

华南沿海牡蛎重金属含量特征及其风险评估

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: 根据2009年对华南沿海部分海域的近江牡蛎和太平洋牡蛎的监测数据,对产品中重金属元素Cd、Cu、Pb、As、Hg和Zn的含量水平、分布与变化特征进行了分析讨论;采用点评估方法,计算Cd、Cu、Pb、As、Hg和Zn的膳食暴露量,对牡蛎产品的食用安全性进行风险评估。结果表明,调查海域牡蛎样品中Cu、Zn、Cd的含量较高,其值分别为92.0、268、1.32 mg/kg(湿重,下同);Hg、As、Pb的含量低,其值分别为9.21、0.11、0.26 mg/kg。不同海域、不同养殖季节的牡蛎产品中重金属元素的含量具有明显的差异。与无公害水产品质量标准的限量值相比,调查海域牡蛎产品中Cu、Zn、Pb、Hg、As的含量符合产品质量标准,Cd的含量超过产品限量标准值。由于元素间的相互作用,牡蛎产品Zn的含量高、Cd的含量低,Zn的可利用性阻止对Cd的吸收,牡蛎产品中的Cd不会对健康造成危害。风险评估的结果显示,每周食用适量的牡蛎,重金属的膳食摄入量低于世界卫生组织/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,处于安全范围内。

关键词: 牡蛎; 重金属含量; 风险评估; 华南沿海

中图分类号: X 835; S 917

文献标识码: A

牡蛎因其营养丰富、风味独特、食用方便,含有大量氨基酸、微量元素等成分,对不同年龄段的人都有营养与保健功能,备受国内外消费者的青睐。牡蛎种类较多,中国华南沿海牡蛎的养殖品种大多为近江牡蛎(*Crassostrea rivularis*)和太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)。由于牡蛎属于滤食性生物,其生长位置相对固定,海域环境对其产品质量有很大影响,甚至危及消费安全。许多作者对牡蛎的重金属元素含量进行了报道,并与有关的产品质量标准中重金属的限量值相比较,评价重金属的含量^[1-6]。这些评价多采用单因子、标准质量法,根据某项指标进行评价。本文根据2009年对华南沿海部分海域牡蛎产品的监测资料,对重金属元素的含量及分布特征进行了分析。采用点评估方法,计算牡蛎产品中重金属元素的膳食暴露量,对牡蛎产品中重金属的暴露风险进行描述。结合我国居民的膳食结构,以及元素间的相互作用,着重讨论了牡蛎产品中Cd的暴露

风险。

1 材料与方法

样品采集于广东南澳(50个)、阳江(10个)、茂名(10个)和广西钦州(30个)、防城(30个),其中南澳海域的样品为太平洋牡蛎,其它海域的样品为近江牡蛎,采样海域如图1所示。阳江和茂名海域牡蛎样品于2009年5月采集1次,其它海域分别于2009年5月和9月各进行1次。所有样品均采集养殖区内的成体产品,现场用海水冲洗外壳后取出软组织和体液,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》^[7]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》^[8]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

收稿日期:2010-10-22 修回日期:2010-12-09

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

通讯作者:王增焕,E-mail:zh-wang@people.com.cn

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含量。测定结果均以

湿重表示。

数据的统计分析采用 SPSS 软件, 图形绘制分别采用 Surfer 软件和 Grapher 软件。

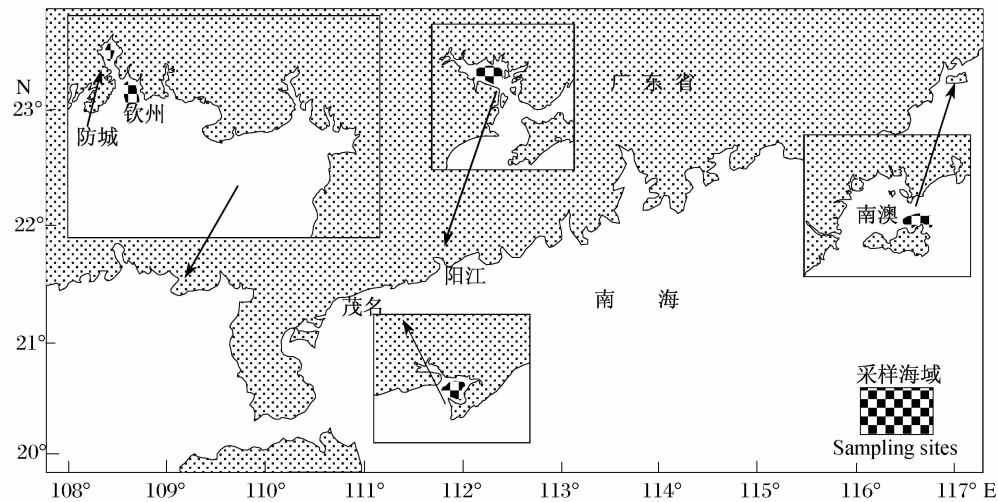


图 1 采样海域示意图

Fig. 1 Sampling sites

2 结果与讨论

2.1 牡蛎样品重金属的含量与分布特征

牡蛎样品中重金属元素含量的统计结果列于表 1。可以看出, Cu、Zn 的含量远远高于其它元素的含量, Cd 的含量也比较高, 而 Hg、Pb 和 As 的含量比较低。Cu、Zn 是生命过程中必需的微量元素, 在生物体内的含量通常高于非生命必需元素的含量。例如鱼类、甲壳类和头足类等样品中 Cu、Zn 含量也明显高于 Pb、Hg、As 等元素的含量, 但 Cu、Zn 的含量约为 0.46 ~ 7.6 mg/kg 和 6.1 ~ 25.1 mg/kg^[9], 远远低于其在牡蛎样品中的含量。研究结果证实, 牡蛎对 Zn、Cu 的累积系数比其它生物高 1 ~ 2 个数量级^[2], 牡蛎对水环境中 Cu、Zn 的累积是净累积型, Cu 从牡蛎体内排出的生物学半衰期长^[10-11]。牡蛎对 Cu、Zn 极高

的富集能力, 致使其组织样品中 Cu、Zn 的含量很高, 而不是因为 Cu、Zn 是生命必需元素的缘故。

海洋生物对重金属的积累取决于金属进出生物体的速率, 相对的速率变化决定了生物对特定金属的积累^[12-13]。有实验表明, 在一定浓度 Hg、Pb、Cd 混合液中暴露 15 d 后, 牡蛎对 Hg、Cd 的积累达到最大值; 在排放阶段, Hg、Pb 的含量明显降低, 而 Cd 的含量没有明显的变化^[14]。牡蛎吸收水体中的 Cd, 半衰期长^[12], 排出量很少, 表现为净积累, 其组织样品中的含量高。而 Hg 与 Cd 不同, 牡蛎组织内 Hg 的含量取决于其对 Hg 的吸收和排出速率^[13], 牡蛎吸收水体中的 Hg 后, 最终大部分 Hg 又重新释放到体外, 故牡蛎产品中 Hg 的含量低。Pb 与上述元素均不同, 牡蛎在生理上对 Pb 有排斥作用^[15], Pb 不易在牡蛎样品中积累, 其组织样品中的含量也低。

表 1 牡蛎样品中重金属元素含量的数据统计

Tab. 1 The statistics results of heavy metals contents in oyster samples

采样地点 sampling site	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (μ g/kg)	Zn (mg/kg)
南澳 Nan'ao	0.47 \pm 0.11	12.4 \pm 3.56	0.34 \pm 0.09	0.150 \pm 0.025	10.7 \pm 1.88	50.8 \pm 5.21
阳江 Yangjiang	1.53 \pm 0.34	88.6 \pm 29.9	0.32 \pm 0.08	0.019 \pm 0.005	2.07 \pm 0.25	323 \pm 70.0
茂名 Maoming	1.78 \pm 0.17	40.3 \pm 3.46	0.39 \pm 0.12	0.035 \pm 0.007	3.03 \pm 0.40	98.9 \pm 3.75
防城 Fangcheng	1.95 \pm 0.34	164 \pm 63.3	0.18 \pm 0.04	0.139 \pm 0.018	16.4 \pm 3.78	464 \pm 134
钦州 Qinzhou	1.92 \pm 0.26	166 \pm 37.9	0.15 \pm 0.04	0.160 \pm 0.045	11.0 \pm 3.05	678 \pm 149
平均值 average	1.32 \pm 0.73	92.0 \pm 80.9	0.26 \pm 0.11	0.11 \pm 0.06	9.21 \pm 5.43	258 \pm 247

海水中的 As 大都以无机形态存在,被浮游植物等海藻类吸收后大部分转化为有机形态,通过滤食进入牡蛎体内。在 As 的浓度为 10 $\mu\text{g/L}$ 的暴露实验中,牡蛎等贝类对 As 的富集量很少^[12-13]。海洋生物通过解毒贮藏或累积重金属^[16],软体动物解毒机制在于体内金属硫蛋白的作用,重金属能诱导金属硫蛋白的合成,调节重金属在体内的平衡^[17]。与 Cu、Zn、Cd 等元素相比,As 是一种类金属元素,As 可能通过不同于其它元素的代谢途径被迁移、转化,或者排出体外^[9],在体内的含量低。

根据此次调查的结果,不同海域牡蛎产品中重金属 Cd、Cu、Zn 元素的含量有较大差异。不同贝类对重金属的累积能力存在差异,影响贝类累积重金属的因子主要有生物因子和非生物因子;生物因子包括个体大小、生长速度、种间差异、性别以及繁殖状态等^[18]。南澳海域牡蛎重金属 Cd、Cu、Zn 的含量低于其它海域,可能是牡蛎的种间差异的原因,南澳海域牡蛎为太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*),其它海域为近江牡蛎 (*Crassostrea rivularis*)。海洋生物对重金属的富集速率与盐度基本成负相关^[18],牡蛎软体组织样品中 Cu 和 Zn 的含量有随盐度的增加而减少的趋势^[15],牡蛎对 Cu、Zn、Cd、Pb 的累积随水体盐度升高而呈下降趋势,水体盐度的变化对近江牡蛎体内 Cu、Zn 的排出影响不明显^[10-11],而盐度升高有利于 Pb 的排出,阻滞 Cd 的排出^[19-20]。此次调查海域盐度从高到低的变化顺序是南澳 > 茂名 > 阳江^[21]、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。牡蛎对 Cu、Zn 的富集属于净累积型,在盐度较低的环境中,累积量更大。实际上,盐度变化影响海洋生物对重金属元素的累积只是表面现象。盐度的变化会改变海洋生物的一些生理过程,影响其对重金属元素的富集^[22]。另一方面,在河口海水与淡水混合的区域,悬浮物、有机物等含量高,pH 值、溶解氧等化学因子的变化,改变了重金属元素的形态、性质,影响其生物可利用性^[10]。另外,有报道提出用牡蛎作为海域重金属污染的监测生物^[10-12,14]。此次牡蛎产品监测没有进行同步的环境调查,华南沿海不同区海域牡蛎产品中重金属元素含量的差异,是否与海域的污染等因素有关,还有待结合调查海域现场的环境资料作

进一步的分析讨论。

此次调查,对南澳、防城、钦州海域的牡蛎样品分别在 5 月和 9 月进行了 2 次采样,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 的含量都存在明显的季节差异($n=25, P<0.05; n=15, P<0.05$,下同);钦州海域牡蛎样品 Cd 含量、防城海域牡蛎样品中 Cu 和 Cd 的含量季节差异不显著。海洋生物秋季体内重金属含量高,可能是秋季的水温比较高,海洋生物的新陈代谢较旺盛^[23]。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^[18-24]。污染物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^[14]。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。不同季节,海洋生物的生理活动不同,菲律宾蛤仔体内 Zn、Pb 的含量秋季比春季含量高,与菲律宾蛤仔的产卵期有关,产卵前为贮藏能量,摄食量大,因而重金属积累高^[25]。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。

2.2 贝类产品质量评价与风险评估

重金属元素 Hg、Cd、Pb 等是毒性很强的有害物质,国家和国际的食品质量标准都限定其不同食品中的含量。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》^[26]值相比,此次调查牡蛎样品中镉、铜和铅的超标率分别为 48%、39.5% 和 1.1%。该标准规定了甲基汞、无机砷而没有总汞、总砷的限量值,此次调查牡蛎样品中总汞含量均低于甲基汞的限量值、总砷的含量低于无机砷的限量值,因此汞、砷的含量符合该标准的要求。欧盟委员会限定了食品中 Cd、Pb、Hg 等污染物的最大含量^[27],其中 Pb 的限量值为 1.5 mg/kg, Cd、Hg 等元素的限量与国家标准相同。对照该标准,此次调查牡蛎样品 Cd 的超标率仍为 48%,而 Pb、Hg 等元素的含量低于限量值。

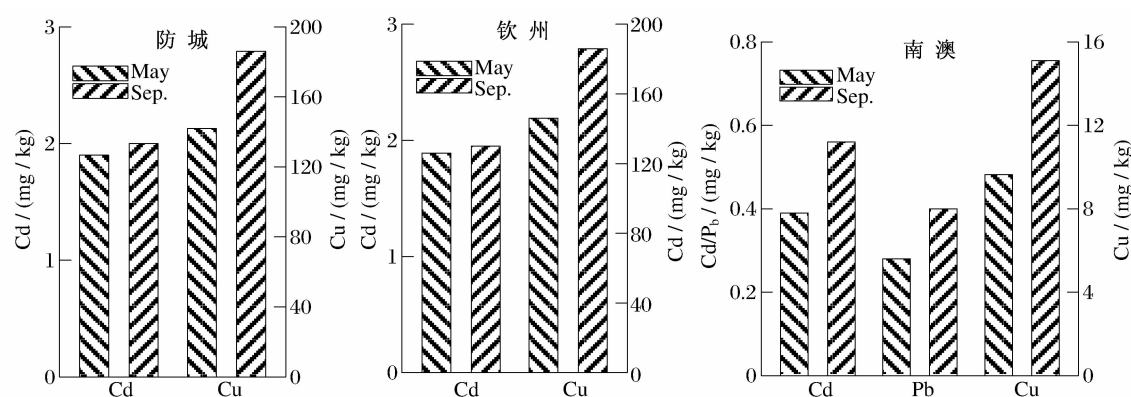


图2 贝类样品中重金属元素含量的季节差异

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

根据广东地区的水产品消费量^[28]和中国居民膳食营养状况调查,考虑到牡蛎的食用频率低于鱼类等水产品的食用频率,取值 30 g 作为牡蛎的每日消费量。按照暴露量和暂定每周耐受摄入量(PTWI)公式^[29],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^[30]比较(表 2)。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,牡蛎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;牡蛎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。

健康成年人如果每周食用小于 210 g 的牡蛎,重金属元素在体内的暴露量低于 JECFA 的推荐值(表 2)。从表 2 的结果还可以发现,膳食牡蛎,Cu、Zn 的摄入量远远高其它元素的摄入量。国际食品添加剂和污染物法典委员会(CCFAC)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,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^[30]。从此次调查的结果看,通过牡蛎膳食而摄取的重金属量处于安全范围。

表 2 重金属元素每周暴露量结果
Tab. 2 The exposure results of heavy metals

样品名称 sample name	Cd	Cu	Pb	As	Hg	Zn
牡蛎 oyster	0.004 7	0.324	0.001 3	0.000 4	0.000 032	0.94
推荐值 JECFA values	0.007	—	0.025	0.015 *	0.001 6 **	—

注:* 无机砷,** 甲基汞。

Notes: * inorganic arsenic, ** methyl mercury.

长期摄入过量的 Cd,会造成肝肾损害。饮食中若 Zn 含量不足,身体便会积累 Cd 以取代 Zn。饮食是 Cd 暴露的主要途径,通常食品中 Cd 的含量被看作是最主要的风险因素。我国居民膳食结构主要以大米等谷物为主食,南方部分产地大米中 Cd 的含量有相当比例超过国家食品卫生标准限量值(0.2 mg/kg),消费人群存在不同程度的 Cd 暴露风险^[31-32]。若此,根据此次调查的结果,膳食牡蛎将会加重 Cd 摄入量过高的风险。但是,Cd 与其它元素的相互作用,影响 Cd 在消化道内的吸收和在组织器官中的残留,高含量的 Zn、Fe 或 Ca 能减少动物从不同食物中吸收

Cd^[33-34]。根据动物实验的结果,用 Zn、Fe、Ca 含量处于临界值的饲料(Zn、Fe、Ca 含量低,但不影响实验动物正常生长发育)喂养的小白鼠比对照组吸收更多的 Cd,对照组小鼠饲料中 Zn、Fe、Ca 含量高^[33]。Zn、Fe、Ca 摄入量偏低,能引起 Cd 在十二指肠内的积累,加重了 Cd 的吸收率和在内脏器官中的积累。每周食用 255 g Cd 含量为 0.52 μg/g 向日葵种子的志愿者,其 Cd 摄入量每周 65~175 μg。与对照组(每周食用 255 g Cd 含量为 0.11 μg/g 其它坚果)相比,尽管实验组 Cd 摄入量高,但其红细胞、小便及新生头发中 Cd 的含量与对照组没有明显差异,氨基葡萄糖苷酶(判

断肾疾病的指标)也没有明显变化,而实验组大便中 Cd 的含量明显升高^[35]。虽然牡蛎样品 Cd 含量高,却没有发现因大量食用牡蛎而出现负作用,大量食用牡蛎的女性血液中 Cd 含量没有升高,但其体内血清铁蛋白的含量更高^[36]。牡蛎富含 Zn、Fe,大量生物可利用性 Zn 和 Fe 降低了对 Cd 的过量吸收。这些研究结果表明,Cd 摄入量高并不意味着其健康风险高,只有在微量元素失衡时,Cd 的健康风险会增加。此次调查,虽然部分牡蛎样品中 Cd 含量超过国家标准限量值,但牡蛎中 Zn 的含量很高,Cd/Zn 的比值低于0.01。大量生物可利用 Zn 的存在可能阻滞或减少对 Cd 的吸收、积累,不会对健康造成危害。参照 PTWI 值的评估结果,正常食用此次调查的牡蛎产品,不会对健康造成危害。我国部分市售大米在加工过程中会破坏 Zn-Cd 的平衡,造成 Zn 的流失,大米中 Zn 的含量低而 Cd 含量高,适当进食牡蛎,还可以作为大米 Zn 含量偏低的补充^[37]。

3 小结

(1) 华南沿海牡蛎产品中 Cu、Zn、Cd 的含量高,而 Hg、As、Pb 的含量低。牡蛎对重金属元素不同的累积和排出机制,是元素含量差异的主要因素。

(2) 不同海域、不同季节,牡蛎产品中重金属元素的含量有较大差异。牡蛎重金属含量的区域差异可能与盐度有关,海水盐度的变化,改变了重金属元素的生物可利用性。而季节差异,可能与生物新陈代谢有关。

(3) 对牡蛎产品质量安全的评价结果表明,华南沿海部分海域牡蛎产品 Cu、Zn、Pb、Hg、As 的含量符合产品质量标准,Cd 的含量超过产品限量标准值。牡蛎产品 Zn 的含量很高、Cd 含量低,Zn 的可利用性阻止 Cd 的吸收,不会对健康造成危害。风险评估的结果显示,每周正常食用适量的牡蛎,重金属的膳食摄入量处于安全范围内。

参考文献:

[1] 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.
[2] 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.

[3] 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.
[4] 纪焕红,徐韧,程祥圣,等. 上海市售海产贝类食用安全质量评价及分级[J]. 海洋环境科学,2009,28(2):193-197.
[5] 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.
[6] 徐轶肖,江天久,冷科明. 深圳海域养殖牡蛎卫生质量状况(I)重金属含量与评价[J]. 海洋环境科学,2005,24(1):24-27.
[7] GB 17378-1998,海洋监测规范[S].
[8] GB/T 5009-2003,食品卫生检测方法理化部分[S].
[9] 王增焕,林钦,王许诺,等. 大亚湾经济类海洋生物体的重金属含量分析[J]. 南方水产,2009,5(1):23-28.
[10] 陆超华,周国君,谢文造. 近江牡蛎作为海洋重金属 Cu 污染监测生物的研究[J]. 海洋环境科学,1999,17(2):17-23.
[11] 陆超华,周国君,谢文造. 近江牡蛎作为海洋重金属锌污染监测生物[J]. 中国环境科学,1998,18(6):527-530.
[12] 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.
[13] 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.
[14] 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.
[15] 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.
[16] RAINBOW P S. 海洋生物对重金属的积累及意义[J]. 海洋环境科学,1992,11(1):44-53.
[17] 吴坚. 微量元素对海洋生物的生物化学效应[J]. 海洋环境科学,1991,10(2):58-62.
[18] 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.
[19] 陆超华,周国君,谢文造. 近江牡蛎对的累积和排出[J]. 海洋环境科学,1999,18(1):33-38.
[20] 陆超华,周国君,谢文造. 近江牡蛎作为海洋重金属镉污染指示生物的研究[J]. 中国水产科学,1998,5(2):79-83.

- [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] BASS L E. Influence of temperature and salinity on oxygen consumption of tissues in the American oyster (*Crassostrea virginica*) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1977, 58: 125-130.
- [23] 吴玉霖,崔可铎,赵鸿儒,等. 渤海无脊椎动物体内痕量金属含量的研究[J]. *海洋与湖沼*, 1986, 17(6): 539-547.
- [24] 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.
- [25] 蔡立哲,洪华生,洪丽玉. 菲律宾蛤仔对锌、铅的积累特征[J]. *环境科学学报*, 1999, 19(3): 319-322.
- [26] NY 5073-2006, 无公害食品水产品中有毒有害物质限量[S].
- [27] No 1881/2006, 规定食品中特定污染物的最大限量[S].
- [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.
- [31] 张良运,李恋卿,潘根兴. 南方典型产地大米 Cd、Zn、Se 含量变异及其健康风险探讨[J]. *环境科学*, 2009, 30(9): 2793-2797.
- [32] 李正文,张艳玲,潘根兴,等. 不同水稻品种籽粒 Cd、Cu、和 Se 的含量差异及其人类膳食摄取风险[J]. *环境科学*, 2003, 24(3): 112-115.
- [33] REEVES P G, CHANEY R L. Marginal nutritional status of zinc, iron, and calcium increases cadmium retention in the duodenum and other organs of rats fed rice-based diets [J]. *Environmental Research*, 2004, 96: 311-322.
- [34] BRZOSKA M M, MONIUSZKO-JAKONIUK J. The influence of calcium content in diet on the accumulation and toxicity of cadmium in the organism [J]. *Arch Toxicol*, 1998, 72: 63-73.
- [35] REEVES P G, NIELSEN E J, O' BRIEN-NIMENS C, et al. Cadmium Bioavailability from Edible Sunflower Kernels: A Long-Term Study with Men and Women Volunteers [J]. *Environmental Research Section A*, 2001, 87: 81-91.
- [36] VAHTER M, BERGLUND M, NERMELL B, et al. Bioavailability of cadmium from shellfish and mixed diet in women [J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1996, 136: 332-341.
- [37] CHANEY R L, REEVES P G, RYAN J A, et al. An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks [J]. *Bio Metals*, 2004, 17: 549-553.

The variation features of heavy metal contents in oyster samples from the coast of South China Sea and their safety assessment

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

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

Abstract: The contents, distributions and variation features of heavy metal Cd, Cu, Pb, As, Hg and Zn in oyster samples collected from the coast of the South China Sea in 2009 were discussed, and the dietary exposure of heavy metals were calculated using point estimate. It showed that the contents of copper, zinc and cadmium in oyster samples were high and the contents of mercury, arsenic and lead were low, and their contents were 92.0, 268, 1.32, 9.21, 0.11 and 0.26 mg/kg (wet weight), respectively. The statistics results showed that the contents of cadmium, copper, lead, mercury, arsenic and zinc in oyster samples had obvious variation with sampling areas and cultivation seasons. Compared with the limit values of the safety requirements for non-environmental pollution aquatic product, the contents of copper, zinc, lead, mercury and arsenic in oyster samples were lower than the limit values, while the content of cadmium was higher than the limit value. The increased intake of bioavailable zinc reduced excessive cadmium absorption because oysters were rich in zinc with the low ratio of cadmium and zinc content. Therefore the cadmium in oyster samples was not harmful to health. The assessment results showed that the dietary exposures of heavy metals in oysters were lower than the recommended values of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA).

Key words: oysters; heavy metal contents; safety assessment; the coast of South China Sea

Corresponding author: WANG Zeng-huan. E-mail: zh-wang@people.com.cn