

佛山市普君市场4种食用海鲜中的重金属含量分析

殷聪¹, 谢吴成², 朱峰^{2*}, 唐智勤³, 田峻³, 赵亮亮³

¹佛山科学技术学院食品科学与工程学院, 广东 佛山

²佛山科学技术学院环境与化学工程学院, 广东 佛山

³佛山市质量计量监督检测中心, 广东 佛山

收稿日期: 2023年6月12日; 录用日期: 2023年7月25日; 发布日期: 2023年8月3日

摘要

目的: 分析评价佛山市普君市场食用海鲜产品重金属含量。方法: 从佛山市普君市场选取4种常见海鲜产品(基围虾、虾蛄、花蛤和白贝), 采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)技术测定样品中重金属铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)以及总砷(As)的含量, 按照国家标准《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2022)进行评价。结果: 4种海鲜样品的重金属含量均符合国标GB2762-2022的限量规定。结论: 佛山市普君市场所售海鲜产品未发现重金属污染。

关键词

海鲜产品, 重金属含量, 电感耦合等离子体质谱, 重金属污染

Analysis of Heavy Metal Content in Four Kinds of Edible Seafood from Pujun Market in Foshan City

Cong Yin¹, Wucheng Xie², Feng Zhu^{2*}, Zhiqin Tang³, Jun Tian³, Liangliang Zhao³

¹School of Food Science and Engineering, Foshan University, Foshan Guangdong

²School of Environment and Chemical Engineering, Foshan University, Foshan Guangdong

³Foshan Supervision Testing Center of Quality and Metrology, Foshan Guangdong

Received: Jun. 12th, 2023; accepted: Jul. 25th, 2023; published: Aug. 3rd, 2023

*通讯作者。

文章引用: 殷聪, 谢吴成, 朱峰, 唐智勤, 田峻, 赵亮亮. 佛山市普君市场 4 种食用海鲜中的重金属含量分析[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(3): 165-171. DOI: 10.12677/hjfn.2023.123021

Abstract

Objective: To analyze and evaluate the heavy metal content of edible seafood products in Pujun Market in Foshan city. **Methods:** 4 common seafood products (*Metapenaeus ensis*, *Mantis shrimp*, *Ruditapes philippinarum*, and *Monetaria moneta* (Linnaeus)) were selected from Pujun Market in Foshan city. The amounts of heavy metals lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), and total arsenic (As) were determined by ICP-MS method. The test results were evaluated according to the national standard "National Standard for Food Safety-Limits of Contaminant in Food" (GB2762-2022). **Results:** The heavy metal content of 4 seafood samples met the limit of national standard GB2762-2022. **Conclusion:** No heavy metal pollution was found in the seafood products sold in Foshan Pujun Market.

Keywords

Seafood Products, Heavy Metal Content, ICP-MS, Heavy Metal Contamination

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国水域面积辽阔[1], 水产资源特别丰富[2], 水产品的种类更是多种多样, 随着人们生活水平的提高, 海鲜也逐渐成为了大家饮食的首选[3]。海鲜具有很高的营养价值[4], 其富含优质蛋白(以极易消化吸收的肌球蛋白为主)、不饱和脂肪酸及人体必需的氨基酸等[5]。海鲜中的蛋白质含量很高, 一般在百分之二十左右, 其蛋白质中氨基酸的组成及含量更适合人体吸收, 是饮食中获取蛋白质的良好渠道[6]。海鲜也富含人体必需的微量元素[7], 比如钾、铁、锌、硒、维生素等, 尤其贝类中的牛磺酸还有降低血清胆固醇的作用[8]。此外, 海鲜中也富含碘, 其含量大于陆地生食物, 碘对于人体非常重要, 对正在身体发育阶段的青少年来说, 碘供给不足, 可能会形成甲状腺肿, 所以在生活中合理摄取海鲜产品, 将有助于减少身体在生活中出现的不良表现[9]。此外, 海鲜的钙含量也十分丰富, 可以促进骨骼发育, 同时能增强自身的免疫能力[10]。海鲜因其营养价值高, 味道鲜美, 深受大众的喜爱[11]。然而随着工业化的推进, 水产养殖业兴起的的同时, 重金属污染问题也越来越严重[12]。首先是在农业生产的过程中, 为了提高作物的产量和经济效益, 大量农药和化肥的使用增加了很多的农业污染源[13], 严重影响生态环境。据 2010 年统计局数据显示, 水产养殖业中主要水污染物排放量: 化学需氧量 55.83 万吨, 总氮 8.21 万吨, 总磷 1.56 万吨, 铜 54.85 吨, 锌 105.63 吨。其次是工业生产中, 工业废气、废水的排入使得大量铅、镉、汞等有毒有害的重金属源源不断的向环境中释放[14], 大量江河湖海被污染, 海洋环境污染的加重和人类活动的影响, 海鲜中的重金属含量也逐渐升高, 重金属经过层层累积[15], 最终通过食物被人体吸收, 恶性的生态循环严重损害人们的身体健康[16]。研究[17][18]显示, 人体摄入的重金属超标则出现头晕、食欲不振、记忆力减退等表现, 重则损害神经系统发育, 引发细胞异型, 影响细胞功能, 增加致癌风险。重金属对水产养殖环境的污染已经成为一个广泛的全球性问题, 不但会影响水产品质量安全, 还会给消费者带来健康风险, 诱发食品安全问题[19][20]。食品安全问题不仅关系到人们的健康状况、环境的持续发展、国家的稳定团结, 而且与经济、社会的发展密不可分[21][22]。因此, 检测海鲜中重金属含量是进

行食品安全风险评估的重要内容之一。佛山位于沿海地区, 重金属污染问题不可忽视, 为了调查佛山地区海鲜市场中贝类产品重金属含量是否超标, 监测其是否符合国家相关标准, 为消费者提供一点信心。与传统的检测方法相比, 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)技术检测灵敏度更高、具有宽线性范围、低检出限、高选择性、安全性能更好等众多优点, 可以做到快速迅速, 且操作步骤十分便捷, 是一种简单高效的检测方法[23] [24] [25] [26]。该方法准确度高, 能满足日常对海鲜食品中重金属元素的检测要求[27] [28] [29]。本工作根据《食品安全国家标准食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) [30]使用 ICP-MS 法检测了普君市场基围虾(*Metapenaeus ensis*)、虾蛄(*Mantis shrimp*)、花蛤(*Ruditapes philippinarum*)、白贝(*Monetaria moneta* (Linnaeus))等 4 种常见海鲜中铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)重金属含量, 并对照最新发布的《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2022) [31]进行评价。

2. 实验部分

2.1. 原材料

基围虾、虾蛄、花蛤和白贝 4 份样品均于 2023 年 3 月 16 日购自佛山市普君市场。

2.2. 仪器与试剂

仪器:iCAP Qc 型电感耦合等离子体质谱仪(美国 Thermo Fisher 科技公司)和 MARS6 型微波消解仪(美国 CEM 公司)。

试剂: 国家有色金属及电子材料分析测试中心生产的 8 种元素(As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, Sb, Se)混合标准溶液(1000 $\mu\text{g/mL}$)、硝酸(优级纯或更高纯度)、实验所用超纯水为 GB/T 6682 规定的一级水。

2.3. 配制标准溶液

5%硝酸溶液: 取 50 mL 硝酸, 缓慢加入 950 mL 水中, 混匀待用。

铅、镉、汞、砷等多元素标准系列溶液的配制: 吸取适量多元素混合标准贮备液于 100 mL 容量瓶中, 用 5%硝酸溶液将铅、镉、汞、砷标准储备液分别稀释成浓度为 0、2.5 $\mu\text{g/L}$ 、5 $\mu\text{g/L}$ 、10 $\mu\text{g/L}$ 、20 $\mu\text{g/L}$ 的标准溶液, 摇匀待用。

2.4. 仪器工作参数确定

调谐液用 10 $\mu\text{g/L}$ 的铅、镉、汞、砷的混合标准溶液。打开 ICP-MS 仪器操作软件的日常优化界面后, 通过仪器设置程序, 对射频功率、等离子体流量、载气流量、辅助气流量、氦气流量等重要的工作参数进行优化。优化后的 ICP-MS 仪器工作参数见表 1。

Table 1. Instrument operating parameters of ICP-MS

表 1. ICP-MS 仪器工作参数

参数	设定值	参数	设定值
射频功率	1500 W	雾化器	高盐/同心雾化器
等离子体气流量	15 L/min	采样锥/截取锥	镍/铂锥
载气流量	0.80 L/min	采样深度	8 mm~10 mm
辅助气流量	0.40 L/min	采集模式	跳峰
氦气流量	4 L/min~5 L/min	检测方式	自动
雾化室温度	2 $^{\circ}\text{C}$	每峰测定点数	1~3
蠕动泵采集转速	0.3 r/s	重复次数	2~3

2.5. 标准曲线绘制

取“2.3.”配制好的 0、2.5 $\mu\text{g/L}$ 、5 $\mu\text{g/L}$ 、10 $\mu\text{g/L}$ 、20 $\mu\text{g/L}$ 的铅、镉、汞、砷混合标准系列溶液(表 2), 测定并绘制标准曲线, 用 5%硝酸溶液为空白。

Table 2. Mixed standard series of lead, cadmium, mercury and arsenic

表 2. 铅、镉、汞、砷混合标准溶液系列

元素	空白/ $(\mu\text{g/L})$	浓度 1/ $(\mu\text{g/L})$	浓度 2/ $(\mu\text{g/L})$	浓度 3/ $(\mu\text{g/L})$	浓度 4/ $(\mu\text{g/L})$
铅(Pb)	0	2.5	5	10	20
镉(Cd)	0	2.5	5	10	20
汞(Hg)	0	2.5	5	10	20
砷(As)	0	2.5	5	10	20

2.6. 样品测定

样品根据《食品安全国家标准食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) [30], 用“2.4.”确定的 ICP-MS 仪器工作参数进行测定。用清水洗净样品外壳上的泥沙及其他附着物, 然后将基尾虾、虾蛄掐头去尾, 每份样品均弃其外壳, 取其可食用部分, 之后用匀浆机将样品打至均匀, 每份样品大约 200 g 左右。称取固体样品 0.2 g 于微波消解内罐中, 加入 5 mL 硝酸, 加盖放置 1 h, 旋紧罐盖, 按照微波消解仪操作步骤进行消解(消解参考条件见表 3)。冷却后取出, 缓慢打开罐盖排气, 将消解完成的液体转移到 50 mL 的比色管中, 用去离子水冲洗内盖置于比塞管中, 并用少量去离子水冲洗三次消解内罐于比塞管中, 之后定容到 50 mL, 将溶液混匀备用, 同时做空白实验。通过标准曲线计算得到相应的重金属浓度, 扣除相应的样品空白后, 计算各重金属元素的含量。

Table 3. Working parameters of microwave digestion

表 3. 微波消解工作参数

程序	功率/W	控制温度/ $^{\circ}\text{C}$	升温时间/min	恒温时间/min
1	400	120	5	5
2	400	150	5	10
3	400	190	5	20

3. 结果与讨论

3.1. 标准曲线与检出限

按表 1 的方法对各浓度的标准系列进行测定, 以铅、镉、汞、砷 4 种重金属元素的浓度为横坐标, 以元素与内标元素响应值的比值为纵坐标, 绘制铅、镉、汞、砷 4 种元素的标准曲线, 线性关系良好, 得出其线性回归方程以及相关系数, 见表 4。各元素的 ICP-MS 定量限和检出限见表 5, 符合《食品安全国家标准食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) [30]的要求。

3.2. 样品检测结果与分析

根据《食品安全国家标准食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) [30], 采用 ICP-MS 技术对来自

佛山市普君市场的基围虾、虾蛄、花蛤、白贝等 4 份样品进行检测分析, 结果见表 6。对照最新发布的《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2022) [31]进行评价。

Table 4. Linear regression equation of different elements and there correlation coefficient

表 4. 各元素线性回归方程及相关系数

元素	线性回归方程	相关系数
铅(Pb)	$Y = 11720X + 7348.6$	0.9959
镉(Cd)	$Y = 7980X + 6789.6$	0.9992
汞(Hg)	$Y = 4983X + 7688.6$	0.9993
砷(As)	$Y = 57880X + 8532.6$	1.0000

Table 5. Limit of quantitation and detection of ICP-MS

表 5. 电感耦合等离子体质谱定量限及检出限

元素	检出限 1/(mg/kg)	检出限 2/(mg/L)	定量限 1/(mg/kg)	定量限 2/(mg/L)
铅(Pb)	0.020	0.0050	0.050	0.020
镉(Cd)	0.002	0.0005	0.005	0.002
汞(Hg)	0.001	0.0003	0.003	0.001
砷(As)	0.002	0.0005	0.005	0.002

Table 6. Heavy metal element content of 4 seafood samples (mg/kg)

表 6. 4 种海鲜样品重金属元素含量(mg/kg)

样品	铅(Pb)	镉(Cd)	汞(Hg)	砷(As)
基围虾	0.03	0.01	0.011	0.002
虾蛄	0.02	0.07	0.003	0.003
花蛤	0.04	0.03	0.002	0.002
白贝	0.15	0.15	0.008	0.003
评价标准[31]	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 0.5	≤ 0.5

从表 6 可以看出, 所测的 4 种海鲜样品中, 都检测出铅、镉、汞、砷 4 种重金属, 但检出量都很低。其中白贝中的铅含量和镉含量较高, 基围虾中的汞含量较高, 而 4 种样品中的砷含量都较低。铅、镉、汞、砷四种元素的含量均在 0 到 1.5 (mg/kg) 单位内, 未超出国家标准限量范围。食品安全国家标准 GB2762-2022 [31]《食品安全国家标准食品中污染物限量》规定海鲜产品中铅(Pb)的含量不超过 1.5 mg/kg, 镉(Cd)的含量不超过 2.0 mg/kg, 汞(Hg)的含量不超过 0.5 mg/kg, 砷(As)的含量不超过 0.5 mg/kg。本文对 4 种海鲜样品的测定结果表明, 铅、镉、汞、砷元素的含量均在国家食品安全相关标准规定的限量值以内, 符合海鲜产品的国家合格标准。本次调查研究的海鲜产品受重金属污染的风险较低, 这也为开展水产品中重金属污染状况研究提供了参考。

4. 结论

采用 ICP-MS 技术对来自佛山市普君市场的 4 种常见食用海鲜产品基围虾、虾蛄、花蛤和白贝中铅、

镉、汞、砷 4 种重金属含量进行了检测,测定的各重金属元素的相关系数均在 0.99 以上,定量限和检出限符合《食品安全国家标准-食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) [30],说明该方法可靠。

对照最新发布的国家标准《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2022) [31]对佛山市普君市场的 4 种常见食用海鲜产品基围虾、虾蛄、花蛤和白贝中铅、镉、汞、砷 4 种重金属含量进行评价,结果所测重金属含量均在国标限量范围内,未发现海鲜产品重金属污染,说明佛山市普君市场该检测批次 4 种海鲜产品(基围虾、虾蛄、花蛤和白贝)重金属含量检测合格,是安全可食用的海鲜产品。

参考文献

- [1] 齐力, 宋蕾, 王智芳. 聚焦水域安防智能化助力水生态环境保护——水域环保智能化技术研究与应用[J]. 中国安防, 2023(4): 74-78.
- [2] 董秀强, 刘淑德, 张收元, 纪云龙, 纪翔, 何炜. 山东近海捕捞业现状分析与高质量发展对策研究[J]. 中国水产, 2023, 566(1): 79-82.
- [3] 陈晶晶, 吕敏, 阮志德, 荣文秀. 天然生物保鲜剂应用于海鲜保鲜的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(2): 9-14.
- [4] 蒋家驷. 海鲜营养好, 禁忌需知晓[J]. 家庭用药, 2012(4): 41.
- [5] 陈舜胜. 吃海鲜, 避开重金属[J]. 恋爱·婚姻·家庭(养生版), 2016(5): 41.
- [6] 陈宗伦. 十大海鲜, 营养各异[J]. 美食, 2012(8): 49.
- [7] 张小满. 海洋污染是否已经危及到海产品安全[J]. 生活与健康, 2018(8): 16-17.
- [8] 陈家鑫. 贝类食品与营养[J]. 健康世界, 2001, 9(1): 33.
- [9] 姜珊. 海鲜吃其鲜, 选其鲜[J]. 大众健康, 2018(11): 86-87.
- [10] 伊宏旭. 海鲜市场的食品安全现状[J]. 现代食品, 2023, 29(4): 137-139.
- [11] 张剑涛. 2021 年度平潭地区流通领域水产品重金属镉含量分析调查[J]. 食品安全导刊, 2022(24): 60-62.
- [12] 边朋沙, 张硕, 安彩秀, 刘安, 李龙飞, 宋娟娟, 刘晓慧, 刘丽丽. 高压微波消解-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定小米样品中铜铅锌镉铬镍砷[J]. 中国无机分析化学, 2023, 13(5): 420-424.
- [13] 左航, 陈艺贞, 陈建华, 郭阳, 王汝明, 方芳, 赵佳颖, 刘颖. ICP-MS 研究黄河三湖河口表层沉积物对 Cd^{2+} 和 Cu^{2+} 的吸附-解吸特性[J]. 光谱学与光谱分析, 2017, 37(3): 902-909.
- [14] 孙莉娜, 黄玉英. 厦门沿海贝类中重金属的含量及污染状况评价[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2018, 41(2): 181-184.
- [15] 黄玉英. 福州、泉州两地沿海贝类重金属污染状况及其健康风险[J]. 长春师范大学学报, 2020, 39(2): 81-86.
- [16] 王文雄, 潘进芬. 重金属在海洋食物链中的传递[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 599-603.
- [17] 彭芳芳, 彭先强, 罗兰芳, 朱淑珍. 蔬菜中重金属超标的危害及常见检测方法[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(24): 55-56, 133.
- [18] 王美霞. 食品中重金属超标危害和检测[J]. 食品界, 2016(6): 70-70.
- [19] 刘琪琪, 周钰欣. 食品中重金属超标的危害及检测[J]. 电脑校园, 2019(12): 5017-5018.
- [20] 赵杨阳. 食品中重金属超标危害与检测[J]. 现代食品, 2018(7): 111-113.
- [21] 陈翠珊, 张伟然, 李春生, 赖旭辉, 王德南. 食品安全对社会经济发展的影响与对策分析[J]. 粮食科技与经济, 2019, 44(1): 28-29.
- [22] 王成. 食品安全与社会主义市场经济发展的关系[J]. 经济论坛, 2014(2): 134-136.
- [23] 祖文川, 汪雨, 李冰宁, 任敏, 刘聪, 武彦文, 陈舜琮. ICP-MS 相关联用技术在食品元素形态分析中的应用及进展[J]. 质谱学报, 2013, 34(4): 247-256.
- [24] 吴国旭. 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)对土壤中 Cr、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Hg、Pb 分析方法研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 南开大学, 2004.
- [25] 刘红艳, 周燕, 王铁夫, 李予晋. ICP-MS 法测土壤样品中铜铅的不确定度评定[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(4): 1115-1118.

-
- [26] 许家琦, 孔秀芹, 高小春. 浅谈 ICP-MS 技术在中成药重金属和有害元素检测中的应用[J]. 山东化工, 2023, 52(5): 91-93.
- [27] 刘慧英, 占如意, 陈露婷, 叶文, 金慧羚, 郑慧欣, 孟信刚. ICP-MS 技术在食品中重金属检测的研究进展[J]. 当代化工研究, 2023(7): 8-10.
- [28] 李菁, 杨鹏. 光谱法检测重金属在食品安全中的应用[J]. 农机使用与维修, 2016(7): 36.
- [29] 陈亮. 原子吸收光谱检测法在检测重金属中检测原理的应用研究[J]. 河南科技, 2013(16): 34, 46.
- [30] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.268-2016. 食品安全国家标准食品中多元素的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [31] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 2762-2022. 食品安全国家标准食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.