

- 病负担研究[J]. 医学动物防治, 2017, 33(4): 421-422.
- [5] 马晓晨, 王超, 王同瑜, 等. 北京市社区人群急性胃肠炎患病状况流行病学调查[J]. 中国公共卫生, 2019, 35(3): 321-323.
- [6] 马晓晨, 曾彪, 马蕊, 等. 北京市社区人群急性胃肠炎患病状况流行病学调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(3): 365-368.
- [7] 章荣华, 陈江, 张荷香, 等. 浙江省杭嘉湖地区自报性急性胃肠炎负担研究[J]. 疾病监测, 2012, 27(4): 311-315.
- [8] 刘爽, 李骏, 龚晨睿, 等. 湖北省急性胃肠炎疾病人群负担评估[J]. 中国公共卫生, 2016, 32(4): 554-557.
- [9] 张书芳, 李杉, 袁蒲, 等. 2014—2015年河南省居民急性胃肠炎流行病学负担研究[J]. 现代预防医学, 2016, 43(20): 3661-3664.
- [10] 徐华珠, 孙桂菊, 王少康, 等. 南京市消费者“可能的食源性疾病”状况调查[J]. 中国卫生监督杂志, 2005, 12(5): 345-346.
- [11] HO S C, CHAU P H, FUNG P K, et al. Acute gastroenteritis in Hong Kong: a population-based telephone survey[J]. Epidemiol Infect, 2010, 138(7): 982-991.
- [12] SCALLAN E, FITZGERALD M, COLLINS C, et al. Acute gastroenteritis in northern Ireland and the Republic of Ireland: a telephone survey[J]. Commun Dis Public Health, 2004, 7(1): 61-67.
- [13] ZHOU Y J, DAI Y, YUAN B J, et al. Population-based estimate of the burden of acute gastrointestinal illness in Jiangsu Province, China, 2010-2011 [J]. Epidemiol Infect, 2013, 141(5): 944-952.
- [14] SANG X L, LIANG X C, CHEN Y, et al. Estimating the burden of acute gastrointestinal illness in the community in Gansu Province, north-west China, 2012-2013 [J]. BMC Public Health, 2014, 14(1): 787.

调查研究

温州地区市售螃蟹中镉污染状况及其在蟹体内分布研究

林彩琴, 林少美, 陈璐洛, 郑三燕, 李瑞芬

(温州市疾病预防控制中心, 浙江温州 325000)

摘要:目的 了解温州地区市售螃蟹中镉的污染状况及其在蟹体内可食部分的分布情况, 引导消费者健康食用。方法 采用随机采样方法在温州市6个县区的51个市场采集3种螃蟹235份样品, 依据GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》中的电感耦合等离子体质谱法测定镉含量。结果 235份样品中, 镉检出率为100%。2013、2015—2017年间, 梭子蟹中镉污染呈上升趋势。梭子蟹、青蟹中蟹肉、蟹膏的镉含量均大于大闸蟹, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 梭子蟹和青蟹中镉含量差异无统计学意义($P > 0.05$)。梭子蟹中镉分布情况: 蟹黄/蟹膏 > 胸肌 > 腿肌, 雌蟹和雄蟹中各部位镉含量差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 镉主要富集在蟹黄/蟹膏内, 与螃蟹品种、性别和个体差异无关。梭子蟹、青蟹中镉含量超标严重, 特别是蟹黄/蟹膏, 存在一定的安全风险, 食用螃蟹时需适量, 尤其蟹黄/蟹膏的摄入量。

关键词: 螃蟹; 镉; 污染; 分布

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2020)04-0414-04

DOI: 10.13590/j.cjfh.2020.04.012

Research on concentration and distribution of cadmium in crabs sold in Wenzhou

LIN Caiqin, LIN Shaomei, CHEN Luolu, ZHENG Sanyan, LI Ruifen

(Wenzhou Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Wenzhou 325000, China)

Abstract: Objective To investigate the contamination and distribution of cadmium (Cd) in crabs sold in Wenzhou, and instruct consumers to eat healthily. **Methods** Three crab species were collected from 51 markets in 6 counties and districts of Wenzhou. The content of Cd was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry based on GB 5009.268-2016. **Results** The detection rate of Cd was 100% in 235 samples. The Cd pollution in *Portunus* crab increase

during 2013, 2015 to 2017. The Cd content of muscle and hepatopancreas in *Portunus* crab and *Scylla serrata* was higher than that in *Eriocheir sinensis* Milne-Edwards ($P < 0.05$). There was no significant difference in the Cd content between *Portunus* crab and *Scylla serrata* ($P > 0.05$). The distribution of Cd in *Portunus* crab was hepatopancreas and gonad > pectoral muscle > leg muscle, there was no significant difference of cadmium content in different parts between female and male crabs ($P > 0.05$). **Conclusion** Cd was mainly concentrated in hepatopancreas, which was irrelevant to crab species, sex and individual difference. Cd content of *Portunus* crab and *Scylla serrata* exceeded the standard seriously, especially in hepatopancreas. People should pay more attention to the Cd pollution of crabs, and reduce the intake of hepatopancreas if necessary.

Key words: Crab; cadmium; contamination; distribution

螃蟹属于甲壳类动物,不仅肉质细嫩鲜美,且营养十分丰富。蟹肉中含有丰富的蛋白质以及矿物质,蟹黄/蟹膏中富含脂肪和胆固醇等,其独特风味深受人们喜爱。近年来,由于环境的污染,关于螃蟹等甲壳类水产品中富集镉的情况多有报道。张聪等^[1]研究发现太湖流域的中华绒螯蟹大多数样品中镉处于轻度污染和中度污染水平;尤炬炬等^[2]研究发现浙江省自然海区梭子蟹中镉的含量远大于总汞、铅等重金属的含量,同时发现蟹类不同部位的镉含量差别很大。镉是有毒元素,在生物体内会富集,长期摄入高镉食品可能会导致组织损伤、内分泌紊乱和生殖器官功能障碍,诱发心血管疾病、终末期肾脏病等多种疾病^[3]。镉被国际癌症研究机构列为可致癌物质。温州作为沿海城市,拥有丰富的水产资源,梭子蟹、青蟹和大闸蟹等经济蟹类是主要水产品,因此了解温州地区市售蟹体中镉含量及分布情况对于指导居民健康食用螃蟹具有现实意义。本研究对温州地区的三种蟹类进行了抽样检测,比较了不同年份梭子蟹中镉含量差异、性别对梭子蟹中镉含量影响以及三种螃蟹中镉含量分布情况,引导消费者合理食用。

1 材料与方 法

1.1 样品来源

2013、2015—2018年,选取温州市所辖沿海6个县(区)为监测点,选择居民摄入量大的梭子蟹、青蟹和大闸蟹作为分析对象,采用随机抽样原则,在51个采样点(农贸市场43个,超市5家,水产码头1个,海鲜酒楼2家),按照散装食品采样方法共采集235份样品。2013、2015—2017年间采集129份梭子蟹样品,进行不同采样年份全蟹体镉含量分析。2017年秋季另外采集18份雄性梭子蟹、13份雌性青蟹和9份雌性大闸蟹,进行不同种类蟹体中蟹肉和蟹膏的镉含量分析;2018年采集37份雄性梭子蟹和29份雌性梭子蟹,进行不同性别蟹体内胸肌、腿肌、蟹黄/蟹膏中镉含量分析。

1.2 方 法

1.2.1 检测方法

采用GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[4]中的电感耦合等离子体质谱法检测样品中镉含量,检出限为0.002 mg/kg,定量限为0.006 mg/kg。样品前处理按照方法规定进行,做全蟹体镉含量分析时,取整只螃蟹样品去壳、鳃等不可食部分,取可食部分蟹肌肉、蟹黄/蟹膏匀浆后作为全蟹体分析备用;做不同部位镉含量分析时,选个体完整肥硕的样品,将其蟹肉(包含腿肌肉和胸肌肉)、蟹黄/蟹膏分离,分别匀浆备用;其他试验步骤按照方法给定程序进行。检测仪器为美国ThermoFisher X II电感耦合等离子体质谱仪。

1.2.2 质量控制

按每批次20份样品进行检测,取该批次的10%比例样品进行平行样和加标回收试验,平行样相对偏差不得超过20%,同时做试剂空白平行试验。采用扇贝标准参考物质[GBW10024(GSB-15)]作为质量控制样品,测定结果在证书给定的参考值范围内、回收率达到85%以上的同批样品结果值作为有效结果。

1.2.3 结果评价

按GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[5]对检测结果进行判定,甲壳类镉限量值为0.5 mg/kg。对于镉未检出的样品,按照世界卫生组织(WHO)给出的食品污染监测低水平数据处理要求进行^[6],本研究中未检出数据低于60%,按检出限的二分之一对检测结果进行统计。

1.3 统计学分析

采用SPSS 19.0软件对数据进行统计分析。螃蟹中镉含量不符合正态分布,采用中位数和四分位间距[M(Q_R)]描述,不同年份梭子蟹中镉含量比较采用Kruskal-Wallis H检验法;三种螃蟹和雌雄蟹中各部位镉含量比较采用Friedman检验法;三种螃蟹和雌雄蟹中对应部位镉含量比较采用Mann-Whitney U检验法;超标率采用卡方检验; $P < 0.05$ 为

差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同年份采集的梭子蟹全蟹体镉含量

2013、2015—2017年共129份梭子蟹样品中,梭子蟹全蟹体内镉含量中位数为1.99 mg/kg,4年间梭子蟹中镉含量呈递增趋势,差异有统计学意义($\chi^2 = 40.463, P < 0.05$)。梭子蟹全蟹体中镉检出率为100%(129/129),超标率为88.4%(114/129),不同年度间镉超标率差异有统计学意义($\chi^2 = 26.404, P < 0.05$),见表1。

表1 不同年份梭子蟹全蟹体镉的含量

Table 1 Concentrations of cadmium in *Portunid trituberculatus* in several years

采样时间	采样份数	含量范围 / (mg/kg)	镉含量 M(Q _R) / (mg/kg)	检出率/%	超标率 ^a /%
2013年	20	0.060 9 ~ 2.77	0.629(1.06)	100	55.0(11)
2015年	40	0.051 1 ~ 10.1	1.210(1.64)	100	85.0(34)
2016年	44	0.713 ~ 10.5	2.27 (1.38)	100	100(44)
2017年	25	0.555 ~ 6.00	3.85 (2.15)	100	100(25)
合计	129	0.051 1 ~ 10.5	1.99 (2.37)	100	88.4(114)

注:^a 括号内为超标样品份数

2.2 不同品种螃蟹蟹肉和蟹膏中镉含量

2017年秋季采集了梭子蟹18份、大闸蟹9份和青蟹13份,均为雄蟹,每份样品中取完整肥硕的

一只为检测样品,剥离出蟹肉和蟹膏用作不同品种螃蟹中蟹肉和蟹膏中镉含量的分析。结果发现梭子蟹、青蟹和大闸蟹中蟹肉和蟹膏的镉检出率均为100%,三种螃蟹的蟹肉中镉含量差异有统计学意义($P < 0.05$),梭子蟹、青蟹中蟹肉的镉含量高于大闸蟹,差异有统计学意义($P < 0.05$);梭子蟹、青蟹中蟹膏的镉含量高于大闸蟹,差异有统计学意义($P < 0.05$)。梭子蟹、青蟹的蟹肉和蟹膏中镉含量差异无统计学意义($P > 0.05$)。三种螃蟹的蟹肉和蟹膏中镉绝对含量比较分析结果与上述一致。蟹肉中,仅梭子蟹的镉含量超标(16.7%,3/18),青蟹和大闸蟹的镉含量均未超标;蟹膏中,梭子蟹的镉含量超标率为100%(18/18),青蟹的镉含量超标率为76.9%(10/13),大闸蟹则未超标,见表2。三种螃蟹的镉污染情况:梭子蟹、青蟹>大闸蟹。

配对比较同一只螃蟹的不同部位,结果发现梭子蟹、青蟹、大闸蟹的蟹膏中镉含量均高于其蟹肉,差异有统计学意义($Z = -3.724, Z = -3.180, Z = -2.666; P < 0.05$)。其中青蟹和梭子蟹的蟹膏中镉含量较高,最高值分别为19.9和12.4 mg/kg。蟹肉和蟹膏中镉绝对含量差异分析也与上述结果一致,因此,镉主要富集在蟹膏内,与螃蟹的品种和个体无明显相关性。

表2 三种雄螃蟹蟹肉和蟹膏中镉含量

Table 2 Concentrations of cadmium in muscles and hepatopancreas of three species of male crabs

螃蟹种类	部位	采样份数	含量范围 / (mg/kg)	镉含量 M(Q _R) / (mg/kg)	镉绝对含量范围/μg	镉绝对含量 M(Q _R)/μg	超标率 ^a /%
梭子蟹	蟹肉	18	0.050 1 ~ 0.971	0.150(0.155)	1.01 ~ 31.1	4.63(5.19)	16.7(3)
	蟹膏	18	1.67 ~ 12.4	7.44(3.76)	25.9 ~ 467	136(107)	100(18)
青蟹	蟹肉	13	0.004 27 ~ 0.464	0.133(0.206)	0.104 ~ 23.5	3.43(7.79)	0.00(0)
	蟹膏	13	0.140 ~ 19.9	4.24(10.1)	3.63 ~ 950	325(599)	76.9(10)
大闸蟹	蟹肉	9	0.002 10 ~ 0.089 9	0.015 2(0.013 7)	0.015 0 ~ 1.16	0.213(0.121)	0.00(0)
	蟹膏	9	0.090 5 ~ 0.334	0.162(0.152)	2.35 ~ 12.1	5.87(2.15)	0.00(0)

注:^a 括号内为超标样品份数

2.3 不同性别梭子蟹中镉分布情况

2018年秋季采集雌性梭子蟹37份、雄性梭子蟹29份,每份样品中取完整肥硕的一只为检测样品,剥离出胸肌肉、腿肌肉、蟹黄/蟹膏,检测各部位镉的绝对含量并计算其在整只螃蟹中镉总量的占比。雌蟹、雄蟹中各部位镉的检出率均为100%,雌蟹中胸肌、腿肌和蟹黄中镉的绝对含量差异有统计学意义($\chi^2 = 74.000, P < 0.05$)。雌蟹胸肌和腿肌、胸肌和蟹黄、腿肌和蟹黄两两之间镉绝对含量差异有统计学意义($P < 0.05$)。雌蟹中蟹黄的镉绝对含量高于胸肌和腿肌,胸肌中镉绝对含量高于腿肌,差异有统计学意义($P < 0.05$)。可见雌蟹中镉绝对含量,蟹黄>胸肌>腿肌。雄蟹

胸肌、腿肌和蟹膏中镉绝对含量差异有统计学意义($\chi^2 = 58.000, P < 0.05$)。雄蟹胸肌和腿肌、胸肌和蟹膏、腿肌和蟹膏两两之间镉绝对含量差异有统计学意义($P < 0.05$)。雄蟹中蟹膏的镉绝对含量高于胸肌和腿肌,胸肌中镉绝对含量高于腿肌,差异有统计学意义($P < 0.05$)。可见雄蟹中镉绝对含量,蟹膏>胸肌>腿肌。蟹黄/蟹膏中镉绝对含量的占比中位数大于90%,因此镉主要富集在蟹黄/蟹膏中。

雌蟹中各部位镉的分布与雄蟹比较,胸肌、腿肌和蟹黄/蟹膏之间均差异无统计学意义($P > 0.05$),说明蟹体中各部位镉的分布差异与螃蟹的性别无明显相关性,结果见表3。

表3 雌蟹和雄蟹中蟹体内各部位镉绝对含量

Table 3 Mass of cadmium in different parts of male and female crab

性别	部位	样品份数	镉绝对含量范围/ μg	镉绝对含量 $M(Q_R)/\mu\text{g}$	镉绝对含量占比 $M(Q_R)/\%$
雌蟹	胸肌	37	0.161~19.5	2.61(4.54)	3.39(6.42)
	腿肌	37	0.0876~3.04	0.388(0.617)	0.369(0.471)
	蟹黄	37	7.18~467	82.2(59.6)	95.4(7.09)
雄蟹	胸肌	29	0.717~39.0	2.35(6.30)	3.37(6.01)
	腿肌	29	0.0696~12.3	0.399(0.694)	0.484(1.19)
	蟹膏	29	12.7~507	65.8(103)	94.6(8.86)

3 讨论

研究结果表明近几年温州地区市售梭子蟹中镉含量有逐年增加的趋势,梭子蟹全蟹体中镉含量处于较高水平,历年镉含量中位值为1.99 mg/kg,是限量值的4倍,高于宁波^[7]、绍兴^[8]和廊坊^[9]等地。梭子蟹各部位镉含量:蟹黄/蟹膏>胸肌>腿肌。蟹黄/蟹膏的镉绝对含量在全蟹体镉绝对含量中的占比中位数大于90%。三种雄螃蟹蟹膏中镉含量高于其蟹肉,镉主要富集于蟹膏中,这与梁日平等^[10]、赵艳芳等^[11]的研究结果相符合。蟹膏中镉含量,梭子蟹、青蟹>大闸蟹;蟹肉中镉含量,梭子蟹、青蟹>大闸蟹;这与王剑萍等^[12]的研究结果相一致,说明梭子蟹、青蟹受到镉的污染比大闸蟹的严重。王茂波等^[13]发现螃蟹富集重金属能力比一般海产品高,蟹黄/蟹膏是蟹类的肝胰腺,是镉富集和解毒排泄的主要器官^[9],因此蟹黄/蟹膏中镉含量高于蟹肉。这与螃蟹品种、性别以及个体大小差异无明显相关性。螃蟹体内的镉主要来自于其生长的环境,应该减少含镉物质的排放以及加强对受污染环境的监测和治理。

参照2009年欧洲食品安全署规定^[14]的镉每周允许摄入量(TWI)为2.5 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ 。以标准体重60 kg计,则每人每周允许摄入的镉为150 μg 。据本研究发现,有36.2%(55/152)的梭子蟹和青蟹样品中镉绝对含量超过150 μg ,存在一定的安全隐患。陈晟等^[15]对于动物性海产品中镉残留量进行了健康风险评估,研究中发现温州市螃蟹等海产品中镉污染较严重,建议居民适量食用此类产品,以减少镉的摄入与富集。

据文献^[16]报道,梭子蟹中的镉含量虽然很高,但是镉并不均以毒性最高的无机离子态的形式存在,而是通过复杂的生物利用形式以镉-金属硫蛋白

(cadmium-metallothionein, Cd-MT)、镉-半胱氨酸(cadmium-cysteine, Cd-Cys)等低毒形态存在于螃蟹体内。MARTIN等^[14]研究冷冻和烹饪过程中螃蟹中镉的迁移情况,发现新鲜的螃蟹肉中镉含量比新鲜煮熟和冷冻后解冻再煮熟的蟹肉低,因此,虽然梭子蟹等螃蟹中镉的含量高,存在安全隐患,但它对人体造成的影响有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 张聪,宋超,裘丽萍,等. 太湖流域中华绒螯蟹重金属镉和铬的风险评估[J]. 环境科学与技术,2017,4(3):178-181.
- [2] 尤炬炬,刘琴,鲍静娇,等. 浙江自然海区梭子蟹重金属残留现状分析[J]. 现代农业科技,2017(21):190-203.
- [3] 李裕,张强,王润元,等. 镉的致癌性与食品中镉的生物有效性[J]. 生命科学,2010,22(2):179-184.
- [4] 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. 食品安全国家标准 食品中多元素的测定: GB 5009.268—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [5] 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. 食品安全国家标准 食品中污染物限量:GB 2762—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [6] 王绪卿,吴永宁,陈君石,等. 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(36):278-279.
- [7] 高志杰,王嫚娜,郑海波,等. 宁波市2012年海产品重金属污染状况分析[J]. 中国卫生检验杂志,2013,23(15):3114-3116.
- [8] 樊伟,王晶,陈理. 绍兴地区水产品中铅、镉和总汞含量监测结果分析与评价[J]. 卫生研究,2016,5(1):121-127.
- [9] 刘淑晨,魏青. 廊坊市售梭子蟹镉含量分析[J]. 食品安全质量检测学报,2016,7(5):2071-2074.
- [10] 梁日平,张玲茜,蔡灵剑. 浙江养殖蟹类含量分析[J]. 食品安全导刊,2015(29):70-71.
- [11] 赵艳芳,尚德荣,宁劲松,等. 三疣梭子蟹和虾姑中镉的化学形态分析[J]. 现代食品科技,2017,33(5):259-264.
- [12] 王剑萍,申屠基康. 三种蟹体中重金属镉含量研究[J]. 中外食品工业,2014(2):36-37.
- [13] 王茂波,刘正毅,李静,等. 烟台市海域水产品中重金属和砷污染状况调查[J]. 中国食品卫生杂志,2012,24(1):67-70.
- [14] MARTIN W, EIRIN V, ARNE D, et al. Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*) [J]. Food Control, 2017,75(12):14-20.
- [15] 陈晟,高四海,林丹,等. 温州市动物性海产品镉残留健康风险评估[J]. 预防医学,2018,30(5):446-449.
- [16] BOLAM T, BERSUDER P, BURDEN R, et al. Cadmium levels in food containing crab brown meat: a brief survey from UK retailers [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2016,54(10):63-69.