

厦门海域养殖贝类体内重金属的初步研究

阮金山

(福建省水产研究所, 福建 厦门 361012)

摘要:根据 2005 年 4 月和 10 月厦门市贝类生产环境区划调查资料,着重对僧帽牡蛎(*Saccostrea cucullata*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippin adams*)、泥蚶(*Tegillarca granosa*)和缢蛭(*Sinonovacula constricta*)的软体部、胃含物、外套膜、卵、肌肉和外套腔液中的重金属含量进行探讨和研究。结果表明,厦门 4 种养殖贝类体内 Cu、Pb、Cd 和 Zn 的湿质量比分别为 0.88~60.3 mg/kg, 0.12~0.48 mg/kg, 0.04~0.72 mg/kg 和 12.4~163.5 mg/kg, 平均湿质量比分别为 16.3, 0.24, 0.38, 63.9 mg/kg。在不同养殖水域,同种贝类体内重金属的含量差异较大,在相同养殖水域贝类体内重金属的平均含量种间差异也较大。4 种贝类的胃含物中重金属的平均含量最高,外套膜和软体部次之,外套腔液含量最低。根据《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的标准,对 4 种贝类体重金属的污染程度进行评价,结果表明,僧帽牡蛎、菲律宾蛤仔和缢蛭体中重金属的含量均未超标,但泥蚶体内 Cd 的含量略微超标。

关键词:重金属,含量分布,养殖贝类,不同部位,厦门海域

中图分类号:X55

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2009)02-0032-06

双壳类软体动物,对重金属具有较强的生物积累能力。有关贝类体内重金属的含量分布研究,国内外已有很多的报道^[1~15],但对于贝类体内不同部位中重金属含量的分布与研究却报道较少^[16~19]。作者根据 2005 年 4 月至 10 月,“厦门市贝类产地环境区划项目”的调查资料,着重对厦门不同水域和不同种类的养殖贝类体内重金属的含量分布及季节变化进行调查,并对僧帽牡蛎(*Saccostrea cucullata*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippin adams*)、泥蚶(*Tegillarca granosa*)和缢蛭(*Sinonovacula constricta*)的卵、外套膜、胃含物、肌肉、外套腔液中的重金属含量进行分析研究,为厦门贝类产地环境质量评价与贝类质量安全和生态环境保护进一步提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 贝类采样点的设置及贝类种类

厦门贝类养殖区共设 22 个采样点(图 1),僧帽牡蛎养殖区设 10 个点,其中浅海浮筏式养殖区 8 个(M1~M8),条石式和棚架式养殖区各 1 个(M9、M10)。菲律宾蛤仔养殖区设 11 个点,其中虾池养殖区 10 个(F1~F10),潮间带养殖区 1 个(F11);泥蚶养殖区 2 个(N1、N2);缢蛭养殖区 2 个(Y1、Y2)。分别于 2005 年 4 月和 10 月在各采样点采集僧帽牡蛎、菲律宾蛤仔、泥蚶和缢蛭等贝类样品。测定贝类不同部位重金属的贝类样品,其僧帽牡蛎取自 M1、

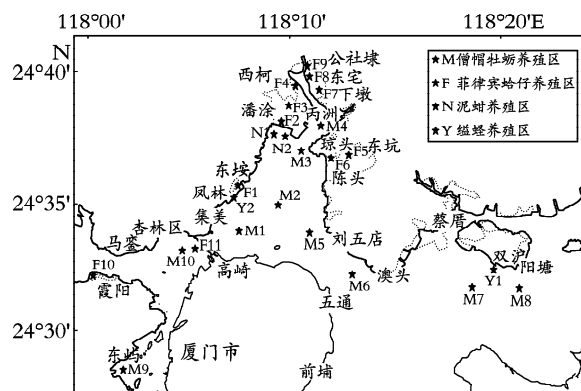


图 1 采样站位

Fig. 1 Locations of sample

M4、M6 点,菲律宾蛤仔取自 F3、F8 点,泥蚶取自 N1 点,缢蛭取自 Y1 点的样品。其中僧帽牡蛎的平均体长为 40.8 mm、平均体高为 26.4 mm;菲律宾蛤仔的平均体长为 33.9 mm、平均体高为 23.2 mm;泥蚶的平均体长为 22.8 mm、平均体高为 17.3 mm;缢蛭的平均体长为 51.0 mm、平均体高为 17.0 mm。

1.2 贝类的采集、贮存与运输

贝类样品按《海洋监测规范》^[20]第 3 部分:样品采集、贮存和运输的方法进行。

收稿日期:2008-06-12;修回日期:2008-08-16

基金项目:厦门市海洋与渔业局项目(厦海渔 2004-06)

作者简介:阮金山(1952-),男,福建龙岩人,高级工程师,主要从事海洋与渔业生态环境研究,E-mail: rjsh5204@sina.com

1.3 贝类样品的制备与分析

1.3.1 贝类样品的制备

测定 Cu、Pb、Cd、Zn 的各类贝类样品(软组织)取好后,用食品搅拌机将贝类软组织进行绞碎均匀,并放入洁净的聚乙烯塑料盒,然后贮存于冰柜速冻保存。

1.3.2 贝类样品的消解

称取 1.00~5.00 g 制备好的贝类样品(称质量前先解冻)于 100 mL 高型烧杯中,加 10.0 mL 工艺超纯 HNO₃,盖上表面皿,放置过夜。然后于电热板上低温加热至约 3 mL(约 30 min),冷却后再加入 5.0 mL HNO₃和 4.0 mL HClO₄继续消化至近干,冷却后加入 2.0 mL 10% HNO₃溶液加热溶解,再移入 50 mL 容量瓶,用高纯水定容,同时消化贝类标准样品(GBW08571)和消化空白。

1.3.3 贝类样品的分析

制备、消解好的贝类样品,其 Pb、Cd 用无火焰原子吸收法测定,分析仪器为瓦里安 220 Z 塞曼效应原子吸收光谱仪,检出限分别为 0.006 4、0.000 2 mg/kg; Cu、Zn 用火焰原子吸收法测定,分析仪器为北京普析 TAS-900 F 原子吸收光谱仪,检出限分别为 1.39、3.69 mg/kg。

2 结果与讨论

2.1 不同养殖水域贝类体内重金属的含量水平

从表 1 的调查结果表明(2 次平均值),厦门不同养殖水域贝类体 Cu、Pb、Zn、Cd 的含量存在明显的差异。西海域的东屿(M9)、杏林(M10)和同安湾的集美凤林(M1)等水域养殖的僧帽牡蛎,体内 Cu、Cd、Zn 的含量均高于其他养殖水域,其中 Cu 高于其他牡蛎的平均含量 0.15 倍~0.57 倍;Cd 高于其他牡蛎的平均含量 0.05 倍~0.47 倍;Zn 高于其他牡蛎的平均含量 0.13 倍~0.20 倍。湾顶琼头水域(M3)养殖的僧帽牡蛎,体内 Pb、Cd、Zn 的含量也较高,分别比其他牡蛎的平均含量高 0.12 倍、0.11 倍、0.37 倍。丙州(M9)水域养殖的僧帽牡蛎,体内 Cu、Cd、Zn 的含量均低于其他养殖区的牡蛎,并分别比其他牡蛎的平均含量低 0.46 倍、0.22 倍、0.34 倍。大嶼海区(Y1)养殖的缢蛏,体内 Cu、Pb、Zn 的含量分别比集美东垵海区(Y2)的缢蛏高 0.63 倍、0.85 倍、0.22 倍。

调查表明,养殖贝类体内重金属的含量多寡与其栖息地环境有关。大嶼双沪的缢蛏体内 Cu、Pb、Zn 的含量较高,与沉积物中的 Cu、Pb、Zn 的含量较

高相一致^[21],因其养殖埋地底泥中 Cu、Pb、Zn 的含量高于东垵缢蛏养殖埋地,缢蛏属于底埋生物,说明在养殖过程中,外部环境重金属浓度高低对贝类富集重金属产生影响。厦门东屿、杏林水域地处西海域,凤林、琼头水域分别地处同安湾西北部的集美和同安浔江入海口,这些水域是接纳大量工业废水和城市生活污水的区域,沉积物中重金属的含量高于其他水域^[21]。贝类体内的重金属含量与水环境中重金属的浓度,特别是沉积物中重金属的浓度相关性较强^[21]。研究表明,养殖贝类生活在不同类型养殖区,体内积累的重金属含量差异也较明显,潮间带滩涂养殖的底栖贝类重金属含量总体明显高于浅海养殖的贝类,这是因潮间带常成为海水重金属污染最严重的区域^[22]。

表 1 不同养殖水域贝类体中重金属的含量(mg/kg, 湿质量)

Tab. 1 Concentration of heavy metal in culture-shellfish from different waters (mg/kg, WW)

| 贝类所属水域 | 站位 | 养殖地点 | Cu | Pb | Cd | Zn |
|--------|------|--------|------|------|------|-------|
| 僧帽牡蛎 | 同安湾 | M1 凤林 | 44.0 | 0.31 | 0.51 | 157.0 |
| | | M2 东垵 | 36.5 | 0.32 | 0.46 | 137.5 |
| | 大嶼海域 | M3 潘涂 | 20.9 | 0.30 | 0.38 | 90.0 |
| | | M4 琼头 | 36.7 | 0.37 | 0.55 | 151.2 |
| | 西海域 | M5 刘五店 | 37.5 | 0.22 | 0.46 | 136.0 |
| | | M6 澳头 | 34.4 | 0.21 | 0.41 | 118.1 |
| | | M7 双沪 | 26.8 | 0.25 | 0.40 | 139.6 |
| | | M8 洋塘 | 27.8 | 0.23 | 0.42 | 113.9 |
| | 同安湾 | M9 东屿 | 58.0 | 0.25 | 0.72 | 163.5 |
| | | M10 杏林 | 60.3 | 0.23 | 0.58 | 153.0 |
| 菲律宾蛤仔 | 同安湾 | F1 东垵 | 1.72 | 0.28 | 0.25 | 14.1 |
| | | F2 潘涂 | 1.09 | 0.12 | 0.11 | 17.9 |
| | | F3 丙州 | 1.02 | 0.09 | 0.34 | 14.8 |
| | 西海域 | F4 西柯 | 1.47 | 0.16 | 0.11 | 17.9 |
| | | F5 东坑 | 1.22 | 0.17 | 0.14 | 14.8 |
| | | F6 陈头 | 1.35 | 0.25 | 0.11 | 12.4 |
| | | F7 下墩 | 1.25 | 0.18 | 0.35 | 17.7 |
| | 同安湾 | F8 东宅 | 1.16 | 0.21 | 0.17 | 15.3 |
| | | F9 公社埭 | 1.53 | 0.24 | 0.32 | 15.6 |
| | | F10 霞阳 | 1.38 | 0.11 | 0.14 | 13.9 |
| | | F11 杏林 | 2.26 | 0.23 | 0.13 | 15.6 |
| 泥蚶 | 同安湾 | N1 潘涂 | 0.97 | 0.22 | 1.15 | 15.5 |
| | | N2 丙州 | 0.88 | 0.20 | 1.15 | 17.3 |
| 缢蛏 | 同安湾 | Y1 双沪 | 4.39 | 0.48 | 0.04 | 20.0 |
| | | Y2 东垵 | 2.69 | 0.26 | 0.05 | 16.4 |

2.2 养殖贝类体内重金属含量的种间分布

厦门 4 种贝类体内重金属含量的种间分布列于表 2。从表 2 中可以看出, 4 种贝类体内 Cu 的质量比为 0.88~60.3 mg/kg(湿质量, 下同), 总平均值为 16.3 mg/kg; Pb 的质量比为 0.09~0.48 mg/kg, 总平均值为 0.24 mg/kg; Cd 的质量比为 0.04~1.14 mg/kg, 总平均值为 0.38 mg/kg; Zn 的质量比为 12.4~163.5 mg/kg, 总平均值为 63.9 mg/kg。僧帽牡蛎体 Cu、Zn 的含量均为最高, 其中 Cu 的平均含量分别是菲律宾蛤仔、泥蚶、缢蛭平均含量的 27.4 倍, 41.6 倍和 10.8 倍; Zn 的平均含量分别是菲律宾蛤仔、泥蚶、缢蛭平均含量的 8.83 倍, 8.29 倍和 7.86 倍。Cu 含量的种间分布是僧帽牡蛎>缢蛭>菲律宾蛤仔>泥蚶, Zn 含量的种间分布是僧帽牡蛎>缢蛭>泥蚶>菲律宾蛤仔。缢蛭和僧帽牡蛎体中 Pb 的含量较高, 其中缢蛭的平均含量分别是菲律宾蛤仔和泥蚶的 2.53 倍, 1.76 倍, 僧帽牡蛎的平均含量分别是菲律宾蛤仔和泥蚶的 1.47 倍, 1.33 倍, Pb 含量的种间分布是缢蛭>僧帽牡蛎>泥蚶>菲律宾蛤仔。泥蚶体中 Cd 的含量最高, 其平均含量分别为僧帽牡蛎、菲律宾蛤仔、缢蛭的 2.35 倍, 5.75 倍和 28.8 倍, Cd 含量的种间分布是泥蚶>僧帽牡蛎>菲律宾蛤仔>缢蛭。

以上 4 种养殖贝类体内重金属含量调查研究表明, 同属双壳类的软体动物对不同金属离子富集能力差异较大。僧帽牡蛎对 Cu、Zn, 泥蚶对 Cd 的吸收和积累明显高于其他贝类。Rainbow 指出海洋生物对重金属的累积实际上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, 同是双壳类的软体动物, 牡蛎体内 Zn 的含量很高, 而贻贝的积累量很低, 这是由于牡蛎能积累高浓度的颗粒 Zn, 而贻贝则会排出大量颗粒 Zn^[23]。颗粒态金属可通过贝类对食物的摄取和消化过程来积累^[24]。牡蛎对重金属的富集为净积累型, 重金属在其体内不易相互作用而分解^[25], 因而使其体内积累了较高的 Cu、Zn。

2.3 贝类不同部位重金属含量的比较

4 种养殖贝类不同部位中 Cu、Pb、Cd、Zn 的含量检测结果见图 2A~D。从图 2 牡蛎 A1、A2 中可以看出, 僧帽牡蛎胃含物中 Cu、Pb、Cd、Zn 的含量均为最高, 外套腔液中的含量均为最低, 其含量分别是外套腔液的 87.7 倍、4.7 倍、63.8 倍、37.5 倍。僧帽牡蛎不同部位中 Cu、Zn、Cd 的含量高低依次为胃含物>外套膜>软体部>肌肉>卵>外套腔液; Pb 的含量依次为胃含物>卵>软体部>外套膜>肌肉>外套腔液。

菲律宾蛤仔体内不同部位中 Cu、Pb、Cd、Zn 的

含量分布见图 2B1 和 B2。从图 2 的 B₁ 和 B₂ 可以看出, 胃含物中 Cu、Zn 的含量最高, 外套膜中 Cu 的含量和外套腔液中 Zn 的含量最低; 卵中 Pb、Cd 的含量均为最高, 外套膜 Pb 的含量和外套腔液中 Cd 的含量最低。胃含物中 Cu 的含量是外套膜的 3.5 倍, Zn 的含量是外套腔液的 2.7 倍。菲律宾蛤仔不同部位中 Cu 的含量高低依次为胃含物>软体部>卵>外套腔液>肌肉>外套膜; Pb 的含量依次为卵>胃含物>软体部>肌肉>外套腔液>外套膜; Zn 的含量依次为胃含物>卵>外套膜>软体部>肌肉>外套腔液; Cd 的含量依次为卵>外套膜>胃含物>软体部>肌肉>外套腔液。

泥蚶体不同部位中 Cu、Pb、Cd、Zn 的含量分布见图 2C1 和 C2。从图 2 的 C₁ 和 C₂ 可以看出, 泥蚶胃含物中 Cu、Zn 的含量和鳃中 Cd 的含量最高, 外套腔液中 4 种金属的含量最低。胃含物中 Cu 的含量是外套腔液的 13.4 倍, Zn 的含量是外套腔液的 10.2 倍, 鳃中 Cd 的含量是外套腔液的 36 倍。泥蚶不同部位中 Cu、Zn 的含量高低依次为胃含物>软体部>外套膜>鳃>肌肉>外套腔液; Pb 的含量依次为外套膜>鳃>软体部>胃含物>肌肉>外套腔液; Cd 的含量依次为鳃>软体部>外套膜>胃含物>肌肉>外套腔液。

缢蛭体内不同部位中 Cu、Pb、Cd、Zn 的含量分布见图 2D1 和 D2。从图 2 的 D₁ 和 D₂ 可以看出, 胃含物中 Cu、Zn、Cd 的含量均为最高, 外套膜中 Pb 的含量最高, 外套腔液中 4 种金属的含量均为最低。胃含物中 Cu 的含量是外套腔液的 14.5 倍, Zn 的含量是外套腔液的 65.6 倍, Cd 的含量是外套腔液的 71.4 倍; 外套膜中 Pb 的含量是外套腔液的 5.2 倍。缢蛭不同部位中 Zn、Cd 的含量依次为胃含物>外套膜>软体部>肌肉>卵>外套腔液; Cu 的依次为胃含物>外套膜>卵>软体部>肌肉>外套腔液; Pb 的依次为外套膜>胃含物>软体部>肌肉>卵>外套腔液。

以上 4 种养殖贝类体各不同部位中重金属的含量调查研究表明, 贝类对重金属的富集主要从胃含物中直接吸收重金属, 或将胃含物中的重金属转化为金属硫蛋白而吸收于体内。但贝类不同部位组织对重金属的富集具明显的选择性, 并体现在其体内不同部位组织对各种重金属的富集能力上。如泥蚶的鳃、外套膜中的 Cd、Pb 含量均明显比胃含物中的含量高; 菲律宾蛤仔卵中的 Pb 含量和外套膜中的 Cd 含量, 则稍高于胃含物中的含量。从 4 种养殖贝类不同部位重金属的含量分布来看, 其积累的重金属主要来源于其所摄食的浮游藻类、底栖藻类和有机碎屑等饵料。泥蚶的鳃和外套膜中 Cd 的含量较高, 与崔可铎等^[1]报道的毛蚶的鳃和外套膜中重金

属含量较高基本一致,可能与贝类滤食时首先要经过鳃和外套膜,由于其表面分泌出一种黏性物质,能黏附部分吸附了重金属的细小颗粒有关;而卵子中

重金属的含量较高,可能与卵子中的生化组份易富集某些重金属有关。

表 2 不同养殖贝类体内重金属的含量(mg/kg,湿质量)

Tab. 2 Contents of heavy metal in different culture-shellfishes (mg/kg, WW)

| 贝类名称 | 样品数 (份) | Cu | | Pb | | Cd | | Zn | |
|-------|------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|------------|-------|
| | | 范围 | 均值 | 范围 | 均值 | 范围 | 均值 | 范围 | 均值 |
| 僧帽牡蛎 | 18 | 20.9~60.3 | 38.3 | 0.20~0.37 | 0.28 | 0.38~0.72 | 0.49 | 90.0~163.5 | 136.0 |
| 菲律宾蛤仔 | 20 | 1.02~2.26 | 1.40 | 0.09~0.28 | 0.19 | 0.11~0.35 | 0.20 | 12.4~17.9 | 15.4 |
| 泥蚶 | 4 | 0.88~0.97 | 0.92 | 0.20~0.22 | 0.21 | 1.14~1.16 | 1.15 | 15.5~17.3 | 16.4 |
| 缢蛏 | 4 | 2.69~4.39 | 3.54 | 0.26~0.48 | 0.37 | 0.04~0.05 | 0.04 | 14.6~20.0 | 17.3 |

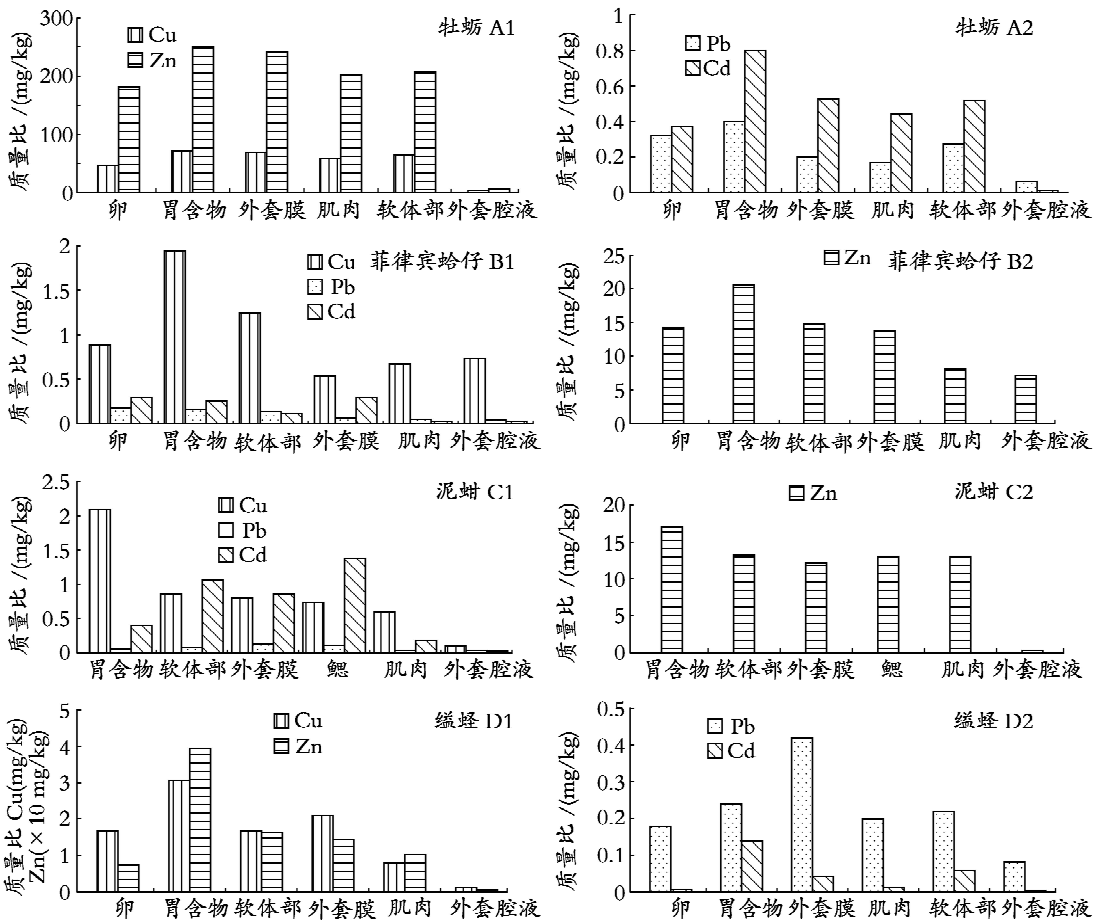


图 2 养殖贝类不同部位重金属的质量比

Fig. 2 Contents of heavy metal in different tissues from culture-shellfish

2.4 养殖贝类重金属含量的评价

2.4.1 评价因子和评价标准

为了评价厦门沿海养殖贝类体内重金属的沾污程度和食用价值,作者采用国家颁布的 NY 5073—2001《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》^[26]、GB 18421—2001《海洋生物质量》^[27]和《食品中锌限量卫生标准》^[28]等评价标准,见表 3,对养殖贝类的质量进行评价。

表 3 贝类体重金属的评价标准(mg/kg,湿质量)

Tab. 3 Assessment standard of heavy metals for shellfish

| 项目 | Cu | Pb | Cd | Zn |
|----------------------|------|------|------|---------------------|
| 评价标准 ^[27] | ≤50 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤50 ^[29] |
| 评价标准 ^[28] | ≤100 | — | — | ≤500 |

注:僧帽牡蛎的质量评价采用 GB 18421—2001 海洋生物质量中的第三类标准

2.4.2 评价等级标准和评价结果

本研究采用单因子评价模式,对厦门养殖贝类体内重金属的质量进行评价,其结果见表4。评价结果参考《海洋生物质量监测技术规程》中划分的等级标准^[29],即污染指数 <0.5 为生物未受该因子污染,污染指数 $0.5\sim 1.0$ 为生物受到该因子污染,污染指数 >1.0 为生物已受到该因子污染。从表4所列的各污染物的污染指数表明,厦门海域养殖的菲律宾

蛤仔,体内Cu、Pb、Cd和Zn的污染指数值均 <0.5 ,表明菲律宾蛤仔均未受这4种污染物的污染,卫生质量较好。僧帽牡蛎体内Pb的污染指数值均 <0.5 ,表明未受Pb的污染,Cd、Zn的污染指数值在 $0.5\sim 1.0$ 之间,表明开始受到这2种污染物的污染,但有一部分僧帽牡蛎体内Cu的污染指数值已 >1.0 ,表明僧帽牡蛎体内已受到Cu的污染;泥蚶体内Cu、Pb、Zn的污染指数值均 <0.5 ,均未受这3种污

表4 厦门养殖贝类重金属污染评价结果

Tab.4 Assessment results of heavy metal in the culture-shellfish from Xiamen

| 项 目 | 单因子污染指数 | | | | | | | |
|-------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|------------|------|
| | Cu | | Pb | | Cd | | Zn | |
| | 范围值 | 平均值 | 范围值 | 平均值 | 范围值 | 平均值 | 范围值 | 平均值 |
| 僧帽牡蛎 | 0.42~1.01 | 0.77 | 0.16~0.38 | 0.27 | 0.24~0.87 | 0.48 | 0.10~0.54 | 0.27 |
| 菲律宾蛤仔 | 0.02~0.05 | 0.03 | 0.10~0.48 | 0.19 | 0.11~0.48 | 0.2 | 20.25~0.36 | 0.31 |
| 泥 蚶 | 0.01~0.03 | 0.02 | 0.11~0.33 | 0.21 | 1.05~1.24 | 1.15 | 0.28~0.37 | 0.33 |
| 缢 蛭 | 0.05~0.09 | 0.07 | 0.25~0.70 | 0.40 | 0.03~0.05 | 0.04 | 0.28~0.52 | 0.36 |

染物的污染,但Cd的污染指数值均 >1.0 ,表明泥蚶体内已受到Cd的污染,卫生质量较差。缢蛭体内Cu、Cd的污染指数值均 <0.5 ,未受这2种污染物的污染,但部分样品Pb、Zn的污染指数值均在 $0.5\sim 1.0$ 之间,开始受到这2种污染物的污染。

3 结语

(1) 厦门西海域的东屿、杏林和同安湾西北部、湾顶河口区等水域是主要接纳工业废水和城镇生活污水的区域,这些水域养殖的贝类体内重金属的含量高于其他养殖水域,表明贝类体内的重金属含量与栖息的环境影响有关。

(2) 厦门4种养殖贝类体内重金属的含量差异较大,其中Cu含量的种间分布是僧帽牡蛎 $>$ 缢蛭 $>$ 菲律宾蛤仔 $>$ 泥蚶;Zn含量的种间分布是僧帽牡蛎 $>$ 缢蛭 $>$ 泥蚶 $>$ 菲律宾蛤仔;Pb含量的种间分布是缢蛭 $>$ 僧帽牡蛎 $>$ 泥蚶 $>$ 菲律宾蛤仔;Cd含量的种间分布是泥蚶 $>$ 僧帽牡蛎 $>$ 菲律宾蛤仔 $>$ 缢蛭。

(3) 4种养殖贝类的胃含物,重金属的平均含量最高,外套膜和软体部次之,外套腔液中的含量最低。

(4) 厦门沿海养殖的菲律宾蛤仔、僧帽牡蛎,缢蛭体内Cu、Pb、Cd、Zn的含量,基本符合国家有关标准,卫生质量良好,泥蚶体内Cd的含量略微超标。

致谢:杨妙峰同志参加贝类不同部位样品的测定工作,罗冬莲同志参加部分贝类样品测定工作,在此一并致谢!

参考文献:

[1] 崔可铎,吴玉霖,赵鸿儒,等. 镉、铜、铅、镍、铬在毛蚶体内累积分布和排出的实验研究[J]. 海洋科学集刊, 1987,28:97-107.

[2] 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.

[3] 郑长春,詹秀美,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.

[4] 贺广凯. 黄渤海沿岸经济贝类体中重金属残留量水平[J]. 中国环境科学,1996,16(2):96-100.

[5] 贾晓平,蔡文贵,林钦,等. 广东沿海近江牡蛎体内Pb含量水平及时空变化趋势[J]. 水产学报,2000,24(6):527-531.

[6] 吕海燕,曾江宇,周青松,等. 浙江沿岸贝类生物体中Hg、Cd、Pb、As含量德分析[J]. 东海海洋,2001,19(3):25-30.

[7] 阮金山,李秀珠,罗冬莲. 闽南沿海牡蛎、花蛤、缢蛭体内重金属的检测与评价[J]. 福建水产,2001,3:1-7.

[8] 阮金山,罗冬莲,李秀珠. 福建中、东部沿海主要养殖贝类体重金属的含量与评价[J]. 海洋环境科学,2003,22(2):44-48.

[9] 王咸钢,张卫兵,周颖,等. 南通沿岸经济贝类体内重金属含量分析[J]. 海洋水产研究,2003,24(3):45-49.

[10] 钟硕良. 福建闽南沿海养殖贝类体中砷含量的分布[J]. 海洋学报,2005,27(6):116-122.

[11] Phillips D J H. Common mussel *Mytilus edulis* an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper: II. Relationship of metals in the mussel to those discharged by industry[J]. *Marine Biology*, 1976, 38: 71-80.

[12] Amiard-Triquer C, Berthet B, Metayer C, et al. Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, copper and zinc the mussel *Mytilus edulis*[J]. *Experimental Study, Mar Biol*, 1986, 92: 7-13.

[13] Chan H M. Accumulation and tolerance to cadmium, copper, lead and zinc by the green mussel *Perna viridis*[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1988, 48:

- 295-303.
- [14] Suner M A, Devesa V, Munoz O, *et al.* Total and inorganic arsenic in the fauna of the Guadalquivir estuary: environmental and human health implications [J]. *Sci Total Environ*, 1999,242:261-270.
- [15] Cheng Han-bor, Lin Jeng-woei, CHONG Hung-tsu, *et al.* Estimation of metal and organochlorine pesticide exposures and potential health threat by consumption of oysters in Taiwan [J]. *Environ Pollution*, 2000, 107:147-156.
- [16] 陆超华, 全桂英. 重金属在近江牡蛎软体部和贝腔液中的分布[J]. *海洋环境科学*, 1992,11(3):41-44.
- [17] 王凡, 赵元凤, 吴益春, 等. 栉孔扇贝对海水中 Pb 积累排放规律研究[J]. *水产养殖*, 2005,26(2): 1-6.
- [18] 蔡立哲, 刘琮玉, 洪华生. 菲律宾蛤仔在高浓度锌、铅水体中的金属积累[J]. *台湾海峡*, 1998,17(4):456-461.
- [19] 崔可铎, 吴玉霖, 赵鸿儒, 等. Cd、Cu、Pb、Ni、Cr 在毛蚶体内积累、分布和排出的试验研究[J]. *海洋科学集刊*, 1987,28:97-107.
- [20] 国家海洋局. GB17378.3—1998 海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社, 1999. 1-8.
- [21] 阮金山, 钟硕良, 杨妙峰, 等. 厦门贝类养殖区沉积物中重金属的含量水平及其潜在生态危害[J]. *福建水产*, 2007,1:3-8.
- [22] 庄树宏, 刘雪梅, 王克明, 等. 烟台不同海域潮间带 Pb 污染的生物监测研究[J]. *海洋通报*, 1998,17(6):12-16.
- [23] Rainbow P S. The signification of trace metal concentration in marine invertebrates, in Dallinger R, Rainbow P S ed *ecotoxicology of metals in invertebrates* [M]. Boca Raton Lewis Publisher, 1993. 4-23.
- [24] Wang W X, Fisher N S. Assimilation of trace elements by the mussel *Mytilus edulis*; effects of food composition[J]. *Limnol Oceanogr*, 1996,41:197-207.
- [25] 江静波等. 无脊椎动物学[M]. 北京:高等教育出版社, 1985.
- [26] 国家农业部. NY5073—2001 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, 2001. 549-554.
- [27] 国家质量监督检验检疫总局. GB18421—2001 海洋生物质量[S]. 北京:中国标准出版社, 2002. 1-3.
- [28] 中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编(2); GB 13106—91 食品中锌限量卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社, 1997. 144-145.
- [29] 国家海洋局. 海洋生物质量监测技术规程[S]. 国家海洋局, 2002. 1-11.

Preliminary study of heavy metals concentrations in the culture-shellfish from Xiamen coastal waters, China

RUAN Jin-shan

(Fujian Fisher Research Institute, Xiamen 361012, China)

Received: Jun. ,12,2008

Key words: heavy metals; concentration distribution; culture-shellfishes; different tissues; Xiamen coastal, China

Abstract: According to survey data of shellfish culture areas of Xiamen in April and October 2005, the contents and distributions of heavy metals in different tissues (soft body, stomach content, mantle, spawn, muscle and mantle cavity fluid) of *Saccostrea cucullata*, *Ruditapes philippin adams*, *Tegillarca granosa* and *Sinonovacula constricta* were analyzed and discussed. The result showed that the ranges of wet weight contents of Cu, Pb, Cd and Zn in these four shellfishes respectively were (0.88~60.3) mg/kg, (0.12~0.48) mg/kg, (0.04~0.72) mg/kg and (12.4~163.5) mg/kg, with 16.3, 0.24, 0.38 and 63.9 mg/kg as the mean value. The heavy metals contents of the same kind of shellfish were remarkably varied in different culture areas. But the average contents of heavy metals with interspecies were obviously varied in the same culture waters. The contents of heavy metals in stomach were higher than those in mantle and soft body, and those in mantle cavity fluid were least. In addition, according to the standards of Not-public disaster foods, Tolerance Limit of Deleterious Maters in Aquatic Products, the pollution level of four shellfishes was assessed as follows: the concentrations of Cu, Pb, Cd, Zn in *Ruditapes philippinarum*, *Sinonovacula constricta* and *Ostrea cucullata* were all below the standard values, except the contents of Cd in *Tegillarca granosa*.

(本文编辑:张培新)