27.049	33.811
北海干墨鱼	0.140	0.146	70.429	73.211
北海干鲨鱼	0.050	0.085	14.195	24.182
北海干带鱼	0.049	0.066	10.941	14.706
北海弹虾(鲜)	0.021	0.130	10.036	61.951
北海带子(鲜)	0.020	0.108	0.193	1.043
北海鱿鱼(鲜)	0.020	0.116	12.074	69.792
北海墨鱼(鲜)	0.011	0.060	5.861	32.027
北海明虾(鲜)	0.044	0.203	10.920	50.320
北海泥鳅鱼(鲜)	0.012	0.053	0.565	2.511
北海鰕鱼(鲜)	0.003	0.013	1.356	5.719
北海八爪鱼(鲜)	0.019	0.086	1.059	8.821
北海红鱼(鲜)	0.005	0.025	2.357	8.673
防城港干虾仁	0.115	0.144	8.102	10.153
防城港干鱿鱼	0.503	0.642	21.379	27.269
防城港干章鱼	1.670	1.820	26.781	29.141
平均值	0.177	0.238	16.755	29.815
合格率	89%	89%	88.9%	66.7%
塘沽干墨鱼	0.290	0.312	8.673	9.336
塘沽干虾	0.328	0.336	3.619	3.712
塘沽鲜明虾	0.000	0.000	0.303	1.375
塘沽鲜冻带鱼	0.024	0.109	0.975	4.186
塘沽鲜冻章鱼	0.007	0.061	0.517	4.919
平均值	0.130	0.164	2.817	4.706
合格率	100%	100%	100%	100%

3 结论

本文对北部湾海产品中 9 种金属元素含量进行测定,结果表明北部湾海产品受到了一定程度镉的污染,应是环境污染造成。而受其它元素砷、铅、汞、铬、铜、铝的污染较轻,未受锡和锑污染。为了更好地利用好北部湾这片海资源,我们建议海监部门、环保部门应加强沿海环境排放的监督管理,不要走污染后再治理的恶性循环老路。在做好北部湾经济开发的同时,做好环境保护,加大环境监测监管的执法力度,力保经济发展的同时,保护好环境。

参考文献

- [1] 广西地图院.广西地图册[M].长沙:湖南出版社,2007
- [2] 梁多煦,林兴志,王美彬.广西北部湾经济区工业发展的机遇及问题,对策初探[J].现代商业,2010,2:57-58
- [3] 罗海英,阮文红,陈意光,等.ICP-MS 测定食品模拟物中的铅、镉、镍、钴、锌[J].现代食品科技,2011,27(12):1527-1529
- [4] 罗晓茵,郭新东,柳华春,等.微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定杏鲍菇中的 24 种元素[J].现代食品科技,2012, 28(24):462-465
- [5] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].一部.北京:化学工业出版社,2005
- [6] GB 2762-2005.食品中污染物限量[S].
- [7] 蒋天成,刘守廷,高明义,等.高效液相色谱原子荧光联用测定广西北部湾海产品中汞的形态[J].现代仪器,2012,18(4): 17-20
- [8] 高杨,曹焯,余晶晶,等.高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术测定干海产品中砷化学形态[J].分析化学研究报告,2009,37(12):1738-1742
- [9] 桑正荣,吴炳英.关于海带,紫菜,虾皮,淡菜中无机砷,有机砷和总砷含量的调查报告[J].中国公共卫生,1986,5(2):10-13
- [10] 曾小峰,陈坚磊,刘强.北海海产品污染状况及其健康风险评估[J].应用预防医学,2012,18(1):37-39
- [11] 郝春莉,曹焯,荆淼,等.鱿鱼丝中砷的形态分析[J].分析科学学报,2007,23(6):621-623
- [12] GB/T5009.11-2003.食品中总砷及无机砷的测定[S].