

文章编号: 1674 - 5566(2011)06 - 0923 - 07

## 华南沿海贝类产品重金属元素含量特征及其安全性评价

王增焕, 林 钦, 王许诺, 李刘冬

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘 要:** 2009 年对华南沿海部分海域牡蛎、文蛤和江珧产品中重金属元素 Cd、Cu、Pb、As、Hg 和 Zn 的含量水平进行了分析, 对牡蛎样品中这些重金属元素的海域分布特征以及季节差异进行了讨论。统计结果表明, 不同海域、不同种类、不同养殖季节的贝类产品中重金属元素 Cd、Cu、Pb、As、Hg 和 Zn 的含量具有显著的差异。Cu、Zn 在牡蛎样品中的含量远远高于其在文蛤、江珧等样品中的含量。采用粗略的点估计方法, 计算重金属元素的膳食暴露量, 对贝类产品的食用安全性进行风险评估。评估结果显示, 对于成年人, 正常食用牡蛎、文蛤等产品, 重金属元素的膳食暴露量低于 JECFA 的推荐值, 处于安全范围。而食用同量的江珧产品, Cd 的摄入量超过 JECFA 的推荐值, 存在危害健康的风险。

**研究亮点:** 贝类含有大量的氨基酸、微量元素等成分, 备受国内外消费者的青睐。本文根据 2009 年对华南沿海部分海域牡蛎、文蛤和江珧产品的监测资料, 对这 3 类贝类产品中重金属元素的含量及分布特征进行了分析, 并对其产品质量及消费安全进行评价与风险评估。

**关键词:** 贝类; 重金属含量; 安全评价; 华南沿海

**中图分类号:** TS 201.6

**文献标志码:** A

贝类作为主要的水产品之一, 具有营养丰富、风味独特和食用方便等特点, 而且含有大量的氨基酸和微量元素等成分, 具有营养保健功能, 长期以来备受国内外消费者的青睐。近年来无论是生产规模还是贸易规模均呈现增长之势, 在世界水产品生产和贸易中的地位越来越重要。我国贝类品种多, 海水贝类养殖有牡蛎、文蛤、杂色蛤、扇贝、贻贝、蛭、蚶、鲍等 10 多种, 是我国水产品出口创汇的重要品种。由于贝类属于滤食性生物, 其生长位置相对固定, 海域环境对贝类产品的质量有很大影响, 甚至影响到贝类产品的消费安全。本文根据 2009 年对华南沿海部分海域牡蛎、文蛤和江珧产品的监测资料, 对这 3 类贝类产品中重金属元素的含量及分布特征进行了分析, 并对其产品质量及消费安全进行评价与风险评估。

### 1 材料与方法

实验用贝类为牡蛎、文蛤和江珧, 其中牡蛎

采集于广东南澳(50 个)、阳江(10 个)、茂名(10 个)和广西钦州(30 个)、防城(30 个), 文蛤采集于广西合浦(30 个), 江珧采集于广东湛江(10 个)。采样海域如图 1 所示。南澳、钦州、防城和合浦分别于 2009 年 5 月和 9 月进行了 2 次采样, 其它海域仅于 2009 年 5 月采样 1 次。所有样品均采集养殖海域内的成体产品。样品采集后现场用海水冲洗干净, 除去壳上附着物, 取出所有软组织和体液, 冰冻保存带回实验室。样品于实验室解冻后, 制成匀浆、待测。样品的采集、运输按照《海洋监测规范》(GB 17378—2007)<sup>[1]</sup>的规定进行。

样品的前处理与测定方法按《食品卫生检验方法理化部分》(GB/T 5009—2003)<sup>[2]</sup>规定操作进行。镉(Cd)、铜(Cu)、铅(Pb)和锌(Zn)采用干灰化法消解, 用日立 Z-2000 型塞曼效应原子吸收分光光度计测定含量。汞(Hg)和砷(As)采用 Milestone Ether plus 微波消解系统消解, 用吉天 AFS-9130 双道氢化物原子荧光光度计测定

收稿日期: 2011-02-21

修回日期: 2011-09-28

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2009TS20)

作者简介: 王增焕(1969—), 男, 硕士, 研究方向为海洋生态环境与水产品质量安全。E-mail: zh-wang@people.com.cn

含量。测定结果均以湿重表示。

分别采用 Surfer 软件和 Grapher 软件。

数据的统计分析采用 SPSS 软件,图形绘制

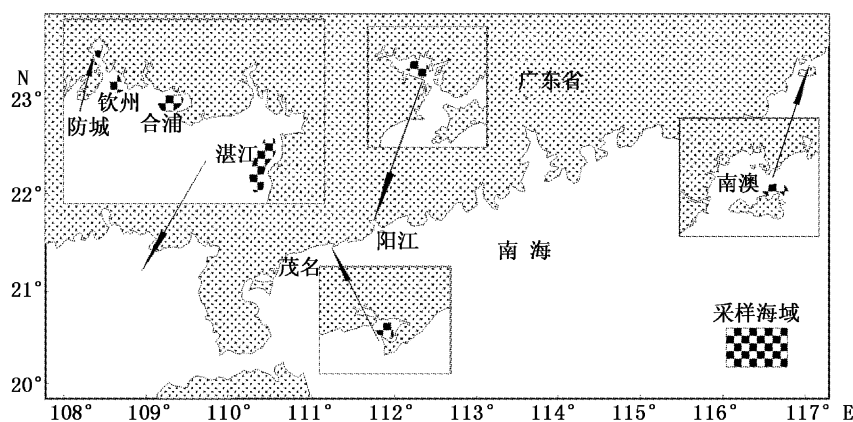


图 1 采样海域示意图

Fig. 1 Sampling site

## 2 结果与讨论

### 2.1 贝类样品重金属元素含量水平

贝类样品重金属元素 Cd、Cu、Pb、As、Hg 和 Zn 含量统计结果见表 1。从统计数据可以看出,不同种类、不同采样地点的贝类样品中重金属元素的含量差异很大。Cd 和 Pb 在江珧样品中的含量最高,其值分别为 4.38 mg/kg 和 0.83 mg/kg;在牡蛎样品中的含量次高,平均含量分别为 1.32 mg/kg 和 0.26 mg/kg;在文蛤样品中的含量最低,Cd 平均含量为 0.21 mg/kg, Pb 的含量低于 0.20 mg/kg。Cu、Hg 在牡蛎样品中的平均含量分别为 92.00 mg/kg 和 9.21  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 远远高于在文蛤和江珧样品中的含量;Cu 在文蛤和江珧样品中的含量比较相近,其值分别 1.19 mg/kg 和 1.53 mg/kg;Hg 在文蛤和江珧样品中的含量也比较接近,分别为 1.93  $\mu\text{g}/\text{kg}$  和 1.57  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。As 在牡蛎、文蛤和江珧 3 种贝类样品中的含量基本处于同一水平。Zn 在牡蛎样品中的含量远远高于在文蛤中的含量,其值分别为 268.00 mg/kg 和 12.70 mg/kg。

大量研究证实,生物体对重金属累积存在种间差异<sup>[3-4]</sup>,牡蛎对 Zn、Cu 的累积系数比其它生物高 1~2 个数量级<sup>[5-8]</sup>。对贝类体内重金属含量的研究结果显示,牡蛎样品中 Cu、Zn 的含量比

其在菲律宾蛤仔、泥蚶、缢蛏等样品中的含量高 8~10 倍<sup>[9-10]</sup>,牡蛎体内 Cu 和 Zn 的含量分别比在紫贻贝体内的含量高 32 倍和 40 倍<sup>[11]</sup>,牡蛎样品中 Cu 的含量比栉孔扇贝、杂色蛤、缢蛏、虾夷扇贝和贻贝中 Cu 的平均含量高数倍<sup>[12]</sup>。此次调查的结果也显示,牡蛎样品中 Cu 和 Zn 的含量显著高于文蛤、江珧等样品中的含量,表明了牡蛎比文蛤、江珧等其他贝类对 Cu、Zn 有更强的富集能力。

根据山东沿海贝类样品中 Cd 含量的调查<sup>[13]</sup>,不同的贝类品种,其样品中 Cd 的含量都很高、变化范围很大;在不同品种贝类之间,Cd 含量差异小。而此次华南沿海牡蛎、文蛤和江珧样品中 Cd 的含量则表现为,不同品种间 Cd 的含量差异显著,以江珧最高、牡蛎次之、文蛤最低。有研究表明,影响贝类体内重金属 Cd 含量的主要因素是水体中的重金属含量<sup>[14]</sup>,而模拟实验结果表明生物体内重金属 Cd 的含量随外部水体中 Cd 浓度的增大而增大<sup>[15-16]</sup>。在贝类中,扇贝、贻贝对 Cd 的富集明显<sup>[17-18]</sup>,其排出 Cd 的生物学半衰期要长于 Hg、Pb、As 等元素<sup>[19]</sup>。可以推断,品种不同不是华南沿海牡蛎、文蛤和江珧样品中 Cd 含量显著差异的主要原因,样品中 Cd 含量的高低更多与栖息环境、养殖海域等因素有关。

表 1 不同海域贝类样品重金属元素含量统计结果

Tab. 1 The statistics results of heavy metals contents in shellfish samples from different sampling sites

样品名称	采样地点	Cd /(mg/kg)	Cu /(mg/kg)	Pb /(mg/kg)	As /(mg/kg)	Hg /( $\mu$ g/kg)	Zn /(mg/kg)
牡蛎	南澳	0.47 $\pm$ 0.11	12.40 $\pm$ 3.56	0.34 $\pm$ 0.09	0.150 $\pm$ 0.025	10.70 $\pm$ 1.88	50.80 $\pm$ 5.21
	阳江	1.65 $\pm$ 0.41	88.60 $\pm$ 31.20	0.59 $\pm$ 0.62	0.019 $\pm$ 0.005	2.07 $\pm$ 0.25	-
	茂名	1.78 $\pm$ 0.17	40.30 $\pm$ 3.46	0.39 $\pm$ 0.12	0.035 $\pm$ 0.007	3.03 $\pm$ 0.40	-
	防城	1.96 $\pm$ 0.37	164.00 $\pm$ 62.20	0.23 $\pm$ 0.01	0.139 $\pm$ 0.018	16.40 $\pm$ 3.78	464.00 $\pm$ 134.00
	钦州	1.92 $\pm$ 0.26	166.00 $\pm$ 37.90	0.21 $\pm$ 0.01	0.160 $\pm$ 0.045	11.00 $\pm$ 3.05	678.00 $\pm$ 148.00
	平均	1.32 $\pm$ 0.73	92.00 $\pm$ 80.90	0.26 $\pm$ 0.12	0.110 $\pm$ 0.060	9.21 $\pm$ 5.43	268.00 $\pm$ 283.00
	范围	0.31 ~ 2.78	6.87 ~ 278.00	0.20 ~ 0.57	0.014 ~ 0.270	1.70 ~ 22.90	40.30 ~ 950.00
文蛤	合浦	0.21 $\pm$ 0.21	1.19 $\pm$ 0.84	<0.20	0.183 $\pm$ 0.044	1.93 $\pm$ 0.83	12.70 $\pm$ 2.15
	范围	0.08 ~ 1.76	0.73 ~ 2.93	<0.20	0.051 ~ 0.270	0.53 ~ 4.10	4.70 ~ 16.70
江珧	湛江	4.38 $\pm$ 2.68	1.53 $\pm$ 0.42	0.83 $\pm$ 0.32	0.056 $\pm$ 0.020	1.57 $\pm$ 0.16	-
	范围	0.41 ~ 6.30	1.16 ~ 2.09	0.41 ~ 1.13	0.360 ~ 0.080	1.34 ~ 1.72	-
平均		1.16 $\pm$ 1.04	66.30 $\pm$ 79.80	0.35 $\pm$ 0.16	0.120 $\pm$ 0.068	6.69 $\pm$ 5.59	145.00 $\pm$ 240.00
范围		0.08 ~ 6.30	0.73 ~ 278.00	0.20 ~ 1.13	0.014 ~ 0.270	0.53 ~ 22.90	4.70 ~ 950.00

注:“-”表示未检测,下同。

## 2.2 牡蛎重金属含量的分布特征

此次牡蛎样品采集于多个海域,重金属元素的含量见表 1。表中数据表明,不同的海域,牡蛎样品中重金属元素的含量有较大差异。Cd 以南澳海域牡蛎样品中的含量最低,其值为 0.47 mg/kg;其余海域牡蛎样品中 Cd 的含量很接近,其含量大约为 1.70 ~ 1.90 mg/kg,远远高于南澳海域牡蛎中 Cd 的含量。Cu 也是以南澳海域牡蛎样品中的含量最低,为 12.40 mg/kg,茂名海域牡蛎中 Cu 的含量为 40.30 mg/kg,也比较低。钦州和防城海域牡蛎样品中 Cu 的含量远远高于其它海域牡蛎的 Cu 含量,其值超过 160.00 mg/kg。Pb 在以防城和钦州海域牡蛎样品中的含量最低,其值约为 0.20 mg/kg,阳江海域牡蛎 Pb 含量最高,为 0.59 mg/kg。As 和 Hg 在阳江海域牡蛎样品中的含量最低,分别为 0.019 mg/kg 和 2.07  $\mu$ g/kg;茂名海域牡蛎中 As 和 Hg 的含量也较低,分别为 0.035 mg/kg 和 3.03  $\mu$ g/kg。As 以钦州海域牡蛎中的含量最高,为 0.160 mg/kg;Hg 以防城海域牡蛎中的含量最高,为 16.40  $\mu$ g/kg。Zn 以南澳海域牡蛎样品中的含量最低,钦州海域牡蛎样品中的含量高。

有研究表明,盐度变化可能影响重金属元素的形态,从而影响生物可利用性,牡蛎软体样品中 Cu 和 Zn 的含量有随海水盐度增加而减少的趋势<sup>[11,20]</sup>。此次调查海域盐度从高到低的变化顺序是南澳 > 茂名 > 阳江<sup>[21]</sup>、防城、钦州,这一顺序与调查海域牡蛎样品中 Cu、Zn 的含量从低到高的变化顺序(南澳 < 茂名 < 阳江 < 防城、钦州)

正好相反。另一方面,从调查海域及周边地理位置看,南澳海域是位于南海的海岛,茂名海域也直接与南海连接,而阳江、钦州和防城海域均属于内湾,且湾顶均有河流输入。越靠近河口盐度低,河水携带的污染物使水质受污染的可能性也越大。茂名海水和沉积物中 Cu 的含量分别为 4.45  $\mu$ g/L 和 10.6 mg/kg,阳江海域沉积物中 Cu、Zn 的含量分别为 32.5 mg/kg 和 92.6 mg/kg,钦州、防城海域海水 Cu、Zn 的含量分别为 8.68  $\mu$ g/L 和 42.6  $\mu$ g/L,沉积物中 Cu、Zn 的含量分别为 15.9 mg/kg 和 83.4 mg/kg。因此,华南沿海牡蛎样品中 Cu、Zn 含量的海域分布特征还可能与牡蛎生长水域的重金属污染程度有关。

Cd、Pb、As 和 Hg 是生命过程中的非必需元素,甚至是有毒元素。这 4 种元素在海水及沉积物中均有一定的含量,可以通过滤食进入牡蛎的体内,其含量通常相对较低。此次调查,牡蛎样品中 As 和 Hg 的含量都在较低的水平,Cd 除在南澳的牡蛎样品中含量较低,其余海域牡蛎样品中 Cd 的含量均比较高。Cd 具有与 Ca 很接近的离子半径,Cd 离子能够代替 Ca 离子进入牡蛎软体及壳组织内<sup>[20]</sup>。Ca 是生命必需的常量元素,在生物体内有很高的含量。在某些海域,如果海水中 Cd 的含量较高,Cd 则可能替代 Ca 而在生物体中有很高的含量。在河口区,牡蛎体内 Cd 的含量与沉积物中 Cd 的含量呈显著性相关,而 Cu、Zn 和 Pb 等元素的含量没有明显的相关性<sup>[22]</sup>。南澳海域沉积物 Cd 含量为 0.18 mg/kg,而在钦州、防城海域,沉积物中 Cd 含量为 0.22

mg/kg, 阳江海域沉积物 Cd 的含量为 0.27 mg/kg。受河流淡水输入的影响, 表层沉积物经过再悬浮进入上层水体, 水体 Cd 受到二次污染。受此影响, 钦州、防城、阳江等海域牡蛎样品中 Cd 的含量高于南澳海域牡蛎中 Cd 的含量。

### 2.3 重金属元素含量的季节差异

此次调查, 对南澳、防城、钦州海域的牡蛎和合浦海域的文蛤样品分别在 5 月和 9 月进行了 2 次采样。牡蛎与文蛤样品中重金属元素含量的季节差异如图 2 所示。统计结果显示, 南澳海域牡蛎样品中 Cu、Cd 和 Pb 的含量, 以及钦州海域牡蛎样品 Cu 的含量、合浦海域文蛤样品 Cd 的含量都存在季节差异。钦州海域牡蛎样品 Cd 含量、防城海域牡蛎样品中 Cu 和 Cd、合浦海域文蛤样品 Cu 和 Zn 的含量季节差异不显著。

有研究结果证明, 温度是影响水生动物累积重金属的重要因子, 重金属的吸收率随温度的升高而增加<sup>[11,23]</sup>。污染物质在贝类体内的积累和释放受生物因子(如种类、年龄、大小等)和环境因子(如温度、盐度、重金属浓度和形态等)等影响<sup>[24]</sup>。不同的季节, 海域的环境因子如温度、溶解氧、盐度等变化大, 水体的流动和交换性能差异大, 海水中重金属元素的存在形态等化学性质发生很大变化。这些因素都影响贝类对重金属元素的积累。此次调查牡蛎样品中 Cu、Cd 等元素的含量具有统计学意义上的季节差异, 由于贝类对重金属的积累是长期性的, 对华南沿海贝类产品中重金属元素含量的季节变化特征, 还有待于进一步的调查研究。

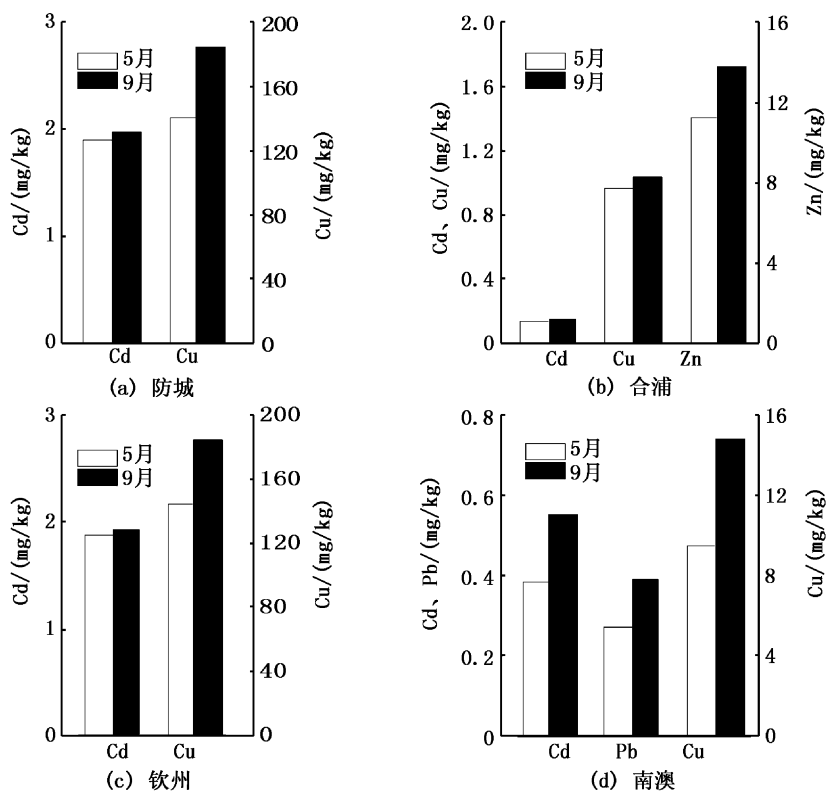


图2 贝类样品中重金属元素含量的季节差异

Fig. 2 The seasonal differences of heavy metal contents in shellfish samples

### 2.4 贝类产品质量评价与风险评估

牡蛎、文蛤等贝类, 不仅营养丰富、肉质鲜美, 有较高的经济价值, 而且具有很高的食疗药用价值, 是沿海地区重要的经济类水产品种。根据此次调查的结果, 与《中华人民共和国农业行

业标准无公害食品: 水产品中有毒有害物质限量》<sup>[25]</sup> 值相比, 贝类样品中铜、镉和铅的超标率分别为 39.5%、48% 和 1.1%。该标准规定了甲基汞而没有总汞的限量值, 此次调查贝类样品中总汞含量均低于甲基汞的限量值, 因此汞的含量没

有超标。与欧盟委员会关于食品中污染物最大限量值相比较,此次调查贝类样品中镉的超标率为 48%,铅、汞的含量低于最高限量值。与资料

数据<sup>[26-27]</sup>(表 2)相比,此次调查贝类样品中铜、铅和镉的含量尚处于正常的变化范围中。

表 2 贝类样品中重金属元素比较

Tab. 2 The comparisons of heavy metals contents in shellfish samples

样品名称	Cd /(mg/kg)	Cu /(mg/kg)	Pb /(mg/kg)	As /(mg/kg)	Hg /(μg/kg)	Zn /(mg/kg)	来源
牡蛎	1.35	92.7	0.36	0.112	9.21	268	本文
文蛤	0.21	1.19	<0.20	0.183	1.93	12.7	本文
江珧	4.38	1.53	0.83	0.056	1.57	-	本文
太平洋牡蛎	0.28	4.76	0.22	-	-	-	文献[26]
近江牡蛎	1.46	95.4	0.21	-	-	-	文献[26]
翡翠贻贝	0.28	1.44	0.33	-	-	-	文献[26]
菲律宾蛤仔	0.32	1.14	0.25	-	-	-	文献[27]

根据广东地区的水产品消费量<sup>[28]</sup>和中国居民膳食营养状况调查,考虑到贝类产品的食用频率低于鱼类等水产品的食用频率,取值 30 g 作为贝类产品的每日消费量。按照暴露量和暂定每周耐受摄入量(PTWI)公式<sup>[29]</sup>,计算重金属元素的每周摄入量,并与世界卫生组织/联合国粮食和农业组织的食品添加剂联合专家委员会

(JECFA)推荐的暂定每周耐受摄入量<sup>[30]</sup>比较。结果列于表 3。在污染物暴露量的计算中,参数的取值对暴露量有很大的影响,此处对参数的取值说明如下:贝类产品中各元素的含量为所有同类样品中元素含量的算术平均值;贝类产品的每日膳食消费量取 30 g,吸收率假设为 100%;消费者在此处仅考虑为成年人,体重取值 60 kg。

表 3 重金属元素每周暴露量结果(PTWI)

Tab. 3 The exposure results of heavy metals (PTWI)

样品名称	Cd	Cu	Pb	As	Hg	Zn	mg/kg
牡蛎	0.004 7	0.324	0.001 3	0.000 4	0.000 032	0.94	
文蛤	0.000 7	0.004	<0.000 7	0.000 6	0.000 007	0.04	
江珧	0.015 3	0.005	0.002 9	0.000 2	0.000 005	-	
推荐值	0.007	-	0.025	0.015 <sup>1</sup>	0.001 6 <sup>2</sup>	-	

注:1 为无机砷;2 为甲基汞。

从表 3 的结果看,健康成年人如果每周食用小于 210 g 的牡蛎或文蛤,重金属元素在体内的暴露量低于 JECFA 的推荐值,通过牡蛎或文蛤膳食而摄取的重金属处于安全范围。而每周食用同量的江珧产品,重金属元素 Cd 的摄入量将超出 JECFA 的推荐值。这意味着,消费者食用较多量的江珧产品,摄入的 Cd 的量超过安全范围,存在着危害健康的风险。

从表 3 的结果还可以发现,通过牡蛎的膳食,Cu、Zn 的摄入量比较高。国际食品添加剂和污染物法典委员会(CCFAC)第 26 届大会文件指出铜、铁指标与安全性无关,应作为预防脂质氧化的质量指标,即其限量值不应由 CCFAC 作为

污染物制定;同时锌也应作为质量指标而不应作为污染物指标<sup>[30]</sup>。由于 Cu、Zn 是生命过程中的必须微量元素,从此次调查的结果看,对牡蛎产品的正常食用,不存在健康风险。

### 3 小结

贝类品种不同,样品中重金属元素的含量差异很大。Cd 和 Pb 的含量从高到低的变化顺序为:江珧 > 牡蛎 > 文蛤;Cu 和 Hg 含量从高到低的顺序为牡蛎 > 文蛤 ≈ 江珧;As 在牡蛎、江珧和文蛤样品的含量比较相近,Zn 在牡蛎样品中的含量较高。在某些海域,贝类样品中重金属元素的含量也存在季节差异。

牡蛎样品中重金属元素的含量有较大的区域差异,其中 Cu、Zn 含量的海域分布特征与海域的环境状况有关,Cd 的含量变化可能与 Ca 离子有关,而 Pb、As 和 Hg 的含量变化可能与海域的污染状况有关。

对贝类产品质量的评价结果表明,华南沿海部分海域贝类样品 Cd 的含量超过产品限量标准值。与相关资料的比较,贝类样品中铜、铅和镉的含量尚处于正常的变化范围中。而风险评估的结果显示,每周食用适量的牡蛎和文蛤,重金属 Cd、Pb、Hg、As 等的膳食摄入量处于安全范围内,而对江珧需要控制食用量,降低危害健康的风险。

### 参考文献:

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. GB 17378—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009—2003, 食品卫生检测方法理化部分[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [3] 洪丽玉, 洪华生, 徐立, 等. 闽江口—马祖海域表层沉积物及沿岸养殖区生物体中的 Cu, Pb, Zn, Cd 含量分布[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2000, 39(1): 89—95.
- [4] 庄树宏, 刘雪梅, 李晖. 烟台海域潮间带无脊椎动物对 Pb、Cd、Cu、Zn 的富集作用[J]. 海洋通报, 1998, 17(2): 42—50.
- [5] 高淑英, 邹栋梁. 湄洲湾生物体内重金属含量及其评价[J]. 海洋环境科学, 1994, 13(1): 39—45.
- [6] 郑长春, 詹秀英, 唐文兴, 等. 长江口以南我国沿岸海域经济贝类中的重金属[J]. 台湾海峡, 1995, 14(3): 262—268.
- [7] 崔毅, 幸福言, 马绍赛, 等. 乳山湾贝类体内重金属含量及其评价[J]. 海洋水产研究, 1997, 18(2): 46—54.
- [8] 程华胜. 重金属在近江牡蛎体内的动力学及其生理效应研究[D]. 广州: 暨南大学, 2004.
- [9] 阮金山. 厦门贝类养殖区海水、沉积物和养殖贝类体内重金属含量的初步研究[J]. 热带海洋学报, 2008, 27(5): 47—54.
- [10] 阮金山. 厦门海域养殖贝类体内重金属的初步研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(2): 32—37.
- [11] 励建荣, 李学鹏, 王丽, 等. 贝类对重金属的吸收转运与累积规律研究进展[J]. 水产科学, 2007, 26(1): 51—55.
- [12] 马元庆, 唐学玺, 刘义豪, 等. 山东半岛近海贝类污染状况调查与评价[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5): 562—565.
- [13] 李玉环. 贝类体内重金属镉的富集和消除规律及其食用安全性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
- [14] 徐韧, 杨颖, 李志恩. 海洋环境中重金属在贝类体内的蓄积分析[J]. 海洋通报, 2007, 26(5): 117—120.
- [15] 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—1090.
- [16] 李学鹏, 励建荣, 段青源, 等. 泥蚶对重金属铜、铅、镉的生物富集动力学[J]. 水产学报, 2008, 32(4): 592—600.
- [17] 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, 32(4): 181—185.
- [18] 杜瑞雪, 范仲学, 魏爱丽, 等. 山东沿岸经济贝类体内重金属含量分析[J]. 山东农业科学, 2009(8): 58—63.
- [19] 张少娜, 孙耀, 宋云利, 等. 紫贻贝对 4 种重金属的生物富集动力学特性研究[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(5): 438—445.
- [20] 翁焕新. 重金属在牡蛎中的生物积累及其影响因素的研究[J]. 环境科学学报, 1996, 16(1): 51—58.
- [21] 广东省海岸带和海涂资源综合调查大队, 广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室. 广东省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1988: 158—160.
- [22] 王艳, 高芸, 方展强. 珠江口沿岸牡蛎养殖场沉积物及牡蛎体内重金属含量与评价[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(6): 61—66.
- [23] 王静凤, 张学成, 单宝田. 环境因子对贝类累积溶解态重金属的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(3): 382—386.
- [24] 陈海刚, 林钦, 蔡文贵, 等. 3 种常见海洋贝类对重金属 Hg、Pb 和 Cd 的积累与释放特征比较[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(3): 1163—1167.
- [25] 中华人民共和国农业部. NY5073—2006, 无公害食品水产品中有毒有害物质限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [26] 王许诺, 王增焕, 林钦, 等. 广东沿海贝类 4 种重金属含量分析和评价[J]. 南方水产, 2008, 4(6): 83—87.
- [27] 唐以杰, 林炜. 上川岛沿岸经济贝类体内重金属含量分析[J]. 广东教育学院学报, 2005, 25(3): 87—90.
- [28] 孟祥周, 余莉萍, 郭英, 等. 滴滴涕类农药载广东省鱼类中的残留及人体暴露水平初步评价[J]. 生态毒理学报, 2006, 1(2): 116—122.
- [29] 王增焕, 林钦, 王许诺. 大亚湾海洋生物体中铅的含量与风险评估[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 54—58.
- [30] 袁莎, 张志强, 张立实. 我国食品污染物限量标准与 CAC 标准的比较研究[J]. 现代预防医学, 2005, 32(6): 587—589.

## The variation features of heavy metal contents in shellfish samples from the coast of South China Sea and the safety evaluation

WANG Zeng-huan, LIN Qin, WANG Xu-nuo, LI Liu-dong

(*South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China*)

**Abstract:** The contents of heavy metal Cd, Cu, Pb, As, Hg and Zn in shellfish were analyzed, and the space distributions and seasonal variation features of these heavy metals in oyster were discussed, according to the survey results of oysters, clams and pinnidae from the coast of South China Sea in 2009. The statistics results showed that the contents of Cd, Cu, Pb, Hg, As and Zn in shellfish had obvious differences among various sampling areas, species and cultivation seasons. The Cu and Zn contents in oyster samples were much higher than those in clam and pinnidae samples. The diet exposure quantity of heavy metal in shellfish samples were calculated applying the crude point assessment method. The assessment results showed that, for a healthy adult, the exposure quantity of heavy metal by intake of oysters and clams was lower than the recommended values of JECFA. While the Cd exposure level by pinnidae intake was higher than the recommended values of JECFA.

**Key words:** shellfish; heavy metal contents; safety evaluation; the coast of South China Sea