

2015 年厦门市售水产动物及藻类食品中重金属污染状况评价

白艳艳, 潘秋仁, 贾玉珠

厦门市疾病预防控制中心, 福建 厦门 361021

摘要: **目的** 了解和评价厦门市售水产动物及藻类食品中重金属污染现状。 **方法** 采用随机抽样的方法, 在厦门市六个区采集鱼类、甲壳类、软体类及藻类等样品, 共计 161 份, 对厦门市售水产动物及藻类食品中铅、镉、总汞、铬含量进行检测, 并引入单因子污染指数和重金属污染指数(X_{MPI})法对测定结果进行评价分析。 **结果** 厦门市售水产动物及藻类食品中, 四种重金属均有检出, 仅铅检出超标样品, 总超标率为 4.97%, 超标样品为藻类, 藻类样品的铅超标率高达 17.39%, 其余样品无超标现象。水产动物中鱼类的铅清洁度最高, 甲壳类和软体类存在不同程度的轻度和中度污染。藻类产品铅清洁度最低仅为 2.86%, 其中 22.86% 样品处于重度污染。三类水产动物食品中软体类中 3.13% 的样品处于总汞和铬的轻度污染水平, 镉的轻度和中度污染率分别为 12.50% 和 15.64%。鱼类、甲壳类样品中的总汞处于清洁水平, 铬处于轻度污染水平, 镉则存在轻度和中度污染。藻类食品综合污染指数水平最高达 0.435, 而甲壳类水产动物综合污染指数最低 0.0282。 **结论** 2015 年厦门市售水产动物存在一定的铅、镉、铬污染, 藻类食品铅污染水平较严重, 需进一步加强监管。

关键词: 水产品; 藻类食品; 重金属; 污染; 评价

中图分类号: R155.3⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2017)11-1314-04 DOI:10.3969/j.issn.1006-3110.2017.11.010

Assessment of heavy metal contamination in aquatic animals and algae food sold in the markets in Xiamen City, 2015

BAI Yan-yan, PAN Qiu-ren, JIA Yu-zhu

Xiamen Municipal Center for Disease Control and Prevention, Xiamen 361021, Fujian, China

Abstract: **Objective** To investigate and assess the contamination status of heavy metals in aquatic animals and algae food sold in the markets in Xiamen City. **Methods** A random sampling method was used to collect 161 samples, including fish, crustacea, mollusk and algae food from 6 districts in Xiamen City. The contents of heavy metals, including lead, cadmium, total mercury and chromium were determined. Single factor contamination exponent and metal pollution index (X_{MPI}) were applied to evaluate the contamination status. **Results** Lead, cadmium, mercury and chromium were all detected in the aquatic animals and algae food sold in the markets in Xiamen City. Only lead was detected to exceed the national standard in some samples, with the total exceeding standard rate being 4.97%. Lead in 17.39% of the algae food samples exceeded the residue limit, and in the other samples did not exceed the standard. Of the 3 kinds of aquatic animals, fish had the highest clean level of lead, while crustacea and mollusk were slightly and moderately polluted to different degrees. Only 2.86% of the algae food samples were clean for lead, and 22.86% of the algae food samples were in heavy lead pollution. Among the 3 kinds of aquatic animals, 3.13% of mollusk samples were slightly polluted by mercury and chromium, and 12.50%, 15.64% of mollusk samples were respectively slightly and moderately polluted by cadmium. Total mercury in the fish and crustacea samples was found in the clean level, but chromium was in slight pollution and cadmium in slight and moderate pollution. The X_{MPI} of the algae food samples was the highest (0.435), while that of the crustacea was the lowest (0.0282). **Conclusions** There still remains a certain level of lead, cadmium and chromium pollution in aquatic animal food in the markets in Xiamen City, 2015. Lead contamination in algae food is relatively severe. Supervision and management should be further strengthened.

Key words: aquatic product; algae food; heavy metal; contamination; evaluation

基金项目: 厦门市科技计划指导性项目 (3502z20149022)

作者简介: 白艳艳 (1980-), 女, 河北唐山人, 硕士研究生, 检验技师, 主要从事食品理化检验工作。

水产动物味道鲜美, 品种丰富, 营养价值高, 深受广大居民喜爱, 在其膳食结构中占很大比重。近年随着经济的快速发展, 海水受到严重的重金属污染, 水产

动物受重金属污染的风险增加。水生生物对环境中的重金属有不同程度的富集作用,并可以通过食物链的生物放大作用在人体内蓄积,从而严重威胁人类健康^[1-2]。铅、镉与甲基汞是食品重金属污染中的主要污染物^[3],厦门市售水产品监测数据显示,2004-2014 年水产品存在一定程度的重金属污染^[4-5]。厦门市作为沿海城市之一,水产动物和藻类食品的人均日摄入量高于国内外平均水平^[6]。为了解 2015 年厦门市居民经常食用的水产动物及藻类食品中重金属污染现状,本研究对厦门市售水产动物及藻类食品中铅、镉、总汞及铬含量进行检测,并对测定结果进行综合分析,评价水产动物及藻类食品的食用安全性。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品 2015 年采用随机抽样的方法,在厦门市六个区的超市/食品店、农贸市场、餐饮单位等水产品销售地,采集鱼类、甲壳类、软体类及藻类等样品,共计 161 份,所购品种尽量覆盖厦门市常见种类。

1.1.2 主要仪器与试剂 X-7 电感耦合等离子体质谱仪(美国赛默飞)、ETHOS 微波萃取系统(意大利 Milestone)、Retsch GM200 型混合研磨仪(德国)。所用元素标准溶液、铋、铜、铈内标溶液、紫菜标准物质(GBW10023)、扇贝标准物质(GBW10024)均购自国家标准物质中心,浓硝酸、过氧化氢均为优级纯(国药集团化学试剂有限公司),试验用水为一级水。

1.2 方法

1.2.1 样品处理及检测方法 样品取可食部分,打成匀浆。准确称取样品 0.3~0.6 g(精确至 0.001 g),置于微波消解内罐中,加入 5 ml 浓硝酸和 2 ml 过氧化氢,放置过夜。按照微波消解的操作步骤消解样品;冷却后取出消解罐,在电热板上 85 ℃赶酸至剩余 0.5~1.0 ml;冷却后用纯水洗涤定容至 10 ml 或 25 ml,同时做试剂空白试验。铅、总汞、镉、铬含量的检验方法按照 2015 年国家食品污染和有害因素风险监测计划手册中推荐的方法《食品中元素全分析的标准操作程序》以铋、铜、铈为内标进行测定,每份样品测定 3 次,结果以平均值计。

微波消解条件:5 min 升温至 120 ℃,保持 10 min,5 min 升温至 200 ℃,保持 20 min。

ICP-MS 工作条件:等离子体射频功率 1 400 W,冷却器流速 13.0 L/min,雾化气流速 0.85 L/min,辅助气流速 0.90 L/min,采样深度 100 mm,雾化器温度 2.0 ℃,蠕动泵转速 30 r/min,驻留时间 20 ms。

1.2.2 试验过程的质量控制 所有样品测定在质量控制下进行,均进行平行样分析,平行样测定的相对标准偏差 RSD<5%,各待测元素回收率测定结果范围为 86.5%~102.5%。同时,每批样品处理与检测均带扇贝或紫菜标准物质,标准参考物的测定值在其测定值范围内的同批样品检测值为有效结果。

1.2.3 评价方法及标准

1.2.3.1 限量标准 按《GB 2762-2012 食品中污染物限量》^[7]和《NY 5073-2006 无公害食品水产品中有毒有害物质限量》^[8]标准进行判定。有毒有害物质限量标准引用见表 1。

表 1 重金属限量标准(mg/kg)

种类	铅	总汞	镉	铬
鱼类	0.5	0.5	0.1	2.0
甲壳类	0.5	0.5	0.5	2.0
腹足类	1.0	0.5	2.0	2.0
双壳类	1.5	0.5	2.0	2.0
藻类(以干重计)	1.0			

1.2.3.2 安全性评价

1.2.3.2.1 单因子污染指数法^[9] 用单因子污染指数法评价水产品中重金属污染状况。计算公式: $P_i = C_i/S_i$,式中 P_i 表示第 i 种重金属的质量分数(污染指数平均值), C_i 表示第 i 种重金属实测值; S_i 表示第 i 种重金属标准限量值。对于海洋生物体重金属污染状况评价,国内目前尚未制定和划分明确等级标准。一般当 $P_i<0.2$ 时,视为正常背景值水平; $0.2 \leq P_i \leq 0.6$ 时,处于轻度污染水平; $0.6 < P_i < 1.0$ 时,为中度污染水平; $P_i \geq 1.0$,为重度污染^[10]。

1.2.3.2.2 金属残留评价(金属含量综合评价指数法)^[11] 金属污染指数 X_{MPI} 的计算公式:

$$X_{MPI} = n \sqrt{C_1 \times C_2 \times C_3 \times \cdots \times C_n}$$

其中, C_n 表示样品中每种污染因子 n 的浓度,以综合评价所检测 4 种重金属的残留水平。

1.3 低水平数据处理 对于样品含量低于方法检出限的数据均按检出限(LOD)的 1/2 计算摄入量^[12]。本方法的检出限:以取样品 0.5 g,定容至 25 ml 计,各元素的检出限分别为(单位为 mg/kg):铅 0.0035、镉 0.0030、总汞 0.0035、铬 0.0045。

1.4 统计学分析 将检测数据输入 Excel 2007 并使用 SPSS 20.0 软件进行统计分析,不同种类水产品重金属含量比较采用多组独立样本的秩和非参数检验(Kruskal-Wallis H 检验,并选用 Nemenyi 法进行组间比较, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 重金属检出情况分析 采集的市售 161 份水产

动物和藻类食品中,铅、总汞、镉、铬四种重金属均有检出,总汞检出率高达 98.14%,见表 2。

表 2 水产动物和藻类食品中铅、总汞、镉和铬含量检测情况

检测项目	检测份数	检出份数	检出率(%)
铅	161	148	91.40
总汞	161	158	98.14
镉	161	127	88.70
铬	161	154	95.40

2.2 重金属的含量及超标情况分析 市售水产动物和藻类食品中,仅铅出现超标样品,总超标率为 4.97%(8/161)。不同种类水产动物和藻类食品间铅、

表 3 2015 年厦门市售水产动物和藻类食品中重金属含量(mg/kg)和超标率(%)

种类	检测份数	铅			总汞		镉		铬	
		检测结果	P_{50}	超标率	检测结果	P_{50}	检测结果	P_{50}	检测结果	P_{50}
鱼类	50	ND~0.35	0.257 ^a	0.00	ND~0.083	0.0070 ^a	ND~0.065	0.0060 ^a	ND~0.652	0.031 ^a
甲壳类	33	ND~0.045	0.063 ^a	0.00	0.007~0.059	0.013 ^b	ND~0.490	0.012 ^b	ND~0.808	0.062 ^b
软体类	32	0.0035~1.43	0.161 ^c	0.00	ND~0.144	0.0090 ^b	ND~1.87	0.161 ^c	0.041~0.411	0.165 ^c
藻类(以干重计)	46	ND~4.46	0.510 ^c	17.39	ND~0.056	0.0070 ^a	0.0040~125.38	0.330 ^d	0.041~20.03	0.490 ^d

注:ND 为低于检出限;a、b、c、d 为同一金属不同种类组间比较,不同字母间表示差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 海产品铅、总汞、镉及铬污染状况评价 鱼类的铅清洁度最高,甲壳类和软体类(软体类包括双壳类和头、腹足类)存在轻度和中度铅污染,藻类的铅清洁度最低,主要处于轻度污染,部分藻类产品还存在中度甚至重度污染,见表 4。鱼类和甲壳类样品的汞处于清洁水平,软体类中 3.13% 的样品处于轻度污染。鱼类、甲壳类和软体类样品中镉存在轻度和中度污染,铬

总汞、镉和铬含量比较,选用多组独立样本的秩和非参数检(Kruskal-Wallis H 检验),结果表明不同种类水产动物和藻类食品的铅、总汞、镉和铬含量不同($\chi^2=22.356, 22.565, 69.866, 45.763, P<0.05$),并用 Nemenyi 法进行组间比较,结果表明,Pb(藻类)>Pb(软体类)>Pb(甲壳类)≈Pb(鱼类);总 Hg(甲壳类)≈总 Hg(软体类)>总 Hg(鱼类)≈总 Hg(藻类);Cd(藻类)>Cd(软体类)>Cd(甲壳类)>Cd(鱼类);Cr(藻类)>Cr(软体类)>Cr(鱼类)>Cr(甲壳类),差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

主要为轻度污染,见表 5。

表 4 水产动物和藻类食品中铅污染水平分布

种类	份数	CO (mg/kg)	Pi	清洁 (%)	轻度污染 (%)	中度污染 (%)	重度污染 (%)
鱼类	50	0.5	0.119	100.00	0.00	0.00	0.00
甲壳类	33	0.5	0.187	75.76	15.15	9.09	0.00
双壳类	23	1.5	0.231	56.52	34.78	8.69	0.00
头、腹足类	9	1.0	0.132	88.89	11.11	0.00	0.00
藻类(以干重计)	35	1.0	5.259	2.86	54.29	20.00	22.86

表 5 水产动物食品中总汞、镉、铬污染水平分布

种类	份数	总汞				镉					铬			
		C0	Pi	清洁	轻度污染	C0	Pi	清洁	轻度污染	中度污染	C0	Pi	清洁	轻度污染
		(mg/kg)		(%)	(%)	(mg/kg)		(%)	(%)	(%)	(mg/kg)		(%)	(%)
鱼类	50	0.5	0.022	100.00	0.00	0.1	0.036	92.00	6.00	2.00	2.0	0.031	96.00	4.00
甲壳类	33	0.5	0.038	100.00	0.00	0.5	0.225	69.70	12.12	18.18	2.0	0.045	96.97	3.00
软体类	32	0.5	0.035	96.88	3.13	2.0	0.220	71.88	12.50	15.64	2.0	0.008	96.88	3.13

注:藻类无总汞、镉、铬国标限制,未计算 Pi 值。

2.4 重金属含量分析 据金属含量综合评价指数法对不同种类水产动物和藻类食品中铅、镉、总汞污染情况进行计算 X_{MPI} ,藻类结果表明藻类综合评价指数最高为(0.435),其次分别为软体类(0.0851)、鱼类(0.0383),最低为甲壳类(0.0282)。

3 讨论

居民经口摄入重金属的含量受膳食结构的影响较大,一般来说摄入量,水产动物和藻类食品中重金属含量对膳食摄入量的贡献也较大。本次调查发现 2015 年厦门市售鱼类、软体类、甲壳类水产动物和藻类食品中铅、总汞、镉和铬均有检出,仅铅出现超标样品,总超标率 4.97%,超标样品为藻类,藻类样品的铅超标率高达 17.39%。甲壳类和软体类的总汞含量高于鱼类,藻类镉和铬的含量最高,其次为软体类。与厦

门市往年监测数据相比^[4-5],铅的总超标率稍高,同时远高于舟山市^[13]、宁波市^[14],尤其是藻类,检测结果显示藻类 Pi 平均值为 5.259,已处于重度污染水平,软体类 28.13%(9/32),甲壳类 15.15%也处于轻度污染水平,且由于铅具有蓄积性,较高的亲和性,易对人体的血液系统和神经系统造成损害,因此市售水产动物和藻类食品中的铅污染问题不容忽视。

镉毒性大、蓄积性强。本次检测结果显示,厦门市售海产品中镉含量较低,大部分处于清洁水平,仅甲壳类、软体类少部分处于轻度污染水平。与厦门市往年监测数据相比^[4]镉的含量降低,但研究显示^[15],水产动物是厦门市居民镉膳食暴露量较大的一类食物,甲壳类对膳食摄入镉的贡献较大,应高度关注。

铬是人体必需的微量元素,海洋生物对铬有强的

富集能力,但摄入过多铬会对人体产生危害。本次研究表明鱼类、甲壳类和软体类三类水产动物和藻类食品中铬处于轻度污染水平。藻类中铬的平均含量达到 0.49 mg/kg, 最高为 20.03 mg/kg, 镉的含量范围为 0.0040~125.38 mg/kg, 平均含量为 0.330 mg/kg。尽管目前尚无藻类的镉、铬的限量标准,无法判定超标与否,但如此高的含量还是应引起高度的关注。

厦门市不同种类水产动物和藻类食品中铅、镉、总汞及铬含量综合分析评价表明,藻类综合污染指数水平最高,而甲壳类综合污染指数最低,说明在这 4 类海产品中藻类受铅、汞、镉、铬污染的综合可能性最大。尽管研究结果可能由于样品量小,缺乏一定的代表性,而且个别样品铅含量太高,高估了藻类铅的平均值,用 P_i 的平均值来表示有一定的局限性。但从污染分布来看,藻类铅清洁度仅为 2.86%,这应引起有关方面的重视,应追溯污染原因,及时采取有效措施控制,减少和治理污染,保障水产动物和藻类食品食用安全。

参考文献

- [1] Anton MS, Michael WM, Mark BS, et al. Effects of environmental methyl mercury on the health of wild birds, mammals and fish[J]. AMBIO, 2007,36(1): 12-18.
- [2] Martin K, Asit M. Effect of algal and bacterial diet on methyl mercury

concentrations in zooplankton[J]. Environ Sci Technol, 2005,(39): 1666-1672.

- [3] 叶峻.食品重金属污染及其防止措施[J].公共卫生与预防医学, 2010,21(1): 54-56.
- [4] 荣飏,洪华荣.厦门市售水产品中重金属污染分析与评价[J].海峡预防医学杂志,2015,21(1):52-54.
- [5] 周娜,白艳艳,王文伟,等.2008-2011 年厦门市食品中重金属污染状况调查[J].实用预防医学,2012,19(5):701-703.
- [6] 闫双双,蔡庆涛.厦门市居民水产品膳食结构的调查与评价[J].中国初级卫生保健,2015,29(1):72-75.
- [7] 中华人民共和国卫生部.中国国家标准化管理委员会. GB 2762-2012 食品中污染物限量[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [8] 中华人民共和国农业部.NY 5073-2006 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.
- [9] 姜杰,张慧敏,林凯,等.深圳市水产品中铅镉汞及污染状况评价[J].卫生研究,2011,40(4):527-528.
- [10] 贾晓平,林钦,李纯厚.广东沿海牡蛎体 Pb 含量水平及时空变化趋势[J].水产学报,2000,24(6):527-532.
- [11] Yap CK, Ismail A, Tan SG. Background concentrations of Cd,Cu,Pb and Zn in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Peninsular Malaysia[J]. Mar Pollut Bull,2003,46(8):1043-1048.
- [12] 王绪卿,吴永宁,陈君石.食品污染监测低水平数据处理问题[J].中华预防医学杂志,2002,36(4):278-279.
- [13] 何佳璐,张乾通.舟山市市售不同种类海产品中重金属污染现状[J].中国卫生杂志,2015,27(1):81-84.
- [14] 高志杰,汪娜娜.宁波市 2012 年海产品重金属污染状况分析[J].卫生研究,2013,23(15):3114-3116.
- [15] 洪华荣,张向东,陈剑锋,等.厦门市居民膳食中铅、镉暴露水平评估[J].卫生研究,2014,43(6):1009-1012,1017.

收稿日期:2017-02-16

(上接第 1310 页)

因片段却不断的在进化变异,甚至发生重组,有学者已根据 B 型流感病毒 HA 基因以外的其它 7 个基因片段的进化变异,将其分为了 14 个基因组^[16],其稳定的 HA 抗原所产生的抗体虽可以经年累积,但不一定就是全部的中和抗体,而其它片段的变异还可能增强病原的感染效力。

综上,本次调查人群中 B 型流感病毒的感染率较高,其次是 A(H1N1)。而猪对 A(H1N1)和 BY 流感病毒均易感,且是人 B 型流感病毒的潜在宿主。B 型流感病毒简单以 HA 分成 BV 和 BY,不能解释 B 型流感病毒持续循环的原因,有必要对 B 型流感病毒开展更深入的研究。

参考文献

- [1] Freidl GS, Binger T, Muller MA, et al. Serological evidence of influenza A viruses in frugivorous bats from Africa[J]. PLoS One, 2015, 10(5):e127035.
- [2] Osterhaus AD, Rimmelzwaan GF, Martina BE, et al. Influenza B virus in seals[J]. Science, 2000, 288(5468):1051-1053.
- [3] Jackson D, Elderfield RA, Barclay WS. Molecular studies of influenza B virus in the reverse genetics era[J]. J Gen Virol, 2011, 92(Pt 1): 1-17.
- [4] Kanegae Y, Sugita S, Endo A, et al. Evolutionary pattern of the hemagglutinin gene of influenza B viruses isolated in Japan; cocirculating lineages in the same epidemic season[J]. J Virol, 1990, 64(6):2860-2865.
- [5] Rota PA, Wallis TR, Harmon MW, et al. Cocirculation of two distinct evolutionary lineages of influenza type B virus since 1983[J]. Virology, 1990, 175(1):59-68.

- [6] McCullers JA, Saito T, Iverson AR. Multiple genotypes of influenza B virus circulated between 1979 and 2003[J]. J Virol, 2004, 78(23): 12817-12828.
- [7] Yoon SW, Webby RJ, Webster RG. Evolution and ecology of influenza A viruses[J]. Curr Top Microbiol Immunol, 2014, 385:359-375.
- [8] Decorte I, Steensels M, Lambrecht B, et al. Detection and isolation of swine influenza A virus in spiked oral fluid and samples from individually housed, experimentally infected pigs: potential role of porcine oral fluid in active influenza A virus surveillance in swine[J]. PLoS One, 2015, 10(10):e139586.
- [9] Ottis K, Sidoli L, Bachmann PA, et al. Human influenza A viruses in pigs: isolation of a H3N2 strain antigenically related to A/England/42/72 and evidence for continuous circulation of human viruses in the pig population[J]. Arch Virol, 1982, 73(2):103-108.
- [10] Beaudoin A, Gramer M, Gray GC, et al. Serologic survey of swine workers for exposure to H2N3 swine influenza A[J]. Influenza Other Respir Viruses, 2010, 4(3):163-170.
- [11] Cha SY, Seo HS, Kang M, et al. Serologic survey for antibodies to canine parvovirus and influenza virus in wild raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) in South Korea[J]. J Wildl Dis, 2013, 49(1):200-202.
- [12] Serra VF, Stanzani G, Smith G, et al. Point seroprevalence of canine influenza virus H3N8 in dogs participating in a flyball tournament in Pennsylvania[J]. J Am Vet Med Assoc, 2011, 238(6):726-730.
- [13] Ran Z, Shen H, Lang Y, et al. Domestic pigs are susceptible to infection with influenza B viruses[J]. J Virol, 2015, 89(9):4818-4826.
- [14] 杨成程,邓立权,栾博,等.吉林省 2012-2014 年流病病原学监测分析[J].实用预防医学,2016,23(10):1164-1166.
- [15] 罗春蕊,李娟,宁德明,等.云南省 2009-2013 年流感哨点医院监测结果分析[J].实用预防医学,2016,23(3):358-360.
- [16] Elderfield RA, Koutsakos M, Frise R, et al. NB protein does not affect Influenza B virus replication *in vitro* and is not required for replication in or transmission between ferrets[J]. J Gen Virol, 2016, 97(3): 593-601.

收稿日期:2017-01-10