

水产品安全风险危害因素来源的分析研究

缪苗, 黄一心, 沈建, 刘晃*, 龙丽娜, 张敬峰

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要: 水产品富含多种维生素和矿物质, 是健康膳食所需的宏量和微量元素的较好来源。随着人们对水产品营养价值的认识不断深入, 水产品消费迅速增长, 同时水产品安全问题也受到了越来越多的关注。本研究全面深入地分析了水产品的生物性风险、化学性风险、物理性风险, 以及气候变化对水产品安全的影响, 提出了加强水产品安全的措施及建议, 以期为我国构建完善的水产品安全保障机制提供借鉴与参考。

关键词: 水产品; 危害来源; 安全

Analysis and research on hazard sources of aquatic products

MIAO Miao, HUANG Yi-Xin, SHEN Jian, LIU Huang*, LONG Li-Na, ZHANG Jing-Feng

(Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

ABSTRACT: Aquatic products are full of various vitamins and minerals, which is a good source of macro and micro elements required for a healthy diet. With the continuous deepening of people's understanding of the nutritional value of aquatic products, the consumption of aquatic products is growing rapidly, and the safety problem of aquatic products has also received more and more attention. This paper comprehensively and deeply analyzed the biological, chemical and physical risks of aquatic products, as well as the impact of climate change on the safety of aquatic products, and put forward the measures and suggestions for enhancing aquatic product safety, so as to provide references for our country to construct perfect aquatic product safety guarantee mechanism.

KEY WORDS: aquatic products; source of hazards; safety

1 引言

联合国粮农组织在《2016年世界渔业和水产养殖状况》的研究报告中指出, 近50年来, 食用水产品的全球供应量增速已超过人口增速, 1961~2013年间平均增幅为3.2%, 世界人均表观水产品消费量已从20世纪60年代的9.9 kg增加到20世纪90年代的14.4 kg, 2013年达到19.7 kg, 2014~2015年将进一步提高到20 kg以上^[1]。水产品消费的迅速增长使其安全问题越来越多的受到人们的关

注。水产品安全风险危害因素来源包括生物性危害、化学性危害和物理性危害, 此外, 气候变化也会对水产品的安全产生一定的影响。本研究从可能危及人类健康的水产品危害风险来源对其做详尽的分析, 以期为我国建立完善的水产品安全保障机制提供借鉴与参考。

2 生物性风险

水产品的生物性风险主要源自于病原菌、病毒和寄生虫。

*通讯作者: 刘晃, 研究员, 主要研究方向为水产养殖工程。E-mail: liuhuag@fmiri.ac.cn

*Corresponding author: LIU Huang, Professor, Scientific Research Department & Fishery Machinery and Instrument Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, No.63, Chifeng Road, Yangpu District, Shanghai 200092, China. E-mail: liuhuag@fmiri.ac.cn

2.1 病原菌

与水产品相关度较高的病原菌主要是副溶血性弧菌、创伤弧菌、霍乱弧菌、沙门氏菌、单核细胞增生性李斯特氏菌、金黄色酿脓葡萄球菌、肉毒杆菌、大肠杆菌、气单胞菌和邻单胞菌等^[2], 其分布、主要传播途径和症状见表1。

2.2 病毒

病毒颗粒微小, 通常以纳米为测量单位, 它结构简单, 只含一种核酸(脱氧核糖核酸或核糖核酸)。病毒没有自己的代谢机构, 没有酶系统, 因此必须生活在其他生物的细胞内, 利用宿主的营养物质来自主复制和自我繁殖。与水产品存在清晰的流行病学关联的主要是诺如病毒和甲型肝炎病毒^[13]。

诺如病毒属杯状病毒科, 可通过人人传播(粪口途径或接触呕吐物微粒等)、食物性传播(生吃水产品等)、水源性传播等多种途径传播。近年, 由于水环境的污染, 许多

水产品遭受诺如病毒的污染, 特别是作为滤食性水生动物的贝类, 很容易从污染的水中富集大量食源性微生物和病毒^[14]。在欧洲, 一项针对39个牡蛎养殖场的调研显示, 76.2%的贝类样品中检测出了诺如病毒^[15]。诺如病毒传染发生的几率高(>50%), 且少量(10~100个)病毒粒子即可引发感染^[16]。感染诺如病毒的常见症状是恶心、呕吐、腹痛、腹泻、发烧等^[17]。

甲型肝炎病毒呈球形, 直径约为27~32 nm, 无囊膜, 呈20面体立体对称。它主要通过粪口途径(病毒随患者粪便排出体外, 污染水产品)、水源传播, 少数通过人人或血液传播, 污染率及病毒的扩散也受到卫生环境的极大影响^[18]。甲型肝炎病毒的临床症状主要有4个阶段: 一是无症状期, 此时病毒在宿主中进行复制; 二是黄疸前期, 主要表现为厌食症、恶心、呕吐和心神不宁; 三是黄疸期, 此时出现黄疸及肝脾肿大; 最后是恢复期^[19]。

表1 病原菌的分布、主要传播途径和症状
Table 1 Distribution, route of transmission and symptom of pathogenic bacteria

名称	主要分布	主要传播途径	症状
副溶血性弧菌 (<i>Vibrio parahaemolyticus</i>)	热带和温带的河口、入海口及沿海区域。	食用带菌水产品。	急性水样腹泻、呕吐等。少数情况下出现伤口感染及危及生命的败血症等 ^[3] 。
创伤弧菌(<i>Vibrio vulnificus</i>)	近海的海水、水生生物及海底沉积物中	食用带菌水产品或伤口接触带菌海水或水生生物。	突然的发热或发冷、恶心、腹痛等。不仅引起胃肠炎, 还可引起蜂窝织炎和败血症 ^[4] 。
霍乱弧菌(<i>Vibrio cholerae</i>)	水体环境中。	食用带菌水产品或水源。	剧烈的呕吐、腹泻和失水, 若抢救不及时, 病死率较高 ^[5] 。
沙门氏菌(<i>Salmonella</i>)	广泛分布于自然界及寄生于人类和动物肠道内。	食物和水源传播。经化粪池、下水道或暴雨径流渗透至地表水, 在河口大量繁衍。生加工时通过带菌的加工环境、用具和操作者得以感染及传播。	恶心、呕吐、腹痛、发热等。可引起伤寒、副伤寒、感染性腹泻、食物中毒和医院内感染 ^[6] 。
单核细胞增生性李斯特菌 (<i>Listeria monocytogenes</i>)	土壤、水域(地表水、废水、污水等)、腐烂的植物、动物粪便和食品加工环境中。	食用带菌水产品, 并通过粪口传播。该菌还可通过破损皮肤、粘膜进入体内而造成感染。	败血症、脑膜炎等 ^[7] 。
金黄色葡萄球菌 (<i>Staphylococcus aureus</i>)	空气、土壤、水和恒温动物包括人的的皮肤、腺体、黏膜当中	经破损的皮肤和粘膜(包括口咽部、肠道等)进行传播侵入人体、或食用带菌的水产品而致病。	恶心、呕吐, 其他症状包括腹痛、腹泻、眩晕、颤抖、虚脱, 有时伴有高烧等症状 ^[8] 。
肉毒杆菌 (<i>Clostridium botulinum</i>)	缺氧环境中如土壤和水环境沉积物、罐头水产品、真空包装及密封腌制水产品中。	食用带菌腌制灌装水产品。	眩晕、视力模糊、四肢麻痹, 若不及时治疗, 还会导致呼吸肌及心肌麻痹 ^[9] 。
大肠埃希氏菌 (<i>Escherichia coli</i>)	水体环境及人和动物的肠道中。	食用带菌水产品或水源。	出血性肠炎、溶血尿毒症等 ^[10] 。
气单胞菌(<i>Aeromonas</i>)	水环境如地表水、海口、河水、湖泊、蓄水池、供水系统、下水道、地下水。	食用带菌水产品。	75%~89%的病人腹痛、轻度腹泻和持续低温, 3%~22%的病人出现胃痉挛和便血等痢疾症状 ^[11] 。
邻单胞菌(<i>Plesiomonas</i>)	水环境、鱼、动物和人类肠道。	食用带菌水产品。	腹泻及肠外感染如脓毒症和脑膜炎等 ^[12] 。

2.3 寄生虫

与水产品相关、对人类健康危害较大的人畜共患的寄生虫主要是吸虫(肝吸虫和肠吸虫)、绦虫和线虫。

肝吸虫和肠吸虫的成虫主要寄生在食用水产品的哺乳动物如人类、狗、猫、猪等的胆管或胆囊中。虫卵随粪便排出, 进入水中孵化出毛蚴, 被第一中间宿主螺类吞食后, 在螺体内发育成尾蚴, 成熟的尾蚴从螺体溢出, 寻找第二宿主淡水鱼类, 侵入鱼鳃、内脏、鱼鳍、鱼鳞和鱼体内肌肉形成囊蚴, 终宿主因食用含有囊蚴的鱼而被感染^[20]。肝吸虫会导致患者肝脏受损, 感染并发症含化脓性胆管炎、胆道结石、胆囊炎、肝硬化、胰腺炎和胆管癌等^[21]。肠吸虫则会导致肠道损伤、肠粘膜炎症、出血、溃疡等。为节约养殖成本、使用人类和动物的粪便作为池塘肥料以及食用生鱼片是导致水污染及感染吸虫的主要原因。

绦虫是一种肠道寄生虫, 与水产品相关的主要是裂头绦虫。它的成虫主要寄生在人类、食用鱼的野生鸟类以及哺乳动物(如狗、熊、海狮等)的肠道中, 成虫产生的虫卵随粪便排出, 在水中孵化出幼虫, 被第一中间宿主桡足类动物吞食后, 在其间发育为原尾蚴, 桡足类动物被第二宿主海水鱼或淡水鱼(主要是梭子鱼、鲑鱼、鳟鱼、白鲢鱼、鲈鱼等)吞食, 原尾蚴在期间发育为全尾蚴, 终宿主因食用含有裂头绦虫的鱼类而被感染^[22]。一般患者感染后不会有明显的症状, 偶有疲倦、腹泻或便秘症状, 重症则以消化功能紊乱为主。沿水而建的住所及船只肆意排放污水是水源污染的主要来源, 而食用生鱼片或盐腌制的水产品是感染绦虫的原因。

线虫属主要是异尖线虫和颚口线虫。异尖线虫的终宿主一般是海洋哺乳动物譬如海豚、鲸鱼、海狮、海象等, 它的虫卵随哺乳动物的粪便排泄出来, 在水中发育为幼虫, 被第一中间宿主如虾等甲壳类动物吞食, 而后吞食了甲壳类动物的鱼类(主要是鲱鱼、鲑鱼、金枪鱼等)得以感染, 哺乳动物又因为吞食了被感染的鱼类使异尖线虫寄生其体内并发育为成虫, 人类因食用带有异尖线虫幼虫的鱼类而被感染^[23]。感染者会出现腹痛、恶心、腹泻及过敏等症状。颚口线虫的终宿主通常是食肉的哺乳动物也包括猫、狗和猪, 虫卵被终宿主排出后在水中孵化, 其幼虫被桡脚类的动物吞食后, 桡脚类的动物又被第二中间宿主(鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳动物)吞食, 终宿主吞食第二中间宿主后, 幼虫在其体内发育成熟、繁殖、排卵, 在人体内, 幼虫一般不会发育为成虫, 但它会在人体组织中移动, 当其侵入中央神经系统时尤为严重^[23]。此外, 虫体若寄生于食管壁, 可引发吞咽困难, 严重者食管形成憩室无法进食。若寄生于心肺等胸腔器官, 则可引起心脏穿孔、出血、心力衰竭等。

3 化学性风险

水产品的化学性风险是指其本身含有的和外来的各种有毒化学物质。引发化学性风险的物质可以分为内源性和外源性, 内源性毒素是指食品本身含有的对人体有一定危害的物质, 这些物质可能是食品在生长过程中产生的, 或者由外界毒素在其生物体内蓄积, 或者是能够引起机体免疫系统异常反应的物质如过敏原^[24]。外源性毒素包括渔业用药、各种有机及无机污染物以及添加剂等。

3.1 生物胺

生物胺(biogenic amine, BA)是一类含氮的有机化合物。根据化学结构的不同, 生物胺可以分为杂环胺(组胺、色胺等)、脂肪族(腐胺、尸胺等)、芳香族(酪胺、苯乙胺等)3种, 与水产品相关的生物胺主要是组胺、酪胺、色胺、腐胺和尸胺^[25]。适量的生物胺有利于人体的健康, 但是当人体大量摄入生物胺时会使人中毒, 引发头疼、血压变化、呼吸紊乱、心悸、呕吐等严重反应^[26]。此外, 生物胺的毒性有相加及协同作用, 即某些生物胺可加剧其他生物胺的毒性或抑制生物体内的解毒系统。如腐胺和尸胺能通过抑制生物胺分解酶的活性, 增加组胺和酪胺的数量和毒性^[27]。

以与水产品关系最为密切、毒性最强的组胺为例。许多水生生物的肌肉组织中含有组胺酸, 尤其是游泳能力强的鱼类与鲸类肌肉中含量较多, 如鲈鱼、鲭鱼、金枪鱼、马鲛鱼、长须鲸等, 组胺酸通过组胺酸脱羟酶的脱羟作用形成组胺。因组胺引发的水产品中毒需要满足以下条件: 水生物存在作为组胺形成基质的游离组氨酸; 水生物存在能产生组胺酸脱羟酶的细菌; 水产品特征及其存储环境使生产组胺的细菌得以不断成长; 消费者食用了含有高密度组胺的水产品^[2]。目前各国都制定了鱼类产品组胺含量的限量标准, 加拿大、瑞士和巴西规定鱼类产品中的组胺含量不得超过 100 mg/kg; 澳大利亚和新西兰的食品标准法典规定的限量标准是 200 mg/kg^[28]。

3.2 水生生物毒素

部分鱼和贝类等水生生物中存在海洋生物毒素, 主要由浮游植物(主要是藻类)产生的。全世界目前有 5000 多种海洋浮游藻, 其中约有 70~80 种能产生毒素^[29]。藻毒素在鱼和贝类摄食过程中富集, 人类食用有毒的鱼和贝类, 出现腹泻、呕吐等各种中毒症状。根据这些毒素所导致的症状及其毒性作用机制可以分为记忆缺失性贝毒(amnesic shellfish poisoning)、原多甲藻酸贝毒(azaspiracid poisoning)、腹泻性贝毒(diarrhoeic shellfish poisoning)、神经性贝毒(neurotoxic shellfish poisoning)、麻痹性贝毒(paralytic shellfish poisoning)、西加鱼毒(ciguatera fish poisoning)、河豚毒素(puffer fish poisoning)及其他海洋生物毒素^[2]。

记忆缺失性贝毒的毒素成分是软骨藻酸,拟菱形藻是产生软骨藻酸的最主要的微藻。目前已知的45种拟菱形藻中有19种能产生软骨藻酸^[30]。原多甲藻酸贝毒由原多甲藻(*Protoperdinium crassipes*)产生,中毒症状与腹泻性贝毒引起的中毒症状非常相似,表现为恶心、呕吐、严重的腹泻和胃肠道痉挛等症状^[31]。腹泻性贝毒是由有毒赤潮藻类鳍藻属和原甲藻属中部分藻种所产生的脂溶性多环醚类生物活性物质,主要成分为软骨藻酸及其衍生物^[32]。神经性贝毒来自于短裸甲藻^[33]。麻痹性贝毒主要来源于亚历山大藻属、裸甲藻属等^[34]。西加鱼毒源自于底栖甲藻,在经由食物链底栖甲藻-食草性鱼-食肉性鱼的传递过程中,毒素不断蓄积,人类食用了有毒鱼肉后感染该病毒^[35]。河鲀中毒通常是指因食用鲀科类而引发的中毒,但河豚毒素不仅存在于河豚属的鱼类体内,还存在于云斑裸颊虾虎鱼、蓝环章鱼、东方蛸蛸以及海星等海洋生物体内^[36]。毒素主要存在于卵巢、肝脏、皮肤等处。河鲀中毒会出现弛缓性瘫痪、血压降低、心率失常、呼吸衰竭等症状^[37]。

除了目前已知的与人类中毒事件关系较密切的上述几类生物毒素之外,随着科技的发展,越来越多的海洋生物毒素被发现和探究,如环亚胺毒素、螺环内脂毒素、微囊藻毒素、淡水蓝藻毒素等。

3.3 水生生物自带的过敏原

联合国粮农组织划定鱼、甲壳类动物、蛋、奶、花生、大豆、坚果和小麦为八大类过敏食品,其中两大类为水产品。随着经济的迅速发展,人们生活水平逐步提高,水产品开始在人们的饮食中占有重要地位。水产品贸易的全球化以及交通运输、航运业的发展客观上促进了水产品的消费。食品加工业的发展加速了源自于水产品的各种物质被添加于其他食品、药品中。以上种种都潜在地增加了水产品过敏发生的可能性。水产品过敏原有原肌球蛋白(tropomyosin, TM)、精氨酸激酶(arginine kinase, AK)、肌球蛋白轻链(myosin light chain, MLC)、肌钙结合蛋白(sarcoplasmic calcium binding protein, SCP)等^[38]。过敏的出现通常是源自于食用了水产品,有时吸入蒸煮水产品的蒸汽或在工作环境加工、接触水产品也会导致过敏。临床表现为急性荨麻疹、血管性水肿、过敏性腹泻、鼻塞、咳嗽、哮喘,严重时能够引发过敏性昏厥^[39]。

3.4 渔业用药

随着工业化的迅速发展,工农业污水汇集导致环境污染严重,再加上一些地区养殖密度过高,饲料质量不好,致使水生生物抵抗力低、发病率增加,为了防病治病、渔药被大量使用。根据使用目的,渔药可分为环境改良和消毒药(如甲醛溶液)、抗微生物药(如磺胺嘧啶)、杀虫驱虫药(如敌百虫)、调水生动物代谢及生长药(如维生素)、生物制品(如草鱼出血病疫苗)、微生态制剂(如光合细菌)和中草药

等^[40]。人们长期食用含渔药残留的水产品,药物容易在人体内蓄积,导致各器官功能紊乱或病变,损害肝脏、肾脏、神经系统等,还会使人体产生过敏反应,致畸致癌。此外细菌的耐药性会通过耐药质粒在彼此间进行传播,这样渔药残留就会间接增强人体病原菌的耐药性,增加治疗困难。

3.5 有机污染物

沿海工农业、船舶运输业、石油工业、钻探工程、渔业的迅速发展,大量持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)被排放到江河湖海中,对环境和人类造成极大的危害。根据2001年5月23日签署的《持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》,首批列入受控名单的有12种POPs,包括滴滴涕、氯丹、灭蚁灵、艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、毒杀酚、六氯苯、多氯联苯、二恶英(多氯二苯并-对-二恶英)、多氯二苯并呋喃。而后又新增了3种杀虫剂副产物和阻燃剂等。由于POPs的亲脂性,使其很容易在生物体的脂肪内富集。在各种主要有机污染物中,已知多环芳烃、多氯联苯、有机氯杀虫剂和石油烃类等有机物均可以在海洋生物脂肪中积累^[41-43]。大多数的POPs具有致癌致畸致突变的效应^[44]。

3.6 无机污染物

无机污染主要是指重金属的污染。这些无机污染物有的是随着火山爆发、地质异常、地壳变迁、地热活动、岩石风化等天然过程进入大气、水体、土壤和生态系统的。有的则是随着工业废水和生产废水,未经专业处理而被排放到水环境中,造成水体环境的重金属污染。水生生物的整个生命周期均暴露在水环境中,生物体内对化学污染物质的富集易受到水体中环境参数的影响,当水体受到污染后,水生生物依旧会通过鳃-水交换、体表吸附和食物摄入等多种途径摄入水体中的污染物质^[45]。重金属污染物是典型的不容易降解且积累性很强、能够通过食物链从低营养级生物向高营养级生物转移,并逐渐在生态系统中积累,对人体造成危害,如有机汞中毒以感知失调、运动失调、视力障碍、听觉障碍、语言障碍等症状为主,伴有致畸性,铅会影响儿童智力的发育,对造血系统、神经系统、生殖、胚胎有很强的毒性等^[46]。目前水产品中常见的重金属污染主要是铝、镉、锡、镉、铅、汞等。当前国际社会对水产品中的重金属含量都做了限量规定,如国际食品法典委员会和欧盟规定,鱼类产品中铅的限量为0.3 mg/kg,韩国鱼类产品中铅的限量为0.5 mg/kg,均高于中国的铅限量^[47]。

3.7 为保鲜保活而使用的添加剂

水产品捕捞、运输、存储、加工过程中,由于受到摩擦、碰撞、挤压以及因各类工具的接触使用所造成的其组织外部和内部的机械损伤如鳞片脱落、皮肤破裂等,都会加快自溶反应、微生物侵入感染和扩散,从而加速水产

品的腐败过程, 影响水产品的安全。

为防止水产品的腐败变质直接导致为了保鲜保活, 一些违禁和过量的添加剂被使用, 其残留物容易给人体带来安全隐患。常见的违禁添加剂有甲醇、工业碱、染料、工业双氧水、吊白块、丁香酚等。以丁香酚为例, 丁香酚对鲜活水产品具有良好的麻醉效果, 可以有效降低活鱼的氨氮排放、代谢速率、游动行为和应激效应, 提高存活率和运输密度, 因此, 少数从业人员为提高活鱼存活率, 减少经济损失, 在鲜活水产品收贮运环节使用丁香酚作为鱼用麻醉剂, 而过量的丁香酚残留则有致敏、致癌、致突变的效果^[48]。此外, 甲醇, 作为已被世界卫生组织确定致畸和致癌物质, 也经常作为防腐剂、漂白剂添加到水产品中去。

4 物理性风险

水产品的物理性危害主要发生在水产品的养殖、捕捞、加工、包装、运输和存储的各个阶段, 来源多样。如鱼类产品在剔骨加工时残留在鱼肉中的截断的鱼刺, 贝类产品去壳时残留的贝壳碎片, 蟹肉加工时残留的蟹壳碎片等。食品加工金属机械设备如切割、搅拌、包装等设备上脱落的金属碎片、钢锯碎末、不锈钢丝、注射针、以及在加工、包装、存储过程中涉及到的玻璃设备及器具导致的玻璃碎片的残留。水产品养殖过程中可能误食的金属碎片、铁丝、针类碎片, 捕捞过程中残留的鱼钩针尖等。

物理性危害对造成人类的安全风险主要包括割破或刺破口腔、咽喉、肠胃的组织, 损坏牙齿和牙龈, 卡住咽喉、食道、气管造成窒息等。

5 气候变化对水产品安全的影响

19 世纪工业革命以来, 随着现代化社会过多燃烧化石燃料(煤炭、石油等), 人为排放的二氧化碳、甲烷、臭氧、一氧化二氮、氟里昂等气体不断增长, 加上森林植被的大量破坏, 全球气候变暖。

气温上升会影响全球的生态平衡, 从而导致热浪、暴雨、台风、洪涝、干旱等危害性天气的发生。一项针对南美沿海地区的调查显示, 一些灾难性天气会导致海水温度、盐度发生变化, 从而促进了副溶血性弧菌及创伤弧菌的繁殖, 增加了与之相关疾病爆发的几率^[49]。

全球变暖也会导致海水温度升高。水生生物对化学污染物的吸收受温度的影响, 据调研水温每上升 1 °C, 鱼和贝类对甲基水银的吸收增加 3%~5%^[50]。此外水温升高也会导致病菌富集。

海水温度升高还会通过对藻类产生影响进而威胁水生生物的安全。当海水表面温度超过夏季最高温度并持续几个星期时, 珊瑚会因其共生藻类的色素及密度减少而出

现白化现象^[51]。很多海洋生物依赖珊瑚礁提供食物并将其作为卵孵化的栖息地。珊瑚白化使其更易受到病原微生物的感染, 进而影响水生生物的安全。

6 加强水产品安全的措施及建议

上述对水产品风险来源的分析可以看出, 水产品的安全风险存在于养殖环境、生产、加工、贮存、运输及消费食用的全过程, 因此要确保其安全的相关措施也需要贯穿于水产品生产至消费的始终。

6.1 加强水产品养殖环境的检测及管理, 建立示范性养殖基地

养殖环境是水生物生长和繁衍的场所, 是其赖以生存的基础, 优良的养殖环境直接关系到水产品的安全及可持续发展。因此有必要对水产品养殖环境进行定期检测、综合治理, 控制外源性污染, 科学规划养殖环境, 合理调整养殖密度、推进示范性养殖基地的标准化建设。

6.2 加大对水产品安全检测技术的投入, 建立完善的检测体系

依托高校、科研院所在设备、技术研发上的优势, 加大对水产品安全检测技术的投入。在发挥政府主导作用的同时, 加强指导水产品企业、协会、地方相关民间组织、机构等积极参与到检测标准的制订和检测技术的改进中。

6.3 加强对水产品化学投入品的控制, 确保抽样检测和监督检查的制度化、规范化

水产品从生产、加工到储运的各个环节都不可避免的涉及化学品的投入。因此为了确保化学投入品得到规范科学的使用, 可以建立水产品化学投入品生产企业登记制度、销售企业专营专供制度, 形成对水产品化学投入品产、供、销全程有效控制体系, 同时定期进行抽样检测, 使其制度化、规范化, 以确保水产品的安全。

6.4 加强水产品安全的培训及科普宣传工作, 开通服务热线

我国当前的水产品生产和加工规模化程度较低, 部分养殖和加工人员安全意识淡薄, 在经济利益的驱动下, 经常违规操作, 因此有必要加强对一线养殖、加工和管理人员的水产品安全法律法规、滥用药物的危害等知识的培训, 同时通过电视、报纸等媒体扩大宣传, 设立公共信息平台, 定期发布水产养殖、加工相关科技信息, 开通电话热线服务等。

6.5 建立可追溯制度, 强化水产品的安全执法

建立水产品可追溯制度, 即实现水产品从“养殖场到餐桌”全过程的信息跟踪, 包括养殖环境、投入品、生产者、加工者、包装、贮存、运输、销售等, 这样一方面可以确

保水产品从生产到销售的各个行为主体责任,另一方面也有助于消费者了解水产品从养殖场到市场的全过程信息,维护自己的合法权益。同时健全水产品每一阶段的安全监管岗位责任制度,确保执法的高效、合理。

6.6 建立监控、风险评估和预警机制以及突发事件的应急控制体系

按照“预防为主,防治结合”的原则,依据水产品养殖、销售区域获取的各类信息,对其进行风险评估,判断其严重程度,及时向政府、养殖人员及公众等发出预警,以期有效的预防、控制及化解水产品安全风险,同时建立突发事件的应急管理机制及工作透明机制,及时告知公众事态发展进程,最大限度的减少负面影响。

7 结 语

中国是主要的鱼品生产国,也是自2002年起鱼和渔业产品的最大出口国之一,中国渔业产品进口也在不断增长,自2011年以来中国已成为世界第三大进口国。因此,全方位了解水产品安全风险来源,采取措施确保“从养殖场到餐桌”全过程的水产品安全是我们亟待解决的问题,不仅关乎人们的身体健康、还关乎渔业的可持续发展及水产品国际贸易的发展。

参考文献

- [1] The Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to food security and nutrition for all [R]. Rome: FAO, 2016.
- [2] Ryder J, Iddya K, Ababouch L. Assessment and management of seafood safety and quality: current practices and emerging issues: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No.574 [R]. Rome: FAO, 2014.
- [3] Zhang LL, Orth HK. Virulence determinants for *Vibrio parahaemolyticus* infection [J]. *Curr Opin Microbiol*, 2013, 16(1): 70–77.
- [4] 蒋蔚, 易力, 陈永军, 等. 水产品中霍乱弧菌、副溶血弧菌和创伤弧菌多重 PCR 检测方法的建立[J]. *中国动物传染病学报*, 2016, 24(1): 44–51.
Jiang W, Yi L, Chen YJ, et al. Development of a multiplex polymerase chain reaction assay for simultaneous detection of *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholera* and *Vibrio vulnificus* in aquatic foods [J]. *Chin J Anim Infect Dis*, 2016, 24(1): 44–51.
- [5] Deris ZZ, Leow VM, Wan HW, et al. Non-O1, non-O139 *Vibrio cholera* bacteraemia in splenectomised thalassaemic patient from Malaysia [J]. *Trop Biomed*, 2009, 26(3): 320–325.
- [6] 麻丽丹, 王殿夫, 巴中华, 等. Taqman MGB PCR 定量检测水产品中沙门氏菌的方法建立[J]. *食品科学*, 2009, 30(20): 303–307.
Ma LD, Wang DF, Ba ZH, et al. Real-time fluorescent quantitative PCR assay of *Salmonella* in seafood using Taqman MGB probe [J]. *Food Sci*, 2009, 30(20): 303–307.
- [7] Gillesberg LS, Ethelberg S, Björkman JT, et al. Two listeria outbreaks caused by smoked fish consumption-using whole-genome sequencing for outbreak investigations [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2017, 22(7): 620–624.
- [8] Hennekinne JA, Debuyser ML, Dragacci S. Staphylococcus aureus and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation [J]. *FEMS Microbiol Rev*, 2012, 36(4): 815–836.
- [9] Andrew TC, Michael WP. Genomes, neurotoxins and biology of *Clostridium botulinum* group I and group II [J]. *Res Microbiol*, 2015, 166(4): 303–317.
- [10] Natan VB, Richard AH, Keliani B, et al. Combination of essential oil compounds and phenolic acids against *Escherichia coli* O157:H7 *in vitro* and in dry-fermented sausage production [J]. *Int J Food Microbiol*, 2017, 260(2): 59–64.
- [11] Janda MJ, Abbott SL. The genus *Aeromonas*: Taxonomy, pathogenicity and infection [J]. *Clin Microbiol Rev*, 2010, 23(1): 35–73.
- [12] Ingo S. *Plesiomonas shigelloides*: An emerging pathogen with unusual properties [J]. *Rev Med Microbiol*, 2004, 15(4): 129–139.
- [13] Greening GE, Cannon JL. Human and animal viruses in food (including taxonomy of enteric viruses). In: GOYAL S., CANNON J (eds) *Viruses in foods. Food Microbiology and Food Safety* [M]. New York: Springer Cham, 2006.
- [14] 苏来金, 周德庆, 柳淑芳. 水产品中诺如病毒检测技术研究进展[J]. *渔业现代化*, 2008, 35(5): 34–38.
Su LJ, Zhou DQ, Liu SF. Advances in detection techniques of Noroviruses in aquatic products [J]. *Fish Mod*, 2008, 35(5): 34–38.
- [15] Hassard F, Sharp JH, Taft H, et al. Critical review on the public health impact of Norovirus contamination in shellfish and the environment: A UK perspective [J]. *Food Environ Virol*, 2017, 9(2): 123–141.
- [16] Glass RI, Noel J, Ando T, et al. The epidemiology of enteric caliciviruses from humans: A reassessment using new diagnostics [J]. *J Infect Dis*, 2000, 181(s2): 254–261.
- [17] Lees D. Viruses and bivalve shellfish [J]. *Int J Food Microbiol*, 2000, 59(1): 81–116.
- [18] Yilmaz H, Karakullukcu A, Turan N, et al. Genotypes of hepatitis A virus in Turkey: First report and clinical profile of children infected with sub-genotypes IA and IIIA [J]. *BMC Infect Dis*, 2017, 8(17): 561–576.
- [19] D'Souza DH, Moe CL, Jaykus L. Food-borne viral pathogens. In Doyle M, Beuchat L (ed), *Food microbiology: Fundamentals and frontiers* [M]. 3rd ed. Washington, DC: ASM Press, 2007.
- [20] Huss HH, Ababouch L, Gram L. Assessment and management of seafood safety and quality: FAO Fisheries Technical Paper No. 444 [R]. Rome: FAO, 2004.
- [21] Sripa B. Pathobiology of opisthorchiasis: An update [J]. *Acta Trop*, 2003, 88(3): 209–220.
- [22] Murrell KD, Crompton DWT. Food-borne helminth parasites. In Blackburn C(ed) *Food-borne pathogens: Hazards, risk analysis, and control* [M]. New York: Springer, 2009.
- [23] Waikagul J, Chamacho-Diaz SP. Gnathostomiasis. In Murrell KD, Fried B(eds) *Food-borne parasitic zoonoses* [M]. New York: Springer, 2007.
- [24] 袁华平, 徐刚, 王海, 等. 食品中的化学性风险及预防措施[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(14): 3598–3602.
Yu HP, Xu G, Wang H, et al. Chemical risk and its preventive measures in food [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(14): 3598–3602.
- [25] Biji KB, Ravishankar CN, Venkateswarlu R, et al. Biogenic amines in seafood: A review [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 53(5): 2210–2218.
- [26] Gomes MB, Pires BA, Pracalanza SA, et al. The risk of biogenic amines

- in food [J]. *Cienc Saud Colet*, 2014, 19(4): 123–134.
- [27] 王光强, 俞剑桑, 胡健, 等. 食品中生物胺的研究进展[J]. *食品科学*, 2016, 37(1): 269–278.
Wang GQ, Yu JS, Hu J, *et al.* Progress in research on biogenic amines in foods [J]. *Food Sci*, 2016, 37(1): 269–278.
- [28] Ezzat MA, Zare D, Karim R, *et al.* Trans- and cis-urocanic acid, biogenic amine and amino acid contents in ikanpekasam (fermented fish) produced from javanese carp (*Puntiusgonionotus*) and black tilapia (*Oreochromismossambicus*) [J]. *Food Chem*, 2015, 4(172): 893–899.
- [29] Lindahl O. Occurrence and monitoring of harmful algae in the marine environment. In Miraglia M, Van Egmond HP, Brera C, Gilbert J(eds). *Mycotoxins and phycotoxins-developments in chemistry, toxicology and food safety. Proceedings of the IX International IUPAC symposium on mycotoxins and phycotoxins* [M]. Fort Collins, Colorado: Alaken Press, 1998.
- [30] Schroeder G, Bates SS, Spallino J. Amnesic shellfish poisoning: Emergency medical management [J]. *Mar Sci Res Dev*, 2015, 6(1): 179–183.
- [31] 李爱峰, 韩刚, 于仁成. 原多甲藻酸贝类毒素的研究进展[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(1): 183–187.
Li AF, Han G, Wang RC. Progresses in studies of azaspiracid poisoning [J]. *J Fish Sci China*, 2008, 15(1): 183–187.
- [32] Lincoln M, Patrick H, Paul M, *et al.* Complex toxin profiles in phytoplankton and greenshell mussels (*Perna canaliculus*), revealed by LC-MS/MS analysis [J]. *Toxicon*, 2002, 40(9): 1321–1330.
- [33] Benson JM, Thischler DL, Baden DG. Uptake, distribution, and excretion of brevetoxin 3 administered to rats by intratracheal instillation [J]. *J Toxicol Environ Health A*, 1999, 56: 345–355.
- [34] 王焕玲, 梁玉波, 刘仁沿, 等. 我国麻痹性贝毒的研究现状[J]. *水产科学*, 2008, 27(7): 374–378.
Wang HL, Liang YB, Liu RY, *et al.* Present status of paralytic shellfish poisoning in china [J]. *Fish Sci*, 2008, 27(7): 374–378.
- [35] Friedman MA, Fernandez M, Backer LC, *et al.* An updated review of ciguatera fish poisoning: Clinical, epidemiological, environmental, and public health management [J]. *Mar Drugs*, 2017, 15(3): 72–100.
- [36] 谷江稳, 徐善良, 颜付云, 等. 河豚毒素及其发酵生产的研究进展[J]. *食品科学*, 2010, 31(11): 298–302.
Gu JW, Xu SL, Yan FY, *et al.* Research advances in tetrodotoxin and its fermentation [J]. *Food Sci*, 2010, 31(11): 298–302.
- [37] Iwasaki Y, Namera A, Giga H, *et al.* A case of severe puffer fish poisoning: serum tetrodotoxin concentration measurements for 4 days after ingestion [J]. *Clin Tox*, 2015, 5(1): 226–229.
- [38] Lopata AL, Kleine-Tebbe J, Kamath SD. Allergens and molecular diagnostics of shellfish allergy [J]. *Allergo J Int*, 2016, 25(7): 210–218.
- [39] 米娜莎, 王栋, 王宁, 等. 水产品过敏原危害性评价及管理建议[J]. *中国渔业质量与标准*, 2017, 7(6): 30–35.
Mi NS, Wang D, Wang N, *et al.* Hazard assessment of aquatic product allergen and its management recommendations [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2017, 7(6): 30–35.
- [40] 徐静, 刘天强, 彭衡阳, 等. 我国渔药研究的现状与建议[J]. *渔业现代化*, 2015, 1(42): 61–64.
Xu J, Liu TQ, Peng HY, *et al.* Research status and suggestion of national fishery chemicals and drugs [J]. *Fish Mod*, 2015, 1(42): 61–64.
- [41] Gray JS. Biomagnification in marine systems: The perspective of an ecologist [J]. *Mar Pollut Bull*, 2002, 45(1–12): 46–52.
- [42] Allen-Gil SM, Gubala CP, Wilson R, *et al.* Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls(PCBs) in sediments and biota from four US Arctic Lakes [J]. *Arch Environ Con Tox*, 1997, 33(4): 378–387.
- [43] Kayal S, Connell DW. Polycyclic aromatic hydrocarbons in biota from the Brisbane river estuary, Australia [J]. *Estuar, Coast Shelf S*, 1995, 40(5): 475–493.
- [44] 刘东红, 陶玉强, 周文佐. 持久性有机污染物在中国湖泊生物中分布与富集的研究进展[J]. *湖泊科学*, 2018, 3(3): 581–596.
Liu DH, Tao YQ, Zhou WZ. Distribution and accumulation of persistent organic pollutants in aquatic organisms of Chinese lakes [J]. *J Lake Sci*, 2018, 3(3): 581–596.
- [45] 朱艾嘉, 许战洲, 柳圭泽, 等. 黄海常见鱼类体内汞含量的种内和种间差异研究[J]. *环境科学学报*, 2014, 35(2): 764–769.
Zhu AJ, Xu ZZ, Liu GZ, *et al.* Inner- and inter-species differences of mercury concentration in common fishes from the yellow sea [J]. *Acta Sci Circum*, 2014, 35(2): 764–769.
- [46] 张罗娟, 张森, 袁信, 等. 我国水产品体内重金属含量的研究现状[J]. *食品研究与开发*, 2017, 21(38): 212–215.
Zhang LJ, Zhang M, Yuan X, *et al.* Research status of heavy metals in aquatic products in China [J]. *Food Res Dev*, 2017, 21(38): 212–215.
- [47] 张志华, 雷绍荣, 宋君. 绿色食品鱼的质量安全: 中外标准比较研究[J]. *世界农业*, 2015, 12(1): 37–42.
Zhang ZH, Lei SR, Song J. Quality and safety of green food fish: A comparative study of Chinese and foreign standards [J]. *World Agric*, 2015, 12(1): 37–42.
- [48] 方晓磊, 柯常亮, 刘奇, 等. 水产品中丁香酚残留的人体健康风险分析[J]. *水产科学*, 2018, 37(1): 140–144.
Fang XL, Ke CL, Liu Q, *et al.* Human health risk evaluation of eugenol residues in fish [J]. *Fish Sci*, 2018, 37(1): 140–144.
- [49] Raszl SM, Froelich BA, Vieira CRW, *et al.* *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in South America: Water, seafood and human infections [J]. *J Appl Microbiol*, 2016, 121(5): 1201–1222.
- [50] Booth S, Zeller D. Mercury, food webs and marine mammals: Implications of diet and climate change on human health [J]. *Environ Health Perspect*, 2005, 113(5): 521–526.
- [51] Glynn PW. Coral reef bleaching: Facts, hypothesis and implications [J]. *Global Change Biol*, 1996, 2(6): 495–509.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



缪 苗, 助理研究员, 主要研究方向为水产品安全。

E-mail: miaomiao@fmiri.ac.cn



刘 晔, 研究员, 主要研究方向为水产养殖工程。

E-mail: liuhuag@fmiri.ac.cn