

风险评估

市售水产品中镉污染状况评价及健康风险评估

王倩茹¹, 安文佳², 蒋宁¹, 陈银苹¹, 陈文锐²

(1.华北理工大学公共卫生学院,河北 唐山 063210; 2.广州海关技术中心 广东省动植物与食品进出口技术措施研究重点实验室,广东 广州 510623)

摘要:**目的** 了解某市市售水产品鱼类、贝类、虾类、蟹类中重金属镉的污染状况,分析其镉含量的季节性差异,对水产品的镉污染程度进行等级划分,并评估其健康风险。**方法** 采集市售水产品样品 1 554 份,采用石墨炉原子吸收光谱法测定各类水产品中的镉含量;通过描述性分析比较镉含量在季节之间的变化;采用单因子污染指数 (Pi) 法划分水产品的污染等级;以镉暂定每月可耐受摄入量 (PTMI) 为参考值,评估水产品的健康风险。**结果** 水产品样品中重金属镉的平均水平为 0.116 4 mg/kg;总检出率为 45.56% (708/1 554),其中贝类、蟹类、虾类和鱼类的检出率依次为 86.26% (496/575)、66.43% (93/140)、32.48% (102/314) 和 3.24% (17/525);总超标率为 1.74% (27/1 554),其中蟹类、虾类、贝类和鱼类的超标率依次为 7.86% (11/140)、2.87% (9/314)、1.22% (7/575) 和 0.00% (0/525);污染等级评价结果显示,蟹类在秋季为轻度污染水平 (Pi 值为 0.36),在春冬两季为中度污染水平 (Pi 值分别为 0.70 和 0.89),其余种类水产品在各季节中均呈清洁水平;健康风险评估结果表明,在一般消费水平下,不同季节四类水产品的每月评估摄入量 (EMI) 占 PTMI 的比值最大为 0.35%,而在高消费水平下,EMI 占 PRMI 的比值最大为 49.33%。**结论** 水产品中镉超标率在季节之间表现出一定的变化,夏季镉污染最轻;除蟹类存在有轻度或中度污染水平外,鱼类、贝类、虾类均为清洁水平;一般消费人群和高消费人群因摄入水产品而产生镉暴露健康风险的可能性均较低。

关键词: 镉;水产品;季节;健康风险;风险评估
中图分类号: R155 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8456(2020)02-0201-06
DOI: 10.13590/j.cjfh.2020.02.018

Cadmium pollution status and assessment of potential risk
to human health of commercial aquatic products

WANG Qianru¹, AN Wenjia², JIANG Ning¹, CHEN Yinping¹, CHEN Wenrui²

(1. School of Public Health, North China University of Science and Technology, Hebei Tangshan 063210, China; 2. Guangdong Key Laboratory of Import and Export Technical Measures of Animal, Plant and Food, Guangzhou Customs Technology Center, Guangdong Guangzhou 510623, China)

Abstract: Objective To understand the cadmium pollution in aquatic products of fish, shellfish, shrimp and crab, analyze the seasonal difference of cadmium content in the above aquatic products, classify the level of cadmium pollution and assess the health risks. **Methods** Totally 1 554 samples of commercial aquatic products were collected and the cadmium content in aquatic products was determined by graphite furnace atomic absorption spectrometry. The difference of cadmium concentration between seasons were compared through descriptive analysis. Pollution index (Pi) methodology was employed to evaluate the pollution level of aquatic products. The provisional tolerable monthly intake (PTMI) of cadmium was taken as the reference value to assess the health risks of aquatic products. **Results** The average concentration of cadmium in 1 554 aquatic products was 0.116 4 mg/kg. The total detection rate was 45.56% (708/1 554), including 86.26% (496/575) of shellfish, 66.43% (93/140) of crabs, 32.48% (102/314) of shrimps and 3.24% (17/525) of fish. The total violation rate was 1.74% (27/1 554), of which crabs were 7.86% (11/140), shrimps were 2.87% (9/314), shellfish were 1.22% (7/575), fish were 0.00% (0/525). The result of pollution index indicated that crabs were lightly polluted in autumn (Pi = 0.36), moderately polluted in spring and winter (Pi were 0.70 and 0.89

收稿日期:2020-02-12
基金项目:广州市科技计划项目(201804010500);广东省动植物与食品进出口技术措施研究重点实验室开放课题(2017A09)
作者简介:王倩茹 女 硕士生 研究方向为水产品污染物检测及风险评估 E-mail:qr_wang0713@163.com
通信作者:蒋宁 女 副教授 研究方向为食品污染物检测分析及风险评估 E-mail:jiangn1982@163.com

respectively), and the other aquatic products were clean in each season. The result of health risk assessment showed that at the general intake level, the maximum percentage of estimated monthly intake (EMI) in PTMI of various aquatic products in different seasons was 0.35%, while at the high intake level, the maximum percentage was 49.33%. **Conclusion** There were some differences of the violation rate of cadmium in aquatic products between seasons. The cadmium pollution was the lightest in summer. Except for crabs, which had light or moderate pollution level, the other kinds of aquatic products were clean. Either at the general level or high level of intake, the health risks of cadmium exposure caused by taking aquatic products was relatively low.

Key words: Cadmium; aquatic products; season; health risk; risk assessment

水产品以其鲜美的味道和丰富的营养满足了人们日益增长的饮食需求,其日常消费量增长明显^[1]。随着科学与工业的迅猛发展,各类工厂排放的废水废渣导致珠江流域重金属污染情况日趋严重^[2],不仅给水环境造成巨大的污染,还可能通过污染水产品从而影响到人类健康。东部沿海地区水产资源种类丰富,因此水产品消费量明显高于内陆地区^[1],一旦水产品受到重金属的污染,将广泛影响居民健康。

镉(Cd)是一种蓄积性很强的生物非必需重金属元素,其在人体内的半衰期为10~35年^[3],通过饮水饮食摄入人体后,易被人体消化道吸收,在体内蓄积量达到人体耐受剂量后可产生急、慢性危害,甚至产生致畸或致癌等风险^[4],国际肿瘤研究中心(IARC)在1993年将镉列为1类致癌物质^[5]。杨晓云等^[6]研究发现,北江地区水产品中镉超标严重,草鱼、鲫鱼、鲤鱼和河虾的超标率分别为33%、25%、20%、75%,鲑鱼、螺及河蚬超标率均为100%。黄宏瑜等^[7]研究检测了珠海市水产品中铅、镉、汞、砷的污染状况,结果表明镉的超标情况最严重,超标率为22.66%,因此,对水产品中重金属镉的污染状况进行等级评价,并评估其食用后所产生的健康风险是至关重要的。

单因子污染指数(Pi)法是一种常用的生物质量评价方法,常应用于评估农作物^[8]、水产品等的污染水平,虽由于只考虑单个因素而具有一定的局限性,但其计算简便、易于理解,为评价生物质量的良好方法。对于食品中污染物的膳食暴露评估及健康风险评价,研究^[9-11]中应用较多的方法主要是根据食品中污染物的浓度以及食品的消费量估算出污染物的每月评估摄入量(estimated monthly intake,EMI),再以联合国粮农组织和世界卫生组织(WHO)食品添加剂联合专家委员会(JECFA)提出的污染物暂定每月可耐受摄入量(provisional tolerable monthly intake,PTMI)为健康指导值,计算EMI占PTMI的百分比,当EMI值低于PTMI时,表明长期摄入该污染物不太可能对人体造成可观察到的健康损害。

本研究以水产品中镉含量的平均水平为基础,对不同季节四类水产品中镉含量在季节上的变化进行描述性分析,并计算Pi值与EMI/PTMI的比值,根据水产品的污染等级和健康风险为居民提供选择食用水产品的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集

本研究于2017年在某市水产品售卖场所(包括大中小型超市、农贸市场和餐饮单位)进行随机抽样,采集鱼类样品525份、贝类样品575份、虾类样品314份、蟹类样品140份,共计1554份。所采集样品装入样品采集袋后对每一份样品进行编号,加入冰块,带回实验室,放入-20℃冰箱中保存至检测,采样日期与检测日期间隔时间不超过5d。

1.1.2 主要仪器与试剂

AA800原子吸收光谱仪(美国PE),Ultra WAVE超级微波消解平台(意大利Milestone),DS-360石墨消解仪(广州分析测试中心),Milli-Q超纯水系统(电阻率为18.2MΩ·cm)。所有玻璃器皿均用20%硝酸浸泡24h,用水反复冲洗,最后用去离子水冲洗干净,待用。

镉单元元素溶液标准物质[GBW(E)081581,1000μg/ml,中国计量科学研究院],氩气(99.999%以上),硝酸为优级纯,其他所用试剂均为优级纯以上。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

水产品前处理按照GB2762—2017《食品安全国家标准食品中污染物限量》^[12]要求去除内脏或去壳,根据GB5009.15—2014《食品安全国家标准食品中镉的测定》^[13]要求进行匀浆,取有代表性样品称量1.0g(精确值0.001g)于聚乙烯消化管中,加入3ml硝酸,盖上改性聚四氟乙烯(TFM)盖子,放置过夜,同时做空白试验。将装好样品的样品支架放入消解仪中,锁紧罐体,预加惰性气体(氮气),氮气压力4000kPa,外腔温度≤40℃,设定升温程

序(见表1),进行消解。赶酸结束后将消化液转移至50 ml聚丙烯离心管中,并用少量去离子水多次洗涤消解内罐,合并洗液并用去离子水定容至25 ml,混匀备用。同时进行空白试验。

表1 超级微波消解法升温程序

Table 1 Heating program of super microwave digestion				
步骤	温度/℃	时间/min	压力/kPa	功率/W
1	120	8	15 000	1 500
2	240	8	15 000	1 500
3	240	20	15 000	1 500

1.2.2 样品检测

镉含量的测定参照GB 5009.15—2014^[13]标准方法进行。在本研究中,镉的检测限(LOD)为0.003 0 mg/kg。

1.2.3 标准与评价方法

以GB 2762—2017^[12]中规定的镉限量值为评价标准,鱼类限量值为0.1 mg/kg,贝类限量值为2.0 mg/kg,虾类和蟹类限量值均为0.5 mg/kg。采用 P_i 值对水产品中镉的污染状况进行分级,公式为 $P_i=C_i/S_i$ 。其中 P_i 表示镉的污染指数; C_i 表示镉的检测数据,mg/kg; S_i 表示镉的限量标准,mg/kg。对于海洋生物体重金属污染状况评价,国内目前尚未划分明确的等级标准,本研究采用荣飏等^[14]研究中所采用的等级划分标准: $P_i\leq 0.2$,为清洁水平; $0.2<P_i\leq 0.6$,为轻度污染水平; $0.6<P_i\leq 1.0$,为中度污染水平; $P_i>1.0$,为重度污染水平。

以JECFA提出的镉PTMI(25 μg/kg BW)为参考值^[15],计算EMI占PTMI的百分比,公式为: $EMI=C\times M\times 30/BW_a$ 。其中EMI表示镉的每月评估摄入量,μg/kg BW; C 表示样品中镉含量,mg/kg; M 表示水产品的消费量^[16],g/d; BW_a 表示人体平均体重,kg。

戴光伟等^[2]研究结果表明,居民水产品类食物平均消费量为51.6 g/d,P97.5消费量为185.6 g/d,采用此研究中的水产品平均消费量作为一般人群的消费量,P97.5消费量作为高摄入人群的消费量,而苏畅等^[17]研究结果显示,消费者水产品类食物摄入量的78.7%来自鱼类,6.9%来自虾类,5.1%来自蟹类和贝类(本研究中此两类食物各取2.55%),剩余9.3%来自于其他类水产品食物,由此进行比例分配,得出一般消费人群鱼类、虾类、蟹类和贝类的平均消费量分别为40.61、3.56、1.32和1.32 g/d;但对于高消费人群,采用此比例关系进行计算可能会造成镉暴露的过低估计,因此本研究假设各类水产品的高摄入人群消费量等同于水产品类食物的高摄入人群消费量,从而进行保守估计。顾景范^[18]在对原国家卫生和

计划生育委员会2015年发布的《中国居民营养与慢性病状况报告》的解读中表明,成年男性平均体重为66.20 kg,女性为57.30 kg,本研究在计算EMI时未区分性别,所以体重取两性平均值为61.75 kg。鉴于一个个体不太可能每月连续30 d都食用水产品,而马冠生等^[19]研究显示,大城市居民水产品的食用频率为每周2.3次,本研究据此分别计算两类人群的镉EMI值,并与镉PTMI值进行比较,评估居民食用水产品中镉的暴露健康风险。

1.3 统计学分析

利用Excel 2007录入检测数据,检测结果低于LOD的样品,采用WHO推荐的替代法^[20],其重金属含量取1/2LOD录入,以此建立检测数据库,并进行计算。

2 结果

2.1 镉含量及其季节变化

采集的1 554份样品总检出率为45.56%(708/1 554),其中贝类、蟹类、虾类和鱼类的检出率分别为86.26%(496/575)、66.43%(93/140)、32.48%(102/314)和3.24%(17/525)。根据样品采集日期,按季节分别划分每一类水产品。四类水产品中镉平均水平为0.116 4 mg/kg,其中最高值为冬季的蟹类样品,其镉平均水平为0.446 0 mg/kg,冬季的贝类样品检出率最高(94.37%,67/71)。水产品中镉的总超标率为1.74%(27/1 554),其中525份鱼类样品的检测值均未超出国家限量标准,其他三类水产品均有超标情况,蟹类、虾类和贝类的超标率分别为7.86%(11/140)、2.87%(9/314)和1.22%(7/575),超标率最高的为春季的蟹类样品(44.44%,4/9),具体见表2。

四类水产品中镉超标率在季节之间的变化如图1所示,除鱼类在四个季节中均未检出超标样品外,其他三类水产品的镉超标率均表现出一定的季节变化,但对于每一类水产品样品,其变化不完全相同。贝类样品超标率依次为春季(2.08%,3/144)>秋季(1.66%,3/181)>冬季(1.41%,1/71)>夏季(0.00%,0/179);虾类样品超标率的季节变化与贝类相同;而对于蟹类样品,超标率依次为春季(44.44%,4/9)>冬季(27.27%,6/22)>秋季(1.79%,1/56)>夏季(0.00%,0/53)。由此可以看出,四类水产品样品在夏季均未有超标样品出现,而春季水产品中镉超标率明显较高,其中虾类和蟹类均超过10%,尤其是蟹类,其超标率接近50%。

表 2 四类水产品在不同季节的镉含量

Table 2 Cadmium content in aquatic products in different seasons							
水产品种类	季节	检测样品份数	检出样品份数	检出率/%	镉平均水平/(mg/kg)	超标样品份数	超标率/%
鱼类	春季	12	0	0.00	0.012 5	0	0.00
	夏季	102	0	0.00	0.012 5	0	0.00
	秋季	286	12	4.20	0.012 5	0	0.00
	冬季	125	5	4.00	0.012 5	0	0.00
贝类	春季	144	128	88.89	0.200 0	3	2.08
	夏季	179	144	80.45	0.110 0	0	0.00
	秋季	181	157	86.74	0.190 0	3	1.66
	冬季	71	67	94.37	0.260 0	1	1.41
虾类	春季	67	31	46.27	0.012 5	7	10.45
	夏季	97	20	20.62	0.012 5	0	0.00
	秋季	73	29	39.73	0.012 5	1	1.37
	冬季	77	22	28.57	0.012 5	1	1.30
蟹类	春季	9	7	77.78	0.350 0	4	44.44
	夏季	53	27	50.94	0.026 0	0	0.00
	秋季	56	39	69.64	0.180 0	1	1.79
	冬季	22	20	90.91	0.446 0 ^a	6	27.27
合计		1 554	708	45.56	0.116 4	27	1.74

注: ^a 表示由于分布类型不同,该值为组内平均数,同列其他数值为中位数

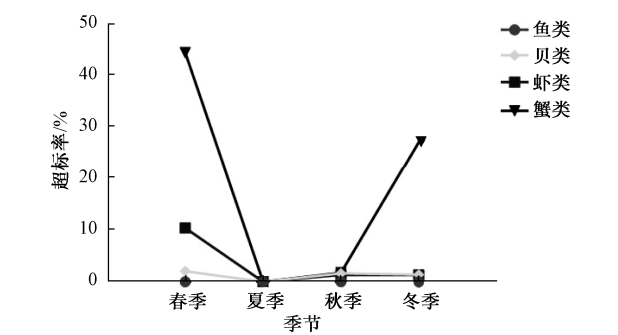


图 1 四类水产品镉超标率季节变化

Figure 1 Seasonal variation of violation rate of cadmium in four kinds of aquatic products

2.2 污染等级评价

四类水产品在不同季节的 P_i 值计算结果及污染等级划分见表 3。结果表明,鱼类、贝类和虾类在各个季节均处于清洁水平。而蟹类样品除夏季处于清洁水平外,其余都有一定程度的污染,秋季处于轻度污染水平 ($P_i = 0.36$),而春冬两季则达到中度污染水平, P_i 值分别为 0.70 和 0.89。

表 3 四类水产品在不同季节的镉污染等级

Table 3 Pollution levels of aquatic products in different seasons

水产品种类	春季		夏季		秋季		冬季	
	P_i 值	污染等级	P_i 值	污染等级	P_i 值	污染等级	P_i 值	污染等级
鱼类	0.13	清洁水平	0.13	清洁水平	0.13	清洁水平	0.13	清洁水平
贝类	0.10	清洁水平	0.06	清洁水平	0.10	清洁水平	0.13	清洁水平
虾类	0.03	清洁水平	0.03	清洁水平	0.03	清洁水平	0.03	清洁水平
蟹类	0.70	中度污染	0.05	清洁水平	0.36	轻度污染	0.89	中度污染

2.3 健康风险评估

将某市两类人群的镉 EMI 值与参考值 PTMI 进行比较,并计算其在 PTMI 中所占的百分比,结果见表 4。某市一般消费人群摄入不同季节四类水产品的 EMI 值在 0.01~0.09 $\mu\text{g/kg BW}$ 之间,EMI 最大值出现在冬季的蟹类水产品,其在 PTMI 值中所占的比值为 0.35%,处于一个较低的水平;而对于高消费人群,摄入不同季节四类水产品的 EMI 值在 0.35~12.33 $\mu\text{g/kg BW}$ 之间,虽没有高于 PTMI 值的情况出现,但冬季蟹类水产品的 EMI 在 PTMI 中占比接近 50%。

3 讨论

本研究对四类共计 1 554 份市售水产品样品进行重金属镉的检测与分析,结果表明,鱼类检出率最低 (3.24%),且无超标现象,蟹类检出率与超标情况均较为严重。在季节变化上,四类水产品在夏季均未出现超标情况,这可能与水产品生长环境的清洁程度有关,车琳萍等^[21] 研究结果表明辽东湾近海渔业水域综合质量在夏季最为清洁,由于水产品 在夏季的生长环境相对清洁,水生动物对镉的富集较少;而与本研究结果不同的是,SAHA 等^[22] 认为大部分鱼类中重金属含量表现为夏季高于其他三个季节。由于某些水产品的采样存在限制,其 在不同季节的样品数量差异较大,样品的季节代表性不足,因此本研究仅通过描述性分析得出的水产品中镉含量的季节变化结果,可能存在一定的局限性,后续研究可在调查设计阶段设计为季节代表性采样,进一步通过统计学检验方法分析水产

表 4 四类水产品在不同季节的镉暴露水平

Table 4 Exposure levels of cadmium in aquatic products in different seasons

水产品种类	季节	一般消费人群		高消费人群	
		EMI /(μg/kg BW)	EMI 占 PTMI 比值/%	EMI /(μg/kg BW)	EMI 占 PTMI 比值/%
鱼类	春季	0.08	0.30	0.35	1.38
	夏季	0.08	0.30	0.35	1.38
	秋季	0.08	0.30	0.35	1.38
	冬季	0.08	0.30	0.35	1.38
贝类	春季	0.04	0.16	5.53	22.12
	夏季	0.02	0.09	3.04	12.17
	秋季	0.04	0.15	5.25	21.02
	冬季	0.05	0.20	7.19	28.76
虾类	春季	0.01	0.03	0.35	1.38
	夏季	0.01	0.03	0.35	1.38
	秋季	0.01	0.03	0.35	1.38
	冬季	0.01	0.03	0.35	1.38
蟹类	春季	0.07	0.28	9.68	38.71
	夏季	0.01	0.02	0.72	2.88
	秋季	0.04	0.14	4.98	19.91
	冬季	0.09	0.35	12.33	49.33

品中镉含量的季节差异。

Pi 值计算结果显示,蟹类在秋季呈轻度污染水平,春冬两季则达到中度污染水平,相比于其他三类水产品较为严重,这与荣飏等^[14]的研究结果一致,即蟹类等甲壳类水产品对膳食中镉摄入的贡献较大,其原因为甲壳类水产品的生活水域污染严重,重金属浓度高,其所食饵料为含有大量重金属污染物的沉积物。

以镉 PTMI 值为健康参考值的评估结果表明,在一般消费水平下,人群通过食用水产品摄入镉的 EMI 值在 PTMI 值中所占的比例较小,小于张磊等^[23]的总膳食研究结果,因此不太可能对人体造成明显的健康损害;在高消费水平下,镉摄入量也处于一个较安全的水平,但与一般消费人群比较,高消费人群的镉暴露风险相对较高。由于计算高消费人群四类水产品的 EMI 值时采用的消费量为水产品类食物总消费量,可能高估了高消费人群的健康风险,但仍应该引起足够的重视,并进一步收集数据开展更精确的评估。

综上所述,市售水产品中镉含量存在一定的超标情况,且镉的污染水平具有一定的季节变化,春冬两季相对于夏秋两季较为严重;与鱼类、虾类和贝类水产品比较,蟹类水产品的污染等级较高,存在轻、中度污染样品;虽然高消费人群的镉暴露风险相对较高,但两类人群均不太可能只因摄入水产品而产生明显的镉暴露健康风险,应关注本研究中四类水产品同其他类水产品(如海带)以及谷类、蔬菜等其他食物摄入造成的叠加镉暴露健康风险。

参考文献

[1] 胡求光,王艳芬.我国水产品的消费特征及其影响因素分析[J].农业经济问题,2009,30(4):97-102.

[2] 戴光伟,梁辉,周少君,等.广东省食用水产品中镉膳食暴露风险评估[J].华南预防医学,2016,42(3):223-226.

[3] SATARUG S, BAKER S, REILLY J R, et al. Evidence for a synergistic interaction between cadmium and endotoxin toxicity and for nitric oxide and cadmium displacement of metals in the kidney[J]. Nitric Oxide, 2000, 4(4):431-440.

[4] 王丽娟,吴成业.水产品中镉的形态分析及其危害[J].福建水产,2014,36(1):78-84.

[5] 王桂安,梁春穗,黄琼,等.广东省居民主要膳食镉暴露风险的初步评估[J].中国食品卫生杂志,2012,24(4):353-357.

[6] 杨晓云,温勇,陈晓燕,等.重金属在北江鱼类和底栖动物体内的富集及污染评价[J].环境科学与技术,2010,33(6):194-198.

[7] 黄宏瑜,许悦生,王丽玲,等.珠海市水产品中汞镉铅砷污染状况监测[J].中国公共卫生,1998,14(1):23-24.

[8] 秦文淑,邹晓锦,仇荣亮.广州市蔬菜重金属污染现状及对人体健康风险分析[J].农业环境科学学报,2008,27(4):1638-1642.

[9] ZHANG W W, LIU Y G, LIU Y F, et al. An assessment of dietary exposure to cadmium in residents of Guangzhou, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(3):e556.

[10] 赵黎芳,王支兰,杨胜琴,等.上海市某区居民粮食制品重金属铅、镉暴露评估[J].现代预防医学,2014,41(9):1581-1584.

[11] 梁辉,刘志婷,周少君,等.广东省居民贝类水产品中镉暴露的风险评估[J].中国食品卫生杂志,2017,29(4):492-495.

[12] 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.

[13]

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中镉的测定: GB 5009.15—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[14]

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(3): 52-54.

[15]

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Statement on tolerable weekly intake for cadmium[J]. EFSA Journal, 2011, 9(2): 1975.

[16]

谢文平, 朱新平, 马丽莎, 等. 珠江三角洲 4 种淡水养殖鱼类重金属的残留及食用风险评价[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(5): 294-303.

[17]

苏畅, 王志宏, 贾小芳, 等. 2015 年中国十五省(区、市)18~59 岁居民水产品类食物摄入状况分析[J]. 营养学报, 2018, 40(1): 23-26.

[18]

顾景范. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》解读

[J]. 营养学报, 2016, 38(6): 525-529.

[19]

马冠生, 崔朝辉, 胡小琪, 等. 中国居民食物消费和就餐行为分析[J]. 中国食物与营养, 2006(12): 4-8.

[20]

刘兆平, 李凤琴, 贾旭东. 环境健康基准 240: 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.

[21]

车琳萍, 上官魁星, 于彩芬. 辽东湾北部近海渔业水域中重金属污染的季节和年际变化[J]. 河北渔业, 2018, 293(5): 48-53.

[22]

SAHA N, MOLLAH M Z I, ALAM M F, et al. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment[J]. Food Control, 2016, 70(5): 110-118.

[23]

张磊, 高俊全, 李筱薇. 2000 年中国总膳食研究——不同性别年龄组人群膳食锡摄入量[J]. 卫生研究, 2008, 37(3): 338-342.

风险评估

基于电子溯源建立食品安全风险评估决策系统

任鹏程¹, 苏亮¹, 陈思¹, 李志兴², 王亚男¹, 岑增¹, 宿晨¹

(1. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022;

2. 吉林省食品生产许可证审核中心, 吉林 长春 130000)

摘要:目的 实现食品安全风险评估决策工作的高度流程化与自动化, 加强各业务部门间的数据融合。
方法 构建涵盖膳食暴露评估、危害因子评价、时空聚集探测等方法的时态模型库, 可自动连接食品溯源各环节基础数据获取相应多种数据, 并通过选择的风险评估模型计算得出风险评估结果, 构建风险评估矩阵。基于 ETL (extract-transform-load) 技术和 R 语言的数据分析算法, 集成基础数据仓库、风险评估模型库、风险决策支持系统。
结果 食品安全风险评估决策系统的建立有效改善传统风险评估工作耗时费力、数据清洗困难的问题, 基于对原有风险评估过程的电子化, 实现模型输入、计算、输出一体化, 融合多年历史监测数据, 快速定制常见食品分类中有害因素的风险评估研判场景。
结论 该系统有助于提高相关业务人员的工作效率, 推动跨业务部门间数据交换及协同共享。

关键词: 风险评估; 决策; 数据融合; 食品安全
中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2020)02-0206-06
DOI: 10.13590/j.cjfh.2020.02.019

**Realization of a unified platform based on electronic traceability
for food safety risk assessment decision**
REN Pengcheng¹, SU Liang¹, CHEN Si¹, LI Zhixing², WANG Yanan¹, CEN Ceng¹, XU Chen¹
(1. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China;
2. Jilin Province Center for Food Production License Audit, Jilin Changchun 130000, China)

Abstract: Objective To achieve a high degree of process-oriented and automated decision-making on food safety risk assessment and data fusion among various business units. **Methods** Establish a temporal model library covering method such as dietary exposure assessment, hazard factor assessment, and spatio-temporal clustering detection, which can

收稿日期: 2020-02-12
基金项目: 基于电子溯源的食品安全风险评估关键技术研究与应用 (2015BAK36B04)
作者简介: 任鹏程 男 助理研究员 研究方向为食品安全信息化 E-mail: renpengcheng@cfsa.net.cn
通信作者: 苏亮 男 助理研究员 研究方向为食品安全信息化 E-mail: suliang@cfsa.net.cn