

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.01406

南海北部沿岸贝类体内镉含量及健康风险评价

王增焕, 林钦, 王许诺

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 2007 年和 2009 年对南海北部沿岸菲律宾蛤仔(*Ruditapes Philippinarum*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)、近江牡蛎(*Crassostrea rivularis*)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)、文蛤(*Meretrix meretrix*)5 种贝类的监测资料, 对贝类体内 Cd 的含量水平进行了分析讨论; 采用点估计的方法, 评估贝类 Cd 的暴露量, 对其安全性进行评价。结果表明, 调查海域近江牡蛎、太平洋牡蛎、菲律宾蛤仔、翡翠贻贝和文蛤样品中 Cd 的平均含量分别为: 1.80、0.38、0.12、0.26 和 0.15 mg·kg⁻¹, 其变化范围分别为: 0.92 ~ 2.39 mg·kg⁻¹、0.31 ~ 0.46 mg·kg⁻¹、0.10 ~ 0.13 mg·kg⁻¹、0.21 ~ 0.30 mg·kg⁻¹ 和 0.08 ~ 0.22 mg·kg⁻¹。与其他海域贝类调查的数据相比, 此次调查贝类体内 Cd 含量处于正常的波动范围。风险评估结果显示, 近江牡蛎的风险商 HQ > 1, 表明人体存在过量摄入 Cd 的风险; 其他 4 种贝类的 HQ < 1, 处于安全范围内。评价结果还显示, 儿童的 Cd 暴露量高于成年人。此次调查近江牡蛎样品中 Cd/Zn 的比值(0.005) 低于 0.015 的临界值, 从微量元素平衡的角度, 近江牡蛎中 Cd 的健康风险低。

关键词: 贝类; 镉; 健康风险评价; 南海北部

中图分类号: X52

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)06-1406-07

镉(Cd)是一种在自然界广泛存在有毒重金属元素, 可沿食物链转移、蓄积, 在人体内的半衰期长达数十年^[1], 其毒性已引起国内外学者和各国政府的广泛关注。Cd 是重要工业原料, 其大量应用使海洋环境受到污染。多数贝类特别是双壳贝类是滤食性生物, 生长位置相对固定, 受养殖海域环境的影响较大。许多作者报道了贝类产品中重金属的含量, 采用单因子质量指数、质量标准等方法评价贝类产品质量^[2-6]。Cd 的毒性与其他元素如锌(Zn)、硒(Se)等的含量与吸收代谢有关, 饮食中 Zn 的缺乏会提高 Cd 的毒害程度, Zn、Se 对 Cd 的拮抗作用制约 Cd 的毒性^[7]。本研究对中国南方沿海菲律宾蛤仔(*Ruditapes Philippinarum*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)、近江牡蛎(*Crassostrea rivularis*)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)、文蛤(*Meretrix meretrix*)5 种贝类 Cd 的含量水平进行了

分析, 对贝类体内 Cd 含量的现状进行了比较分析。采用点估计方法, 把未成年人作为敏感对象, 并将所有人群分 5 个年龄段, 进行了不同年龄人群 Cd 暴露量的评估, 对贝类产品的质量安全性进行了风险评价。结合微量元素铁(Fe)、钙(Ca)的平衡, 对贝类体 Cd 的安全性进行分析讨论, 以期对贝类的安全消费起到引导作用。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2007 年 6 月在柘林湾采集菲律宾蛤仔样品 15 个、在江门采集翡翠贻贝样品 10 个, 2009 年 5 月在南澳采集太平洋牡蛎样品 25 个、在合浦采集文蛤样品 20 个, 在阳江、茂名采集近江牡蛎样品各 10 个, 在钦州、防城采集近江牡蛎样品各 15 个。采样海域如图 1 所示。所有样品均采集成品个体,

收稿日期: 2011-03-21; 修订日期: 2011-05-20.

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, 2009TS07).

作者简介: 王增焕(1969-), 男, 硕士, 从事海洋生态环境与水产品质量安全. E-mail: zh-wang@people.com.cn

通信作者: 林钦, 研究员. E-mail: linqinscs@21cn.com

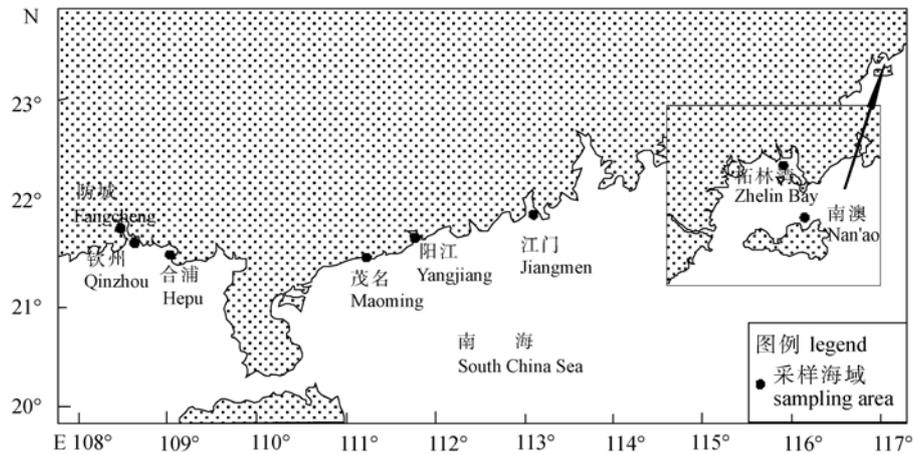


图 1 采样海域示意图

Fig. 1 Sampling area

现场用海水冲洗干净外壳, 取出软组织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《海洋监测规范》(GB17378.3-2007)的规定进行。

1.2 样品分析

称取 5 g 样品(准确至 0.001 g)于陶瓷坩埚中, 置电热板上小火蒸干后, 低温碳化至基本无黑烟冒出, 再移至马弗炉中于 500℃灰化完全。用 1%(体积分数)稀硝酸(优级纯)溶解残渣, 转移至容量瓶中, 并定容。采用原子吸收光谱法测定样品消解液中 Cd 含量(质量分数, 下同), 仪器为日立公司制造的 Z-2000 型塞曼效应原子吸收分光光度计。样品的处理、检测按《食品卫生检验方法理化部分》(GB/T5009.15-2003)规定进行。测定结果以湿重表示。

样品测定过程中, 每批样品均设分析空白, 以检查控制样品处理过程中的可能带来的污染。全部样品作平行双样检测, 其差值低于 10%。每 15 个样品选 1 个作加标回收, 回收率在 93.6%~103.8%之间。

1.3 评估方法

贝类体 Cd 暴露量采用点估计方法, 计算公式见文献[8]。贝类体 Cd 的暴露风险商(HQ)表示为: $HQ = E \times 7 / PTWI$, 其中 E 为日暴露量, $PTWI$ 是暂定每周耐受摄入量。

1.4 数据统计方法

数据的统计分析采用 SPSS18.0 软件进行, 不

同贝类 Cd 含量差异采用 LSD 和 Tamhane 法多重比较检验, 图形以 Surfer9.0 软件绘制。

2 结果与分析

2.1 贝类体 Cd 的含量水平

菲律宾蛤仔、翡翠贻贝、近江牡蛎、太平洋牡蛎和文蛤 5 种贝类 Cd 的含量列于表 1。近江牡蛎体 Cd 的含量远远高于其他 4 种贝类 Cd 的含量。太平洋牡蛎体 Cd 含量也比较高, 菲律宾蛤仔体内 Cd 含量最低。对贝类 Cd 含量的统计比较表明, 近江牡蛎、太平洋牡蛎体内 Cd 的含量与其他贝类体 Cd 含量存在显著差异($P < 0.05$), 翡翠贻贝、菲律宾蛤仔与文蛤体内 Cd 的含量差异性不显著。在 5 种贝类中, 只有近江牡蛎采集于多个海域, 其余贝类均只在单一海域采集。对于近江牡蛎, 不同海域, 其体内 Cd 含量有一定的差异, 阳江海域近江牡蛎体 Cd 含量明显低于茂名、钦州和防城海域近江牡蛎体 Cd 的含量, 后 3 个海域近江牡蛎体 Cd 含量没有明显的差异。

2.2 贝类体 Cd 含量与其他海域的比较

贝类对重金属的积累受海域环境的影响, 不同海域贝类体内重金属的含量有所差异。此次调查结果与我国部分沿海贝类体 Cd 的含量进行比较(表 2), 翡翠贻贝 Cd 含量略高于珠江口翡翠贻贝 Cd 含量, 远远低于广澳湾、莱芜湾同类样品中 Cd 含量; 菲律宾蛤仔、文蛤 Cd 含量明显低于文献资料的数值, 太平洋牡蛎体 Cd 含量与文献资

表 1 南海北部贝类体 Cd 的含量
Tab.1 Cadmium contents in shellfish samples from South China Sea

样品 sample	采样地点 sampling site	平均值 average	变化范围 range
太平洋牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	南澳 Nan'ao	0.38	0.31-0.46
菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes Philippinarum</i>	柘林湾 Zhelin Bay	0.12	0.10-0.13
翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	江门 Jiangmen	0.26	0.21-0.30
文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	合浦 Hepu	0.15	0.08-0.22
近江牡蛎 <i>Crassostrea rivularis</i>	阳江 Yangjiang	1.53	0.92-1.85
	茂名 Maoming	1.82	1.69-1.93
	钦州 Qinzhou	1.86	1.44-2.19
	防城 Fangcheng	1.90	1.31-2.39
	平均 average	1.80	0.92-2.39

表 2 南海北部贝类体 Cd 含量的比较
Tab. 2 Comparisons of Cd contents in shellfish samples from South China Sea

样品名称 name	采样海域 sampling area	Cd 含量 Cd contents	数据来源 reference
翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	南海北部 South China Sea	0.26	本文 this paper
	广澳湾 Guang'ao Bay	1.66	[2]
	莱芜湾 Laiwu Bay	1.38	[2]
	珠江口 Pearl River estuary	0.22	[4]
贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	桃花岛 Taohua Island	0.62	[3]
菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes Philippinarum</i>	南海北部 South China Sea	0.12	本文 this paper
文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	上川岛 Shangchuan island	0.33	[2]
	南海北部 South China Sea	0.15	本文 this paper
	桃花岛 Taohua Island	0.51	[3]
太平洋牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	两城 Liangcheng	0.54	[3]
	南海北部 South China Sea	0.38	本文 this paper
	白沙湾 Baisha Bay	0.28	[2]
	桃花岛 Taohua Island	0.47	[3]
近江牡蛎 <i>Crassostrea rivularis</i>	两城 Liangcheng	0.49	[3]
	南海北部 South China Sea	1.80	本文 this paper
	长沙湾 Changsha Bay	1.46	[2]
	广州 Guangzhou	1.44	[5]

料数值相当, 近江牡蛎体 Cd 的含量高于资料数值。从总体上看, 此次调查贝类体 Cd 的含量与其他海域贝类 Cd 的含量相比, 处在正常的波动范围内。

根据农业行业标准《无公害食品 水产品中有毒有害物质限量》(NY5073-2006)对水产品中有毒有害物质的最高限量要求, 此次调查贝类样品中 Cd 的合格率为 65%, 其中近江牡蛎 Cd 含量超标率为 98%, 其他贝类样品 Cd 含量符合限量要求。

韩国规定所有软体贝类中 Cd 限量值为 2.0 mg/kg^[9], 与此限量值相比, 此次调查贝类 Cd 合格率为 91.3%; 美国规定贝类中 Cd 限量值为 4.0 mg/kg^[9], 此次贝类 Cd 含量均低于此限量值。由于牡蛎对 Cd 等重金属元素富集能力极高, 采用美国对贝类 Cd 的限量值比较合适。

2.3 贝类 Cd 的暴露评估

贝类体 Cd 的暴露途径为膳食摄入, 本文重点针对儿童与青少年进行慢性暴露评估。世界卫生组织

组织/联合国粮食和农业组织(WHO/FAO)的食品添加剂联合专家委员会(JECFA)推荐的 Cd 暂定每周耐受摄入量^[10-11]为 $7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。当 $\text{HQ} > 1$, 表示消费者 Cd 的摄入量高于参考值, 处于风险中; $\text{HQ} < 1$, 表示摄入 Cd 量处于安全范围内, 消费者是安全的。

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: 贝类体 Cd 的含量为所有同类样品中 Cd 含量的算术平均值; 人体贝类的日消费量和体质量数据参考广东省居民膳食结构调查^[12]和中国总膳食调查, 确定其取值如表 3 所示。

表 3 居民贝类的日消费量和消费者体质量数据
Tab.3 Data of body weight consumer and daily consumption level of shellfish

项目 item	年龄 age				
	4-6	7-10	11-14	15-17	>18
体质量/kg body weight	20	27	42	56	60
消费量/g consumption level	16	45	45	45	35

按照暴露量和每周耐受摄入量公式, 计算 Cd 的每周暴露量(E_w), 结果列于表 4。为便于了解贝类体 Cd 最高含量和最低含量时人体 Cd 的暴露量情况, 在括号中列出了暴露量的变化范围。食用近江牡蛎人体 Cd 暴露量最高, 超过 JECFA 推荐值, 风险商 $\text{HQ} > 1$, 表明近江牡蛎的消费存在人体 Cd 摄入量相对较高的风险。其他贝类的膳食

人体 Cd 暴露量低于 JECFA 的推荐值, $\text{HQ} < 1$, 处于安全范围内。评价结果还显示出, 7~10 岁儿童 Cd 的暴露量最高, 其次是 11~14 岁儿童, 成年人 Cd 的暴露量最低。这与人体的生长发育相关, 不同年龄段的青少年, 膳食量的变化差值小于体质量的变化差值, 单位体质量的暴露量升高。4~6 岁幼儿膳食量小、体质量较轻, Cd 的暴露量低。

3 讨论

3.1 贝类对 Cd 的累积

不同贝类对重金属的累积能力存在差异, 同一养殖区的牡蛎和文蛤中 Cd 的含量不同^[13], 同一海域的多种贝类中 Cd 的含量存在较大差异^[14], 美洲牡蛎体内 Cd 的含量比紫贻贝体 Cd 含量高 2 倍^[15]。这表明不同贝类对 Cd 的累积能力存在差异。重金属积累的一个非常突出的特点是即使是亲缘关系很近的物种, 它们体内的金属积累量也很不同^[16]。研究表明, 牡蛎对 Cd 的吸收表现为净积累, 对 Cd 的富集能力强与 Cd 能与生物体内的巯基结合有关^[17]; 而菲律宾蛤仔和翡翠贻贝对 Cd 的生物富集系数(分别为 19.5 和 15.2)相近, 且远低于近江牡蛎对 Cd 的生物富集系数(76.5)^[18], 表明菲律宾蛤仔和翡翠贻贝对 Cd 富集能力低于近江牡蛎。此次调查, 菲律宾蛤仔和翡翠贻贝样品中 Cd 的含量很接近, 远低于近江牡蛎 Cd 含量, 也明显低于太平洋牡蛎体内 Cd 的含量。种类的

表 4 人体 Cd 的每周暴露量(E_w)与风险商(HQ)计算结果
Tab.4 The results of weekly exposures of Cd E_w and HQ for human

年龄 age		$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 湿重 wet weight				
		菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes Philippinarum</i>	翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	近江牡蛎 <i>Crassostrea rivularis</i>	太平洋牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>
4-6	E_w	0.67(0.56-0.73)	1.46(1.18-1.68)	10.1(5.15-13.4)	2.13(1.74-2.58)	0.84(0.45-1.23)
	HQ	0.10(0.08-0.10)	0.21(0.17-0.24)	1.44(0.74-1.91)	0.30(0.25-0.37)	0.12(0.06-0.18)
7-10	E_w	1.40(1.17-1.52)	3.03(2.45-3.50)	21.0(10.7-27.9)	4.43(3.62-5.37)	1.75(0.93-2.57)
	HQ	0.20(0.17-0.22)	0.43(0.35-0.50)	3.00(1.53-3.98)	0.63(0.52-0.77)	0.25(0.13-0.37)
11-14	E_w	0.90(0.75-0.98)	1.95(1.58-2.25)	13.5(6.90-17.9)	2.85(2.33-3.45)	1.13(0.60-1.65)
	HQ	0.13(0.11-0.14)	0.28(0.23-0.32)	1.93(0.99-2.56)	0.41(0.33-0.49)	0.16(0.09-0.24)
15-17	E_w	0.68(0.56-0.73)	1.46(1.18-1.69)	10.1(5.18-13.4)	2.14(1.74-2.59)	0.84(0.45-1.24)
	HQ	0.10(0.08-0.10)	0.21(0.17-0.24)	1.45(0.74-1.92)	0.31(0.25-0.37)	0.12(0.06-0.18)
>18	E_w	0.49(0.41-0.53)	1.06(0.86-1.23)	7.35(3.76-9.76)	1.55(1.27-1.88)	0.61(0.33-0.90)
	HQ	0.07(0.06-0.08)	0.15(0.12-0.18)	1.05(0.54-1.39)	0.22(0.18-0.27)	0.09(0.05-0.13)

不同,是此次 5 种贝类体 Cd 含量出现差异的主要原因。

贝类既能吸收溶解态重金属,也能吸收颗粒态重金属。溶解态重金属主要通过直接吸附在动物体表来吸收,颗粒态重金属可通过动物对食物的摄取来吸收^[19]。不同个体大小的贝类对重金属的吸收和累积程度不同,造成近江牡蛎对 Cd 具有较高积累量的原因可能在于近江牡蛎生物个体较大、过滤海水能力相对于菲律宾蛤仔和翡翠贻贝要高很多^[18]。此次调查发现,近江牡蛎的个体明显大于太平洋牡蛎的个体,个体大小差异可能是此次近江牡蛎与太平洋牡蛎 Cd 含量差异的重要因素之一。

有研究指出重金属间的协同、拮抗等作用,将使贝类对重金属的积累量增加或减少^[20];牡蛎对 Cd 的富集明显,与对铜(Cu)的富集表现出协同作用^[21]。相关分析结果表明,此次调查所有贝类体内 Cd 的含量与 Cu 的含量显著正相关($r = 0.89$, $P < 0.01$),可能也是 Cd、Cu 间协同作用的结果。由于重金属的相互作用复杂,此次贝类体 Cd 的含量是否与 Cu 有协同作用,还需要进一步的研究。

3.2 贝类 Cd 的健康风险评价

研究发现 Cd 的生物毒性与 Zn 等元素有关,涉及到 Cd 与 Zn 之间复杂的相互作用^[22]。根据动物实验的结果,用 Zn-Fe-Ca 含量低的大米饲喂的小白鼠比 Zn-Fe-Ca 含量高的大米饲喂的小鼠能吸收更多的 Cd^[23-24]。调查发现,长期食用 Cd 含量高(0.52 $\mu\text{g/g}$)的向日葵种子的志愿者,其 Cd 摄入量高于对照组,但血液组织、小便样及新生发样中 Cd 含量以及氨基葡萄糖苷酶与对照组相比没有明显差异,而实验组大便中 Cd 的含量明显升高,表明摄入的 Cd 大多从粪便中排出,而没有被组织吸收^[25]。研究表明,高含量的 Zn、Fe 或 Ca 能减少动物从不同食物中吸收 Cd^[23-24];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,而其体内血清铁蛋白的含量更高^[26],牡蛎样品中 Zn、Fe、Ca 含量高,能阻止或抑制 Cd 的吸收。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。有研究者提出 Cd : Zn 比值的概念,当 Cd : Zn < 0.015 时,大量的 Zn 能够有效预防 Cd 引起的健康危害^[27]。此次调查,近江牡蛎样品中 Cd : Zn 比值为 0.005,远远小于 0.015 的建议值,虽然 Cd 含量超过标准限量值,但 Zn 的含量高,大量生物可利用 Zn 能抑制机体组织对 Cd 的吸收。另一方面,与国外水产品重金属限量标准相比,此次调查近江牡蛎 Cd 含量低于美国等国家贝类 Cd 限量值^[9]。因此,近江牡蛎 Cd 含量的健康风险极低。

与近江牡蛎相比,翡翠贻贝、菲律宾蛤仔的 Cd : Zn 比值分别为 0.033、0.032,超过 0.015, Zn 含量相对不足。翡翠贻贝、菲律宾蛤仔样品中 Cd 的含量很低,从计算结果看(表 4),食用翡翠贻贝、菲律宾蛤仔人体 Cd 的暴露量大都低于 JECFA 推荐值的一半, Cd 的摄入量处于安全范围。因此,翡翠贻贝、菲律宾蛤仔产品中 Cd 不会产生健康危害。太平洋牡蛎和文蛤 Cd : Zn 比值低于 0.015(分别为 0.009 和 0.012),能够保持微量元素的平衡,且样品中 Cd 的含量低,暴露量低(表 4),不会对健康产生危害。

4 结论

不同品种贝类对 Cd 的累积量有显著的差异,Cd 含量由高到低依次为近江牡蛎、太平洋牡蛎、翡翠贻贝、文蛤~菲律宾蛤仔。不同海域,近江牡蛎体 Cd 含量有一定的差异。这可能与环境因子如溶解氧、温度、盐度等的变化有关。

对 Cd 暴露评估的结果显示,食用近江牡蛎人体 Cd 的暴露量超过 JECFA 推荐值;食用其他 4 种贝类人体 Cd 暴露量低于该推荐值, Cd 的摄入量处于安全范围。从微量元素平衡方面,近江牡蛎 Zn 的含量很高、Cd 含量低, Cd : Zn 的比值远远低于 0.015 的安全建议值,生物体内可利用的 Zn 能够阻止 Cd 的吸收。

参考文献:

- [1] 张翠,翟毓秀,宁劲松,等.铜在水生动物体内的研究概况[J].水产科学,2007,26(8):465-470.

- [2] 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.
- [3] 李玉环. 贝类体内重金属镉的富集和消除规律及食用安全性的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005: 35-44.
- [4] 秦春艳. 广东沿海海洋生物体内有毒物质的生物积累与污染评价[D]. 广州: 华南师范大学, 2007: 28-33.
- [5] 杨丽华, 方展强, 郑文彪, 等. 广州市市场食用鱼类和贝类重金属含量及评价[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(6): 15-18.
- [6] 黎小正, 兰柳春. 广西沿海牡蛎体 Pb 含量水平与相关标准评价[J]. 广西科学院学报, 2007, 23(3): 163-165.
- [7] 甄燕红, 成颜君, 潘根兴, 等. 中国部分市售大米中 Cd、Zn、Se 的含量及其食品安全评价[J]. 安全与环境学报, 2008, 8(1): 119-122.
- [8] 王增焕, 林钦, 王许诺. 大亚湾海洋生物体内铅的含量与风险评估[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 54-58.
- [9] 朱文慧, 步营, 邵仁东, 等. 国内外水产品中重金属限量标准对比分析[J]. 水产科技情报, 2009, 36(6): 271-274.
- [10] 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. 农产品质量安全风险评估[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 404-429.
- [11] 李学鹏, 段青源, 励建荣. 我国贝类产品中重金属镉的危害及污染分析[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 457-461.
- [12] 唐洪磊, 郭英, 孟祥周, 等. 广东省沿海城市居民膳食结构及食物污染状况的调研—对持久性卤代烃和重金属的人体暴露水平评价[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(2): 329-336.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Rainbow P S. 海洋生物对重金属的累积意义[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] 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(03): 1163-1167.
- [19] Wang W X, Fisher N S. Assimilation of trace elements by the mussel *Mytilus edulis*: effects of food composition[J]. Limnol Oceanogr, 1996, 125(4): 715-724.
- [20] Kargin F, Cogun H Y. Metal interactions during accumulation and elimination of zinc and cadmium in tissues of the freshwater fish *Tilapia nilotica*[J]. Bull Envir Contam Toxicol, 1999, 63(4): 511-519.
- [21] 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(08): 58-63.
- [22] 韩军花. 镉和锌在体内的相互作用[J]. 国外医学卫生学分册, 2002, 29(5): 264-268.
- [23] Reeves P G, Chaney R L. Nutritional status affects the absorption and whole-body and organ retention of cadmium in rats fed rice-based diets[J]. Envir Sci Technol, 2002, 36(12): 2684-2692.
- [24] Reeves P G, Chaney R L. Mineral status of female rats affects the absorption and organ distribution of dietary cadmium derived from edible sunflower kernels (*Helianthus annuus* L.) [J]. Envir Res Sec A, 2001, 85(3): 215-225.
- [25] 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]. Envir Res Sec A, 2001, 87(2): 81-91.
- [26] Vahter M, Berglund M, Nermell B, et al. Bioavailability of cadmium from shellfish and mixed diet in women[J]. Toxicol Appl Pharmacol, 1996, 136(2): 332-341.
- [27] Simmons R W, Pongsakul P, Chaney R L, et al. The relative exclusion of zinc and iron from rice grain in relation to rice grain cadmium as compared to soybean: Implications for human health[J]. Plant Soil, 2003, 257(1): 163-170.

Cadmium content in shellfish from the coast of the South China Sea: the risk to human health

WANG Zenghuan, LIN Qin, WANG Xunuo

South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China.

Abstract: In many regions, the marine environment is contaminated with cadmium (Cd), a toxic but widely used industry material. Because shellfish live in the benthos and have a relatively fixed location, their health is largely dependant on the quality of the surrounding environment. A number of researchers have reported finding heavy metals in shellfish samples. Given the importance of shellfish in China, we measured levels of Cd contamination in 5 shellfish species: *Crassostrea rivularis*, *C. gigas*, *Ruditapes Philippinarum*, *Perna viridis*, and *Meretrix meretrix* collected from the coast of the South China Sea in 2007 and 2009. We measured the Cd content and evaluated the dietary exposure to Cd from shellfish using the point estimate method. We found significant differences in Cd content among shellfish species. Mean concentrations were 1.80, 0.38, 0.26, 0.15, and 0.12 mg·kg⁻¹ in *C. rivularis*, *C. gigas*, *P. viridis*, *M. meretrix*, and *R. Philippinarum*, respectively (range 0.92–2.39 mg·kg⁻¹, 0.31–0.46 mg·kg⁻¹, 0.21–0.30 mg·kg⁻¹, 0.08–0.22 mg·kg⁻¹, and 0.10–0.13 mg·kg⁻¹, respectively). The distribution and seasonal variation in Cd content was correlated with marine environmental factors such as dissolved oxygen, salinity, and temperature. The Cd concentration was higher than the limit for deleterious material by non-environmental pollution of aquatic products in *C. rivularis*. Conversely, Cd levels were below this limit in the remaining species. In comparison, the levels of Cd were lower than foreign limits for all species. A comparison with survey data collected from other coastal areas in past years suggests the current levels of Cd are within a normal range. Based on our risk assessment, dietary exposure to Cd from consumption of *C. rivularis* exceeds levels recommended by the Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA), suggesting there is a risk to human health. Conversely, the other 4 shellfish species likely pose no risk as the Cd levels were lower than the values recommended by JECFA. The ratio of Cd/Zn was much lower in *C. rivularis* than the suggested critical value of <0.015 proposed by some authors as effectively providing protection from Cd induced health impacts. Increased intake of bioavailable zinc from *C. rivularis* reduces excessive cadmium absorption. Therefore, consumption of *C. rivularis* likely does not pose a risk to human health.

Key words: shellfish; cadmium; health risk assessment; coast of South China Sea

Corresponding author: LIN Qin. E-mail: linqinscs@21cn.com