

中国北方海域扇贝重金属含量的比较与质量评价

王红^{1,2}, 许强^{1,2}, 杨红生¹

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 于 2005 年 10~11 月在大连湾、秦皇岛、莱州湾、烟台、威海、胶州湾、胶南 7 个海域, 进行了海湾扇贝(*Argopecten irradians*)和栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)As, Hg, Pb, Cu, Zn 5 种重金属含量的调查。重金属含量的测定采用原子吸收法进行。结果表明: (1)重金属含量存在着组织差异性, 贝边的含量高于贝柱; (2)取自同一海域的栉孔扇贝重金属含量高于海湾扇贝; (3)5 种重金属的平均含量排序为: Zn > Cu > As > Pb > Hg; (4)胶州湾栉孔扇贝 Zn 有超标现象, 贝柱和贝边中的含量分别是限量标准的 1.24 倍和 1.59 倍; Hg, Pb, As 和 Cu 均未超标。

关键词: 重金属; 质量评价; 海湾扇贝(*Argopecten irradians*); 栉孔扇贝(*Chlamys farreri*); 北方海域

中图分类号: X171.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)09-0011-08

扇贝是中国浅海养殖的重要对象之一, 产量仅次于牡蛎和蛤类^[1]。近年来, 由于环境污染问题日益严重, 人们对扇贝的品质和安全也越来越关注。中国北方贝类重要的养殖区大多分布于近岸港湾和河口附近, 这些水域也是陆源污染物和污水的主要收纳场所。随着沿海经济的迅速发展, 大量工业废水和生活污水排放入海。据统计, 2005 年全国废水排放总量达 524.5 亿 t, 其中工业废水 243.1 亿 t, 生活污水 281.4 亿 t^[2]。研究表明扇贝对重金属具有很强的富集能力^[3]。扇贝产品质量将会不同程度地受到陆源污染的影响。

目前, 产品质量安全问题已经成为发达国家对中国水产品出口进行限制的主要借口, 中国出口水产品内在品质和卫生标准仍然处于弱势, 致使水产品出口难以突破国际贸易中的绿色壁垒。扇贝产品品质的调查和质量评价十分迫切, 具有重要的现实意义。作者从中国北方 7 个具有代表性的海域同步取样, 从重金属富集的角度对扇贝的品质进行调查, 比较研究海域扇贝的重金属含量, 评估产品质量, 为产品质量的控制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

1.1.1 站位分布

扇贝采集站位北起大连湾, 南到胶南, 共覆盖 7 个海域, 布设站位 17 个。其中, 海湾扇贝取自大连湾、秦皇岛、莱州湾、烟台蓬莱、威海桑沟湾、胶州湾及胶南海域, 栉孔扇贝取自烟台长岛、威海桑沟湾、胶州湾和胶南海域(图 1)。

1.1.2 采集时间和方法

所有样品于 2005 年 10~11 月间获得。样品从养殖海域采集后加冰冷藏, 并于 24 h 以内运至实验室。样品的平均壳高为 53.26 cm±7.52 cm, 湿体质量为 24.56 g±8.23 g, 均达到商品规格。

1.2 样品处理

每个海域随机取 30 只扇贝进行基本生物学指标及肥满度的测定。其余样品立即解剖, 贝柱(闭壳肌)

收稿日期: 2007-01-25; 修回日期: 2007-06-08

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD09A02); 国家 973 计划资助项目(2007CB407305); 国家自然科学基金资助项目(30671614)

作者简介: 王红(1979-), 女, 河北唐山人, 硕士, 主要从事养殖生态学方面的研究, 电话: 0532-82898596, E-mail: jocelyn_wh@126.com; 杨红生, 通讯作者, 研究员, 电话: 0532-82898582, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

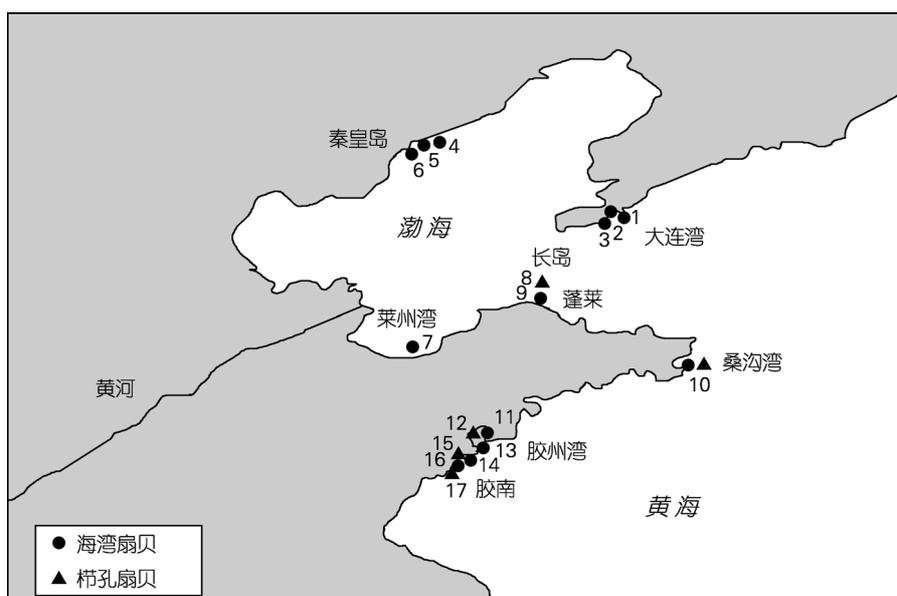


图1 调查站位分布

Fig.1 The distribution of sampling sites

和贝边（外套膜、内脏团、瓣鳃及其它组织）分别放入聚乙烯袋中，冷冻干燥 48 h 至恒质量。冻干样品每 30 只合并作为一个样本，以消除个体差异^[4]。用玛瑙研钵研磨，过 80 目筛，混匀后置于聚乙烯袋中，封口，放入干燥器中保存，备用。

1.3 分析测定方法

样品的分析测定方法参照 GB17378.6-1998《海洋监测规范》第 6 部分生物体分析，结合样品的重金属含量和本实验室的条件做适当改进。

1.3.1 样品的消化

每个海域的样品取 0.5 g 左右，分别加入 5 mL HNO₃ 和 1 mL H₂O₂，试剂均为优级纯，于微波消化仪中进行微波消化，同时做空白对照，所得消化液进行后续分析。

1.3.2 重金属测定

选择 Pb, As, Hg, Cu, Zn 5 种重金属指标进行分析测定。样品测定的主要仪器为美国热电公司的火焰-石墨炉原子吸收光谱仪。Pb 用石墨炉原子吸收法测定，Cu, Zn 用火焰原子吸收法测定，As 和 Hg 用氢化物发生火焰原子吸收法测定。其中氢化物发生所用的仪器为 WHG-102A2 型流动注射氢化物发生器。

1.4 统计方法

数据统计均采用 Microsoft Office Excel 2003 进

行。

1.5 评价指标及标准

1.5.1 评价指标

对不同重金属富集程度的评价采用单因子评价模式，计算公式为： $P_i=C_i/S_i$ 。

式中 P_i 为重金属 i 的污染指数， C_i 为重金属 i 的检测数据， S_i 为重金属 i 的评价标准。 $P_i < 0.2$ 为未污染， $0.2 \sim 0.6$ 为轻污染， $0.6 \sim 0.8$ 为中污染， $0.8 \sim 1.0$ 为重污染， > 1.0 为严重污染^[5]。

1.5.2 评价标准

贝类重金属含量的限量标准各个国家和地区不太一致，表 1 列出了中国和其他一些国家的限量标准。

2 结果与分析

2.1 扇贝生长和质量的比较

实验用海湾扇贝的壳高为 41.94~53.83 cm，湿质量为 13.99~32.98 g；栉孔扇贝的壳高为 54.77~70.93 cm，湿质量为 17.24~42.90 g。各海域海湾扇贝肥满度大小排序如下：莱州湾>大连湾>烟台>秦皇岛>胶州湾>胶南>威海；栉孔扇贝肥满度大小排序为：胶州湾>烟台>威海>胶南。在同一海域采集的海湾扇贝和栉孔扇贝，栉孔扇贝的壳高、质量、肥满度指标都高于海湾扇贝（表 2）。

表 1 贝类重金属限量标准

Tab.1 The legal limits of heavy metals on mollusks

国家和地区	限量标准(mg/kg)					文献来源
	Hg	Pb	As	Cu	Zn	
中国	0.3	0.5	1.0	50	20	[6,7]
欧盟	0.5	1.0	-	-	-	[8]
美国	-	1.7	86	-	-	[8]
日本	0.4	-	-	-	-	[8]
韩国	1.0	1.0	1.0	-	-	[8]
澳大利亚	-	-	-	-	150	[9]

表 2 实验动物基本生物学指标

Tab.2 The basic biological parameters of experimental animals

海域	海湾扇贝					
	壳高 (cm)	质量 (g)	肥满指数	贝柱质量/贝边质量	贝柱含水率 (%)	贝边含水率 (%)
A1	50.12	24.84	12.01	0.82	77.70	87.96
A2	51.11	22.06	10.27	1.24	80.41	86.53
A3	53.59	32.98	16.17	0.86	78.18	87.35
A4	53.83	20.91	10.47	0.92	75.43	87.62
A5	49.23	20.94	7.81	0.60	79.66	91.38
A6	46.08	19.94	9.20	0.74	81.03	91.79
A7	41.94	13.99	8.52	0.45	81.03	88.59
栉孔扇贝						
C4	54.91	31.51	12.94	1.27	77.88	85.64
C5	59.34	22.83	11.02	1.00	77.84	89.14
C6	70.93	42.90	13.41	1.24	77.63	85.18
C7	54.77	17.24	10.72	0.65	81.11	88.52

注: A1~A7 为海湾扇贝的采样海域, 分别代表大连湾、秦皇岛、莱州湾、烟台蓬莱、威海桑沟湾、胶州湾、胶南; C4~C7 为栉孔扇贝的采样海域, 分别代表烟台长岛、威海桑沟湾、胶州湾、胶南(下同)

2.2 扇贝重金属含量分析

所有海域扇贝组织中 Zn、Cu 的质量比相对较高, 其中 Zn 的平均质量比最高, 在贝柱和贝边中分别达到了 71.34 mg/kg 和 102.7 mg/kg; As, Hg, Pb 的平均质量比相对较低, Hg 的平均质量比最低, 在贝柱和贝边中分别为 0.012 mg/kg 和 0.017 mg/kg(表 3)。

7 个海域扇贝边的重金属质量比都高于贝柱。以 As 为例, 其在贝边中的质量比为 0.38 mg/kg, 而贝柱中则为 0.2 mg/kg。其他 4 种重金属也都有类似的组

织差异性。同一海域采集的栉孔扇贝重金属质量比要高于海湾扇贝。如胶南的海湾扇贝和栉孔扇贝, 其贝边 As 质量比分别为 0.25 mg/kg 和 0.33 mg/kg。其他海域的样品也都有类似的组织差异和种间差异性。

海湾扇贝和栉孔扇贝重金属质量在不同海域的分布不同。海湾扇贝 Hg 的质量比在莱州湾最高(0.024 mg/kg), 烟台次之(0.015 mg/kg), 其他 5 个海域质量比相对较低且水平接近, 在 0.006~0.010 mg/kg 之间; Pb 含量在大连湾、秦皇岛、莱州湾三个海域要高于

表 3 不同海域扇贝的重金属质量比
Tab.3 Heavy metal contents of scallop in different sea areas

海域	质量比 (mg/kg)														
	Hg			Pb			As			Cu			Zn		
	贝柱	贝边	整体	贝柱	贝边	整体	贝柱	贝边	整体	贝柱	贝边	整体	贝柱	贝边	整体
A1	0.008	0.012	0.010	0.06	0.20	0.14	0.21	0.35	0.29	0.79	1.86	1.38	45.87	90.06	70.15
A2	0.004	0.010	0.007	0.17	0.17	0.17	0.11	0.26	0.18	1.84	4.59	3.07	65.57	84.04	73.82
A3	0.018	0.029	0.024	0.04	0.20	0.13	0.15	0.51	0.34	2.21	4.90	3.66	22.93	76.13	51.53
A4	0.008	0.021	0.015	0.01	0.12	0.07	0.27	0.55	0.42	0.34	3.38	1.92	23.37	60.12	42.51
A5	0.006	0.006	0.006	0.04	0.07	0.06	0.18	0.24	0.22	2.05	2.96	2.62	67.46	61.10	63.49
A6	0.008	0.011	0.010	0.02	0.12	0.08	0.21	0.16	0.18	0.70	4.72	3.01	32.30	77.38	58.21
A7	0.010	0.010	0.010	0.04	0.08	0.07	0.16	0.25	0.22	3.62	4.77	4.41	76.31	99.55	92.34
C4	0.011	0.039	0.023	0.11	0.30	0.19	0.29	0.77	0.50	1.10	3.81	2.29	55.14	114.5	81.29
C5	0.026	0.013	0.020	0.07	0.15	0.11	0.28	0.32	0.30	4.33	7.08	5.71	105.1	82.26	93.68
C6	0.018	0.021	0.019	0.23	0.27	0.25	0.24	0.47	0.34	8.04	12.99	10.25	186.0	239.1	209.72
C7	0.010	0.016	0.014	0.11	0.28	0.21	0.18	0.33	0.27	5.13	7.88	6.80	104.7	144.9	129.06
平均值	0.012	0.017	0.014	0.08	0.18	0.13	0.21	0.38	0.30	2.74	5.36	4.10	71.34	102.7	87.8

另外的4个海域,其质量比前者为0.13~0.17 mg/kg,后者为0.06~0.08 mg/kg; As质量比在烟台最高(0.42 mg/kg),其次是莱州湾(0.34 mg/kg)和大连湾(0.29 mg/kg),另外4个海域质量比较接近,在0.18~0.22 mg/kg之间; Cu质量比在各海域范围为1.38~4.41 mg/kg,其中胶南最高,大连湾最低; Zn质量比在各海域范围为42.51~92.34 mg/kg,其中胶南最高,烟台最低。

栉孔扇贝 Hg 的质量比在4个海域分布较为均匀,在0.014~0.023 mg/kg之间; Pb质量比在各海域范围为0.11~0.25 mg/kg,其中胶州湾最高,威海最低; As质量比在烟台最高(0.50 mg/kg),另外3个海域相对较低且水平接近,质量比在0.27~0.34 mg/kg之间; Cu质量比在4个海域的范围为2.29~10.25 mg/kg,其中胶州湾最高,烟台最低; Zn质量

比在胶州湾最高(209.72 mg/kg),胶南次之(129.06 mg/kg),烟台和威海相对较低,质量比分别为81.29 mg/kg和93.68 mg/kg。

2.3 扇贝质量的评价

Hg和Pb因毒性较大,很多国家都对其制定了限量标准,考虑到对贝类出口的影响,这2种重金属作者选用欧盟标准; As的限量标准各国差别较大,作者选用较为严格的中国标准; Cu和Zn因其在一定浓度范围内是对人体有益的元素,关于这2种重金属的限量标准较少,作者分别选用中国和澳大利亚的标准。

各海域扇贝虽对As, Hg, Pb, Cu有不同程度的富集,但是均未超标, Hg的富集程度最低,单项污染指数都在0.20以下。Zn在部分样品中有超标现象(表4)。

表4 不同海域扇贝重金属富集程度评价

Tab.4 The enrichment evaluation on heavy metals of scallop in different sea areas

海域	单项污染指数 P_i									
	Hg		Pb		As		Cu		Zn	
	贝柱	贝边	贝柱	贝边	贝柱	贝边	贝柱	贝边	贝柱	贝边
A1	0.02	0.02	0.06	0.20	0.21*	0.35*	0.02	0.04	0.31*	0.60*
A2	0.01	0.02	0.17	0.17	0.11	0.26*	0.04	0.09	0.44*	0.56*
A3	0.04	0.06	0.04	0.20	0.15	0.51*	0.04	0.10	0.15	0.51*
A4	0.02	0.04	0.01	0.12	0.27*	0.55*	0.01	0.07	0.16	0.40*
A5	0.01	0.01	0.04	0.07	0.18	0.24*	0.04	0.06	0.45*	0.41*
A6	0.02	0.02	0.02	0.12	0.21*	0.16	0.01	0.09	0.22*	0.52*
A7	0.02	0.02	0.04	0.08	0.16	0.25*	0.07	0.10	0.51*	0.66**
C4	0.02	0.08	0.11	0.30*	0.29*	0.77**	0.02	0.08	0.37*	0.76**
C5	0.05	0.03	0.07	0.15	0.28*	0.32*	0.09	0.14	0.70**	0.55*
C6	0.04	0.04	0.23*	0.27*	0.24*	0.47*	0.16	0.26*	1.24****	1.59****
C7	0.02	0.03	0.11	0.28*	0.18	0.33*	0.10	0.16	0.70**	0.97***

注:无*标记的为未污染, *为轻污染, **为中污染, ***为重污染, ****为严重污染

贝柱的质量状况较为良好, Hg和Cu的富集程度最轻,均为未污染; Pb仅胶州湾栉孔扇贝为轻污染,其他为未污染; As在秦皇岛、莱州湾、桑沟湾、胶南的海湾扇贝和胶南的栉孔扇贝中为未污染,其他均为轻污染; Zn的富集程度相对较高,胶州湾栉孔扇贝超标,桑沟湾和胶南栉孔扇贝为中污染,莱州湾和烟台海湾扇贝未污染,其他为轻污染。

与贝柱相比,贝边的质量状况稍差, Hg全部为

未污染; Pb在烟台、胶州湾和胶南的栉孔扇贝中为轻污染,其他为未污染; As在烟台的栉孔扇贝中为中污染,胶州湾海湾扇贝未污染,其他为轻污染; Cu仅在胶州湾栉孔扇贝中为轻污染,其他均为未污染; Zn的富集程度最高,胶州湾栉孔扇贝超标,胶南栉孔扇贝为重污染,胶南海湾扇贝和烟台栉孔扇贝为中污染,其他为轻污染。

3 讨论

3.1 重金属含量的组织差异

实验结果表明,无论是栉孔扇贝还是海湾扇贝,其重金属含量都存在着组织差异,对这5种重金属来说都是贝边含量高于贝柱。如Pb的平均含量,贝边达到了贝柱的两倍以上。其它几种重金属在贝柱和贝边中也有不同程度的差异。关于贝类的不同组织对重金属积累的差异性一些学者也做了相关的研究工作。Bustamante和Miramand^[10]将*Chlamys varia*分成消化腺、肾脏、腮、性腺和肌肉几个部分对不同组织的重金属含量进行研究。结果表明,消化腺和肾脏中累积的重金属含量最高,而肌肉中的含量最低,这种差异主要源自于不同组织的代谢地位不同。Viarengo等^[11]对*Adamussium colbecki*的研究也证实了这种差异。

3.2 重金属含量的种间差异

在同一海域采集的栉孔扇贝和海湾扇贝,前者的重金属含量高于后者。这种差异的产生可能是由于两种扇贝的生长期长短不同所致,此次调查采集的海

湾扇贝的龄期都为一年,而栉孔扇贝的龄期是2年。Evtushenko等^[12]在研究*Mizuhopecten yessoensis*中Cd的含量与龄期的关系时得出其肝胰腺和肾脏的Cd含量随着龄期的增长线性升高的结论。Nigro和Leonzio^[13]对多种鱼类的研究表明,Hg的积累也表现出与年龄的相关性。其它重金属可能也有类似的变化规律。这种相关性反映了重金属在生命过程中的净积累。重金属含量的高低与样本的大小也有一定的关系。Sidoumou^[14]认为*Dosinia isocardi*大个体和小个体的代谢速率不同从而影响重金属的吸收和排出。对大多数金属来说,重金属含量和样本大小呈正相关性^[15]。本调查中4个海域的海湾扇贝的样本大小要低于栉孔扇贝,这也可能是导致两者含量差异的原因之一。

3.3 中国北方海域贝类重金属富集现状分析

近年来,对于中国北方沿海双壳类的重金属富集情况,一些研究者进行过调查,将本研究的结果和其他相关研究(表5)进行比较分析如下。

表5 中国北方海域贝类重金属质量比的比较

Tab.5 Comparison of heavy metal contents of mollusks in northern China seas

海域	种类	质量比 (mg/kg)					文献来源
		Hg	Pb	As	Cu	Zn	
大连湾	菲律宾蛤仔(<i>Ruditapes philippinarum</i>)	-	0.13	6.7	1.28	9.95	[16, 17]
	大连湾牡蛎(<i>Crassostrea talienwhanensis</i>)	-	0.62	-	31.32	379.55	[17]
	贻贝 (<i>Mytilus edulis</i>)	0.004	0.05	-	0.58	34.49	[19]
秦皇岛	贻贝	-	0.25	0.78	1.19	13.65	[16, 17]
	大连湾牡蛎	-	0.30	-	109.60	145.35	[17]
	文蛤(<i>Meretrix meretrix</i>)	0.003	0.11	0.97	0.69	-	[18]
莱州湾	文蛤等经济贝类	-	0.07~0.08	-	0.49~0.8	9.70~10.2	[20]
	毛蚶(<i>Arca subcrenata</i>)	-	-	1.17	3	-	[16]
烟台	栉孔扇贝(<i>Chlamys farreri</i>)	-	3.98*	-	3.04*	108.71*	[22]
	贻贝	-	-	0.09	-	-	[16]
威海	贻贝	-	0.22	0.40	2.52	16.49	[16, 17]
	大连湾牡蛎	-	0.21	-	27.31	135.40	[17]
胶州湾	菲律宾蛤仔	-	0.89	1.57	1.62	12.47	[16, 21]
	贻贝	-	-	0.45~0.64	-	-	[16]
胶南	菲律宾蛤仔	-	1.35*	-	1.44*	15.89*	[22]
	栉孔扇贝	-	3.01*	-	3.13*	2.51*	[22]

注:带*的数据是由文献中的干样质量根据含水率换算得出

Hg: 中国北方海域双壳类中 Hg 含量的研究较少, 本研究中扇贝的 Hg 质量比为 0.006~0.024 mg/kg, 在大连湾和秦皇岛两个海域的质量比分别为 0.010 mg/kg 和 0.007 mg/kg, 与文献数据较为接近^[18, 19], 都远低于欧盟标准。

Pb: 本研究中 Pb 的质量比范围为 0.06~0.25 mg/kg, 其中烟台和胶南的栉孔扇贝质量比分别为 0.19 mg/kg 和 0.21 mg/kg, 明显低于文献中这两个海域栉孔扇贝的含量值^[22], 很可能是由于近几年这两个海域的 Pb 富集程度减轻所致。

As: 本研究中扇贝的 As 质量比为 0.18~0.50 mg/kg, 而文献中的质量比在 0.09~6.7 mg/kg 之间^[18, 20], 本文结果与文献数据差异较大, 这种差异的产生不仅和采样时间有关, 更主要的是由于样品种类的不同而导致。研究表明, 不同种类的贝类对重金属的富集能力差别很大^[17]。

Cu: 本研究中 Cu 的质量比范围为 1.38~10.25 mg/kg, 其中烟台和胶南的栉孔扇贝中 Cu 的质量比分别为 2.29 mg/kg 和 6.80 mg/kg, 与文献中这两个海域栉孔扇贝的数据较为接近^[22]。文献中 Cu 质量比变化幅度很大, 在 0.49~109.60 mg/kg 之间^[17-22], 这种变化是采样时间、种类、地点综合影响的结果。

Zn: 文献中 Zn 质量比为 2.51~379.55 mg/kg^[17, 19-22], 其质量比在不同种类中差别很大。本研究的质量比范围为 42.51~209.72 mg/kg, 其中烟台和胶南栉孔扇贝的质量比分别为 81.29 mg/kg 和 129.06 mg/kg, 与文献^[22]中这两个海域栉孔扇贝 Zn 的含量比较, 前者与文献值接近, 后者远高于文献数据, 表明近年来胶南的栉孔扇贝 Zn 富集程度可能有所加重。

参考文献:

- [1] 翟毓秀, 方建光. 中国养殖贝类开拓欧洲市场的思考[J]. 中国水产, 2006, 6:10-12.
- [2] 国家环境保护总局. 全国环境统计公报[EB/OL]. 2005, <http://www.sepa.gov.cn/plan/hjtj>. 2006-06-12.
- [3] Bustamante P, Miramand P. Subcellular and body distributions of 17 trace elements in the variegated scallop *Chlamys varia* from the French coast of the Bay of Biscay [J]. *Sci Total Environ*, 2005, 337:59-73.
- [4] Dasklakis K D. Variability of metal concentrations in oyster tissue and implications to biomonitoring[J]. *Mar Pollut Bull*, 1996, 32(11): 794-801.
- [5] 高如承, 尤玉博. 福州市沿海双壳类动物重金属研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 1992, 8(1): 83-88.
- [6] GB 18406.4-2001, 农产品安全质量——无公害水产品安全要求[S].
- [7] GB 18421-2001, 海洋生物质量[S].
- [8] 中华人民共和国商务部. 出口商品技术指南(贝类、养殖虾)[EB/OL]. <http://sms.mofcom.gov.cn/table/xia.pdf>. 2005-11-08.
- [9] 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研究[J]. 海洋水产研究, 1997, 8(2): 46-54.
- [10] Bustamante P, Miramand P. Evaluation of the variegated scallop *Chlamys varia* as a biomonitor of temporal trends of Cd, Cu and Zn in the field [J]. *Environ Pollut*, 2005, 138: 109-120.
- [11] Viarengo A, Canesi L, Mazzucotelli A, et al. Cu, Zn and Cd content in different tissues of the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*: Role of metallothionein in heavy metal homeostasis and detoxication[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1993, 95: 163-168.
- [12] Evtushenko Z S, Lukyanova O N, Belcheva N N. Cadmium bioaccumulation in organs of scallop *Mizuhopecten yessoensis*[J]. *Mar Biol*, 1990, 104(2): 247-250.
- [13] Nigro M, Leonzio C. Intracellular storage of mercury and selenium in different marine vertebrates[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1996, 135: 137-143.
- [14] Sidoumou Z, Gnassia-Barelli M, Siau Y, et al. Heavy metal concentrations in mollusks from the Senegal coast[J]. *Environ Int*, 2006, 32: 384-387.
- [15] Ahn IY, Kang J, Kim KW. The effect of body size on metal accumulations in the bivalve *Laternula elliptica*[J]. *Antarct Sci*, 2001, 13(4): 355-362.
- [16] 刘广远, 韩明辅, 陈则玲. 中国北方沿岸经济贝类种残留量的调查研究[J]. 海洋环境科学, 1996, 15(1): 22-27.
- [17] Liang L N, He B, Jiang G B, et al. Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contamination along the Chinese Bohai Sea[J]. *Sci Total Environ*, 2004, 324: 105-113.
- [18] 冯志权, 冯金祥, 马明辉. 北方海洋生态站几种经济动物体内 5 种重金属残留量[J]. 海洋环境科学, 2004, 23(3): 49-50, 76.
- [19] 薛克, 韩家波, 庄人沁. 辽宁沿海贝类体内重金属含量分析[J]. 水产科学, 1994, 13(2): 16-19.

- [20] 贺广凯. 黄渤海沿岸经济贝类体内重金属残留量水平[J]. 中国环境科学, 1996, 16(2): 96-100. 650-654.
- [21] 崔毅, 陈碧鹃, 宋云利, 等. 胶州湾海水、海洋生物体中重金属含量的研究[J]. 应用生态学报, 1997, 8(6):
- [22] 刘素美, 张经, 杨昕, 等. 山东近岸双壳类体内重金属的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1999, 29(1): 67-74.

Heavy metal contents and quality evaluation of scallop in northern China seas

WANG Hong^{1,2}, XU Qiang^{1,2}, YANG Hong-sheng¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Jan., 25, 2007

Key words: Heavy metals; quality evaluation; *Argopecten irradians*; *Chlamys farreri*; northern China seas

Abstract: *Argopecten irradians* and *Chlamys farreri* were collected in 7 mariculture areas in northern China seas, including Dalian Bay, Qinhuangdao, Laizhou Bay, Yantai, Weihai, Jiaozhou Bay and Jiaonan from Oct. to Nov., 2005. Contents of five kinds of heavy metals including As, Hg, Pb, Cu and Zn were investigated via atomic absorption spectrophotometry. The results indicated as follows: (1) The heavy metal contents in scallop leftover were usually higher than that in scallop adductor; (2) In the same area, the heavy metal contents in *C. farreri* were higher than that in *A. irradians*; (3) The average contents of five heavy metals can be arranged as: Zn>Cu>As>Pb>Hg; (4) In Jiaozhou Bay, the Zn contents in the adductor and leftover of *C. farreri* were 1.24 and 1.59 times that of legal limit, respectively, whereas in other areas, the levels of five heavy metals were below the legal limit.

(本文编辑: 张培新)