

水产动物中的微塑料及其对人健康的潜在危险性

王娜¹, 张士瑾^{1,2}

(1. 喀什大学 生命与地理科学学院, 新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室, 新疆 喀什 844000; 2. 中国海洋大学 海洋生物多样性与进化研究所, 山东 青岛 266003)

摘要: 塑料的大量生产和使用导致其在自然界积累, 并在各种环境因素作用下裂解, 产生粒径小于 5 mm 的碎片和颗粒, 即微塑料, 全球的水生生态系统都发现有一定程度微塑料污染。各种水生动物, 包括人类经常食用的鱼、虾和贝类等水产动物, 都不可避免摄入微塑料, 并通过食物链传递给人。微塑料中含有添加剂, 其表面可以吸附周围环境的化学物质甚至微生物。动物和人摄入微塑料, 可通过胃肠道转移到其他器官, 给健康造成潜在危害, 受到学术界越来越多的关注。作者从水产动物中的微塑料、人体暴露途径和潜在毒性 3 个方面, 对水产食物链中的微塑料及其对人健康的潜在危险的研究进展做了简要概述。

关键词: 塑料污染; 微塑料; 水产动物; 健康; 毒性

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2023)6-0124-06

DOI: 10.11759/hyxx20230424001

世界人口的不断增长致使塑料生产和消费随之增加。自 20 世纪 60 年代以来, 塑料生产每年增加约 8.7%, 现在全球每年塑料产值已超过 600 亿美元^[1]。塑料的大量生产和消费必然导致其在自然界积累, 估计现在每年进入海洋的塑料大约有 800 t。一旦进入环境, 塑料就会在微生物(蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、微球菌(*Micrococcus* sp.)或棒状杆菌(*Corynebacterium*))、热、氧化、光或水解作用下缓慢裂解^[2], 产生小的碎片和颗粒。2004 年, 英国学者 THOMPSON 等^[3]首次提出“微塑料”(microplastics)这一术语, 把粒径 5 mm 以下的塑料碎片和颗粒称为微塑料。实际上, 微塑料是形状多样的非均匀塑料颗粒混合物, 粒径范围从 1 μm 到几 mm 不等, 肉眼往往难以分辨。微塑料这一概念通常也包括纳米级塑料, 即小于 1 μm 的塑料颗粒^[4]。微塑料分为初级微塑料和次级微塑料。初级微塑料是指最初生产的粒径小于 5 mm 的塑料颗粒, 个人护理产品和工业生产中的塑料微珠就是典型的初级微塑料。次级微塑料是指大型塑料产品通过经物理、化学和生物作用裂解而成的微塑料颗粒。

微塑料进入水生环境后, 各种水生动物都不可避免地摄入微塑料颗粒, 其中也包括供人类食用的鱼、虾和贝类等水产动物。自 2010 年首次发现浮游型鱼类体内具有微塑料以来^[5], 已在多种商品鱼体

内发现微塑料颗粒。人食用体内含有微塑料颗粒的水产动物, 必然会摄入微塑料。活体研究显示, 微塑料可以在人所有器官间转移, 并可能对健康产生潜在危险。因此, 关于微塑料暴露和人类健康之间的关系正成为环境科学家、生物学家和营养学家关注的一个热点问题。下面, 我们从水产动物中的微塑料、人体暴露途径和潜在毒性 3 个方面, 简要概述水生食物链中的微塑料及其对人健康的潜在危险性的研究进展。

1 水产动物中的微塑料

根据 2016 年的联合国有关报告, 发现全球有 220 种动物摄入自然环境中的微塑料颗粒^[6]。微塑料的摄入可以是直接摄入, 也可以是间接摄入即通过营养转移摄入(通过食物网)。现有记录显示, 浮游生物、食物链底部的幼虫以及虾和贝类等无脊椎动物和鱼类都能摄入微塑料^[7, 8]。在杂食性鲫鱼(*Carassius auratus*)中, 已观察到其体内的微塑料是源于食物链

收稿日期: 2023-04-24; 修回日期: 2023-05-13

基金项目: 喀什大学科研启动基金资助项目(022023184)

[Foundation: Research Initiation Fund of Kashi University, No. 022023184]

作者简介: 王娜(1996—), 女, 甘肃张掖人, 硕士, 讲师, 主要从事生态毒理学研究, E-mail: 13239651124@163.com; 张士瑾(1957—), 男, 江苏泗阳人, 教授, 主要从事海洋动物发育和进化生物学研究, E-mail: szzhang@ouc.edu.cn

的转移。目前,在人类食用的来自太平洋、大西洋、印度洋和地中海的多种鱼类体内都发现有微塑料颗粒。在洄游性鱼类如蓝鳍金枪鱼(*Thunnus orientalis*)和挪威舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)、底栖鱼类如鲾(*Pleuronectidae*)和鳎(*Soleidae*)及具有重要商业价值的鱼类如沙丁鱼(*Sardina pilchardus*)和欧洲鳀(*Engraulis encrasicolus*)体内都发现有微塑料,通常每尾鱼体内有 1~2 粒微塑料^[7]。微塑料颗粒主要存在于鱼类消化道,可食用组织如肌肉中很少有微塑料。

双壳类是滤食性动物,可以过滤并保留各种大小的微塑料颗粒,其体内的微塑料含量取决于海洋环境中微塑料的浓度和分布。紫贻贝(*Mytilus edulis*)和地中海贻贝(*Mytilus galloprovincialis*)是人类经常食用的两种贻贝。大量数据显示,在野生和养殖的贻贝体内都发现有微塑料,其组织内的微塑料颗粒有时高达 2.1~10.5 粒/g^[9]。

甲壳动物有些是滤食者,如桡足类(*Copepoda* sp.)和草虾(*Penaeus monodon*);有些是机会主义进食者,如褐虾(*Crangon crangon*);还有些肉食者,会主动捕食小鱼和螃蟹等。研究发现,在采集自波斯湾的半沟对虾(*Penaeus semisulcatus*)、挪威海螯虾(*Nephrops norvegicus*)以及中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)和滨蟹(*Carcinus maenas*)等甲壳类体内,都发现有微塑料^[10-11]。在从英国各地采集的褐虾样本中,发现 63% 的个体含有微塑料,平均每只虾含微塑料 1.23±0.99 粒^[12]。鉴于褐虾是许多肉食性动物的猎物,因此,其体内的微塑料很易容通过潜在的营养转移和积累传递到食物链顶层。

2 人体暴露途径

水产品消费是人类微塑料暴露途径之一。来自联合国的粮农组织数据显示,2018 年全球水产品产量大约是 179 万 t,其中 82 万 t 来自水产养殖,大约占水产品总量的一半。在全球生产的水产品中,大约 156 万 t 被人类消费,这相当于人均年消费 20.5 kg,其余的 22 万 t 水产品主要用于生产鱼粉和鱼油^[13]。水产养殖的环境条件可以控制,而且与野生动物相比,养殖动物一般生存时间较短,所以,其微塑料暴露和吸收的机会和时间都较少。然而,由于研究资料有限,养殖和野生的水产动物中的微塑料含量差异尚不确定。对于整体食用的双壳类和小型鱼类(如沙丁鱼、鲱(*Clupea pallasi*)和其他小型淡水鱼类)来讲,由于微塑

料颗粒常富集于动物消化道,所以食用后更有可能将微塑料带入人体中。无论是预先净化处理还是烹饪过程,都无法彻底清除掉贝类中的微塑料颗粒^[14-16]。完整虾和去皮虾对比发现,平时食用的虾的主要部分腹肌中没有微塑料。事实上,虾通过头胸脱壳和去除,含有微塑料的主要组织消化道已经被去除掉。然而,虾个体小,无法保证总是能把消化道从虾中彻底去除,因此,吃虾仍有摄入微塑料的危险。图 1 所示为微塑料颗粒从水产动物到人的转移途经。值得指出的是,虽然大型鱼类在消费前,内脏和鳃大多数已被切除,这可能降低了人吃鱼而暴露于微塑料的概率,但对两种常见鱼类乌仔鱼(*Chelon subviridis*)和道氏叫姑鱼(*Johnius belangerii*)的鱼干研究表明,去内脏和鳃的鱼干中的微塑料含量比所切除的内脏和鳃中的微塑料含量更高^[17],所以切除内脏和鳃并不能完全消除人通过吃鱼而摄入微塑料的危险。在斑马鱼(*Danio rerio*)幼鱼和成鱼中,已证明微塑料颗粒可以从鳃转移到消化道和肝^[18]。微塑料颗粒转移在欧洲舌齿鲈和普通虾虎鱼(*Eucyclogobius newberryi* sp.)也有记录^[19]。所有这些都证明水产动物体内不仅存在微塑料,而且微塑料可以转移到人们通常食用的动物组织,因此,其对人健康的挑战可能是广泛的。

微塑料暴露对人体健康的影响取决于摄入量的多少,而这又与水产动物体内的微塑料浓度有关。由于有关研究数据不足,目前还无法评估人通过食物摄入的微塑料的真实数据。有人推测欧洲一位顶级的贝类消费者每年摄入的微塑料颗粒大约 11 000 粒^[20]。微塑料暴露也必然导致和微塑料相关的化学物质的暴露。塑料是多聚体,生产过程中都会加入某种添加剂以使塑料获得特定的属性。塑料生产中使用的添加剂质量一般约占 4%,而种类多达数千种,包括增塑剂、阻燃剂、颜料、抗菌剂、热稳定剂、紫外线稳定剂、填料和阻燃剂如多溴二苯醚和双酚 A 等。塑料多聚体通常是无毒,因为它们具有惰性、耐用,并且由于分子量大不能轻易地通过生物膜运输。然而,非聚合物如添加剂或残留单体可以从塑料多聚体中释放出来,给环境和人的健康造成潜在危害。特别是随着塑料裂解形成微塑料,其表面积与体积之比增加,添加剂就会越来越多地浸出。浸出的添加剂会从海水中转移并富集到动物体内。TEUTEN 等^[21]分析过从深海、近岸和沙滩采集到的微塑料中的添加剂含量,发现微塑料中的多溴二苯醚含量为 0.03~50 ng/g,双

酚 A (bisphenol) 含量为 5~200 ng/g, 壬基酚含量为 20~2 500 ng/g, 辛基苯酚含量为 0.3~50 ng/g。微塑料除了含有添加剂, 其表面还会吸附水中的持久性有机污染物^[22], 如多氯联苯、多环芳烃和有机氯农药如滴滴涕、六氯苯。这些物质对塑料的亲水性比水大, 所以它们在微塑料表面的浓度能比周围的水中浓度大几个数量级。目前, 很少有研究去评估微塑料暴露对动

物体内的添加剂或化学物质暴露的相对贡献。欧洲食品安全局通过监测食品中非二恶英类的多氯联苯 6 项指标以评估由膳食摄入的多氯联苯的平均值, 发现鱼等水产动物对饮食中多氯联苯的贡献还是不容忽视的^[23]。特别值得一提的是, 微塑料表面也可以吸附各种微生物, 只是有关这方面的数据及其对人体健康的潜在影响都缺乏研究。

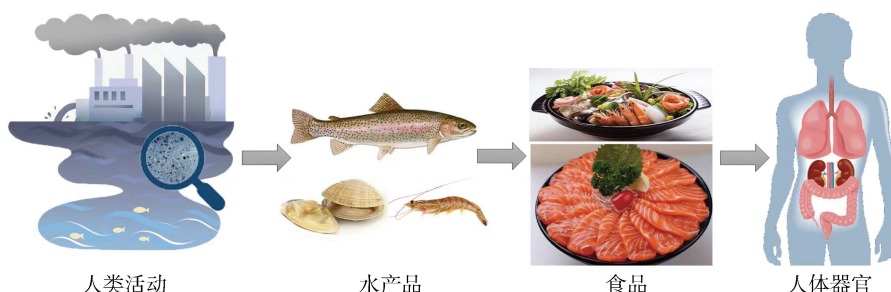


图 1 人类活动导致微塑料进入人体器官示意图

Fig. 1 Schematic presentation depicting how anthropogenic activity causes the entry of microplastics into the food chain and, subsequently, our organs

3 潜在毒性

微塑料污染不是新问题, 但和微塑料相联系的潜在危险的鉴定是个新问题。微塑料可通过物理和化学途径对人体造成危害。

3.1 微塑料的潜在风险

微塑料广泛存在于水生环境中, 并正在越来越多地污染水生生物, 给它们造成危害。鉴于全球水产动物消费的普遍性, 人类不可避免在某种程度暴露于微塑料。研究表明, 人体排泄系统可以清除微塑料。据估计摄入体内的微塑料大约超过 90% 可通过消化道并以粪便形式排出体外, 但仍有少量会保留在人体。影响人体微塑料保留率和清除率的因素包括摄入的微塑料大小、性状、聚合物类型和添加剂化学特性。

微塑料暴露可以诱导氧化胁迫、炎症反应、细胞毒性以及代谢异常。动物实验表明: 在小鼠 (*Mus musculus*)、斑马鱼和日本青鳉 (*Oryzias latipes*), 微塑料暴露都可以产生氧化胁迫^[24-25]; 贻贝摄入微塑料可刺激免疫反应和肉瘤形成; 蓝蟹 (*Callinectes sapidus*) 摄入微塑料会刺激血细胞聚集, 并降低其呼吸功能; 日本青鳉初次摄入聚乙烯微塑料会经历肝脏胁迫反应。微塑料还能引起小鼠和水生动物代谢异常, 增加或降低能量消耗、减少营养吸收和/或改

变代谢酶活性^[26]。新近, 我们以一年生贡氏假鳃鲮 (*Nothobranchius guentheri*) 为模型动物 (图 2), 研究了微塑料和衰老的关系。我们发现, 给老年贡氏假鳃鲮

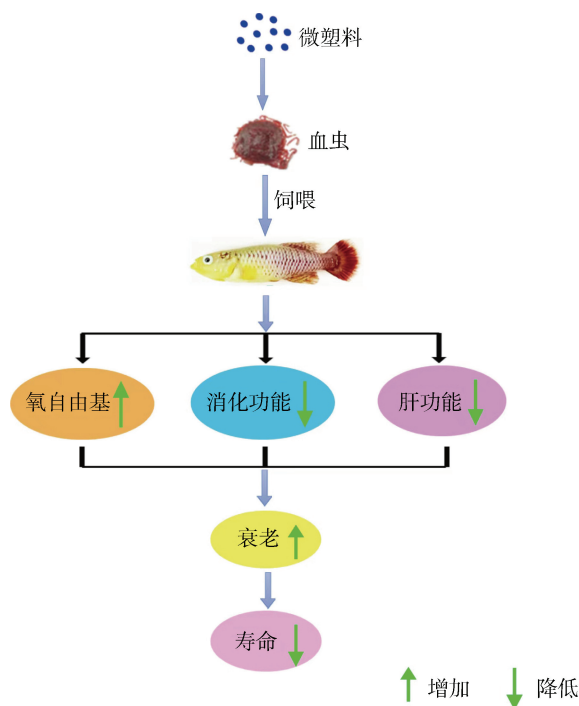


图 2 微塑料加速贡氏鳃鲮衰老并缩短其寿命机制
Fig. 2 Pro-aging and lifespan-reducing activities of microplastics via inducing digestive disturbance, hepatic dysfunction, and suppressed antioxidant system

喂食含有微塑料的血虫 2 周后, 其消化道和肝中都发现有微塑料; 喂食含有微塑料的血虫的贡氏假鳃鲙和对照组比, 体质量和体长都略有降低, 提示微塑料可能对贡氏假鳃鲙的生长有负面影响。特别是持续喂食含有微塑料的血虫, 不仅缩短了老龄贡氏假鳃鲙的寿命, 而且还加速了其组织中衰老标记物的积累。我们还发现, 微塑料可诱导贡氏假鳃鲙产生氧化应激损伤、抑制抗氧化酶活性和降低消化酶活性, 并导致肝功能障碍。这是首次关于微塑料可以影响脊椎动物寿命的报道。据此, 我们提出微塑料可通过抑制抗氧化酶活性、诱导消化紊乱以及肝脏损伤而影响贡氏假鳃鲙的寿命的假设^[27]。

由微塑料的表面官能团、大小、形状、表面电荷、浮力和疏水性可预测微塑料的吸收。有关哺乳动物研究表明, 有些微塑料可以跨越活细胞如散布于肠道黏膜上皮细胞之间的 M 细胞和树突状细胞移位到淋巴系统和循环系统, 并在其他器官如肝脏中积累, 影响免疫系统和细胞健康^[23]。例如, 人体的聚丙烯假体释放的微塑料进入到体内组织, 会诱导炎症反应, 并诱导产生氧自由基, 导致排异发生^[28]。口服纳米塑料也可通过黏膜特异性上皮细胞 M 细胞从肠道转运到血液, 继而通过淋巴系统进入肝脏和胆囊。特别值得注意的是, 纳米塑料的大小和疏水性使它能够通过胎盘和血脑屏障, 进入胎儿胃肠道和肺造成危害^[29]。纳米塑料对肺、肝和脑细胞都具有毒性。所以, 在有关微塑料暴露对人健康的潜在危险的资料十分有限, 纳米塑料在人体内的运动及其潜在影响将为深入理解微塑料的潜在危害提供参照。

3.2 添加剂和持久性有机污染物的潜在风险

微塑料还可以释放其中的添加剂或吸附到其表面的持久性有机污染物, 并将添加剂和有害的持久性有机污染物转移到海洋动物身上, 继而传递给人。塑料中常见的添加剂有多溴二苯醚、双酚 A、壬基酚和辛基苯酚。据欧洲食品安全局估计, 一位体质量 70 kg 的人平均每天摄入双酚 A 大约 14 μg , 其中由食用的贝类中的微塑料产生的双酚 A 约占 2%, 所以只代表双酚 A 摄入量的很小一部分^[26]。然而, 这些添加剂往往可以干扰人内分泌系统, 从而引发各种疾病^[26], 包括激素性癌症(乳腺癌、前列腺癌和睾丸癌)、生殖相关疾病(生殖器畸形和不孕)、代谢病(糖尿病和肥胖症)、哮喘和神经发育疾病(听力障碍和孤独症)。

除了添加剂之外, 水中的微塑料还可以吸附和积累持久性有机污染物, 包括多氯联苯、多环芳烃和有机氯杀虫剂。这些有机污染物具有疏水性, 在水环境中可以永久附着于微塑料上。动物和人一旦摄入这些有机污染物, 就会在体内脂肪组织中积累, 对动物和人的健康构成极大危害。事实上, 已发现这些有机污染物的暴露和人类严重的健康问题如内分泌失调、生殖问题、癌症、心血管病、肥胖症和糖尿病有密切联系^[29]。还有, 产前的有机污染物暴露不但对孕妇有负面影响, 而且对新生儿也有害。最新的研究表明, 产前的有机污染物暴露可导致新生儿体重降低、儿童肥胖、高血压和内分泌紊乱^[30]。

3.3 其他的潜在风险

微塑料中潜在的有毒物质还包括重金属如锌、铝、镉、铜、汞、铅和锰等。在英格兰西南沿海采集到的微塑料中, 发现镉含量是几个 ng/g , 铜含量是 7.7 $\mu\text{g/g}$, 铅含量是 10.3 $\mu\text{g/g}$, 铝含量是 171 $\mu\text{g/g}$, 锌含量是 290 $\mu\text{g/g}$, 锰含量是 308 $\mu\text{g/g}$ 。这些重金属或作为添加剂在生产中加入到塑料里, 或者吸附在微塑料表面, 它们都可以通过食物链传递给水产动物和人。机体内重金属的潜在毒性取决于多种不同因素, 包括暴露剂量、暴露途径和化学元素以及人的年龄、性别、遗传和营养状态。高浓度的重金属可导致人细胞和组织损伤, 引起各种不良反应和疾病。新近的研究发现, 海洋微塑料表面的汞、铅、锌、铜以及镉和抗生素一起, 可以共同诱发病原体的耐药性, 这可能给人类健康带来严重威胁^[31]。然而, 迄今对吸附于微塑料上的重金属离子和人类健康的相关性研究仍然十分有限。另外, 微塑料也是各种微生物附着的基质, 目前有关微生物定植于微塑料表面及其对机体的危险性的研究基本是空白。

4 小结

微塑料广泛存在于各种水体中。水产动物可以摄入微塑料并通过食物链传递给人, 所以微塑料对水产动物和人类都是一种潜在的危害。考虑到人体微塑料暴露浓度低以及代谢的高度复杂性, 目前微塑料暴露对人健康的影响可能还很有限。必须引起重视的是, 水环境中的微塑料一直在持续增加, 因此, 我们还需要开展更多、更深入的研究, 以便为微塑料对水产动物以及最终对人类健康的影响提供风险评估信息。这对于推进水产动物消费并保护消费

者免受微塑料对健康的负面影响这一双重目标十分重要。

参考文献:

- [1] JAMBECK J R, GEYER R, WILCOX C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean[J]. *Science*, 2015, 347(6223): 768-771.
- [2] PENG L, FU D, QI H, et al. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats-A review[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 698: 134254.
- [3] THOMPSON R C, OLSEN Y, MITCHELL R P, et al. Lost at sea: where is all the plastic?[J]. *Science*, 2004, 304(5672): 838.
- [4] ERIKSEN M, LEBRETON L C M, CARSON H S, et al. Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea[J]. *PLoS One*, 2014, 9(12): e111913.
- [5] BOERGER C M, LATTIN G L, MOORE S L, et al. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60: 2275-2278.
- [6] CHEN J Y, LEE Y C, WALTHER B A. Microplastic contamination of three commonly consumed seafood species from Taiwan: A pilot study[J]. *Sustainability*, 2020, 12: 9543.
- [7] AVIO C G, GORBI S, REGOLI F. Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea[J]. *Marine Environmental Research*, 2015, 111: 18-26.
- [8] MERCOGLIANO R, AVIO C G, REGOLI F, et al. Occurrence of microplastics in commercial seafood under the perspective of the human food chain. A Review[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2020, 68: 5296-5301.
- [9] LI J, YANG D, LI L, et al. Microplastics in commercial bivalves from China[J]. *Environmental Pollution*, 2015, 207: 190-195.
- [10] ABBASI S, SOLTANI N, KESHAVARZI B, et al. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf[J]. *Chemosphere*, 2018, 205: 80-87.
- [11] WATTS A J R, URBINA M A, CORR S, et al. Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance[J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49: 14597-14604.
- [12] DEVRIESE L I, VAN DER MEULEN M D, MAES T, et al. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 98: 179-187.
- [13] FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in Action[M]. Rome, Italy: FAO, 2020.
- [14] KWON J H, KIM J W, PHAM T D, et al. Microplastics in food: A review on analytical methods and challenges[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17: 6710.
- [15] BARBOZA L G A, VETHAAK D A, LAVORANTE B, et al. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2018, 133: 336-348.
- [16] BERGMANN M, GUTOW L, KLAGES M. Marine anthropogenic litter[M]. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer Nature, 2015: 447.
- [17] KARAMI A, GOLIESKARDI A, HO Y, et al. Microplastics in eviscerated flesh and excised organs of dried fish[J]. *Scientific Report*, 2017, 7: 1-9.
- [18] LU Y, ZHANG Y, DENG Y, et al. Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver[J]. *Environmental Science & Technology*, 2016, 50(7): 4054-4060.
- [19] DE SÁ L C, LUÍS L G, GUILHERMINO L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions[J]. *Environmental Pollution*, 2015, 196: 359-362.
- [20] CAUWENBERGHE V L, JANSSEN C R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption[J]. *Environmental Pollution*, 2014, 193: 65-70.
- [21] TEUTEN E L, SAQUING J M, KNAPPE D R, et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 2009, 364: 2027-2045.
- [22] ROCHMAN C M, TAHIR A, WILLIAMS S L, et al. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish e bivalves sold for human consumption[J]. *Scientific Report*, 2015, 5: 1-10.
- [23] SMITH M, LOVE D C, ROCHMAN C M, et al. Microplastics in seafood and the implications for human health[J]. *Current Environmental Health Reports*, 2018, 5: 375-386.
- [24] DENG Y, ZHANG Y, LEMOS B, et al. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure[J]. *Scientific Report*, 2017, 7: 1-10.
- [25] LU Y, ZHANG Y, DENG Y, et al. Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver[J]. *Environmental Science & Technology*, 2016, 50(7): 4054-4060.

- ence & Technology, 2016, 50: 4054-4060.
- [26] ALBERGHINI L, TRUANT A, SANTONICOLA S, et al. Microplastics in fish and fishery products and risks for human health: A review[J]. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 2023, 20: 789.
- [27] XIAO K, SONG L, LI Y, et al. Dietary intake of microplastics impairs digestive performance, induces hepatic dysfunction, and shortens lifespan in the annual fish *Notobranchius guentheri*[J]. *Biogerontology*, 2023, 24(2): 207-223.
- [28] STERNSCHUSS G, OSTERGARD D R, PATEL H. Post-implantation alterations of polypropylene in the human[J]. *Journal of Urology*, 2012, 188: 27-32.
- [29] VAFEIADI M, GEORGIOU V, CHALKIADAKI G, et al. Association of prenatal exposure to persistent organic pollutants with obesity and cardio-metabolic traits in early childhood: The Rhea mother-child cohort (Crete, Greece)[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2015, 123: 1015-1021.
- [30] CABRERA-RODRIGUEZ R, LUZARDO O P, ALMEIDA-GONZÁLEZ M, et al. Association between prenatal exposure to multiple persistent organic pollutants (POPs) and growth indicators in newborns[J]. *Environmental Research*, 2019, 171: 285-292.
- [31] IMRAN M, DAS K R, NAIK M M. Co-selection of multi-antibiotic resistance in bacterial pathogens in metal and microplastic contaminated environments: An emerging health threat[J]. *Chemosphere*, 2019, 215: 846-857.

Microplastic accumulation in aquatic animals and its potential risks toward human health

WANG Na¹, ZHANG Shi-cui^{1, 2}

(1. College of Life and Geographic Sciences, Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamirs Plateau in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashi University, Kashi 844000, China; 2. Institute of Evolution & Marine Biodiversity, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Apr. 24, 2023

Key words: plastic contamination; microplastics; aquatic animals; health; toxicity

Abstract: Anthropogenic activities have led to microplastic contamination in marine and freshwater environments. Accumulating data have demonstrated that microplastics are ingested by many species of aquatic animals, including fish, shrimp, and shellfish. These organisms are included in the human diet and may enter the human body via the food chain. Because microplastics contain and can release chemical substances (inorganic and organic) present in their matrix or previously absorbed from the surrounding environment, the physical and chemical harm to animals and humans is a cause for concern worldwide, which is increasingly garnering attention in the academic community. Herein, we briefly discussed the progress in the study of microplastics in aquatic animals and their potential risks to human health.

(本文编辑: 谭雪静)