

石油烃对水产品质量安全影响及风险评估

王 群, 宋 恽*, 孟 娣, 穆迎春, 李 强

(中国水产科学研究院, 北京 100141)

摘 要: 随着工农业的迅猛发展, 近海遭到不同程度的污染, 特别是石油工业和海上交通运输业的发展, 使得石油成为近海中最主要的污染物。石油烃主要是由碳和氢元素组成的烃类物质, 包括烷烃、环烷烃、芳香烃三类。水域中石油类污染物通过呼吸和皮肤渗透容易在水生生物体中蓄积, 不仅能使鱼、虾、贝类海产品变味, 严重时能产生毒性效应, 进而影响水产品的食用安全。本文从石油烃的特性、污染现状、国内外限量标准、石油烃污染的感官评定等方面进行了综述, 并对人体健康的影响进行了评价, 以期在水产品的质量安全监管提供依据。

关键词: 石油烃; 水产品; 质量安全; 风险评估

Impacts and risk assessments of petroleum hydrocarbon on aquatic product quality and safety

WANG Qun, SONG Yi*, MENG Di, MU Ying-Chun, LI Qiang

(Chinese Academy of Fishery Science, Beijing 100141, China)

ABSTRACT: With the rapid development of industry and agriculture, coastal waters have been polluted by various chemical contaminants, especially with the development of oil industry and maritime transportation, making the oil became the main pollutants in the offshore. Petroleum hydrocarbon is a kind of hydrocarbon materials which is primarily composed of carbon and hydrogen elements, including alkanes, cycloalkanes and aromatic hydrocarbons. Petroleum pollutants are easily accumulated in aquatic organisms in the water through breathing and skin penetration, which not only affect the seafood taste of fish, shrimp and shellfish, but also can produce severe toxic effects, thereby affecting the aquatic food safety. The characteristics of the petroleum hydrocarbons, pollution status, the limited standards at home and abroad, accumulation characteristics, toxicity to aquatic animals and the impacts on human health were reviewed in this paper, in order to provide the basis for aquatic products quality safety supervision.

KEY WORDS: petroleum hydrocarbons; quality and safety; aquatic product; risk assessment

近年来, 随着工农业的迅猛发展, 近海遭到不同程度的污染, 特别是石油工业和海上交通运输业的发展, 使得石油成为近海中最主要的污染物, 石油污染不仅能使鱼、虾、贝类海产品变味, 严重时能产

生毒性效应, 给海洋生态环境和渔业资源带了严重危害^[1-2]。同时石油类又含有多种难以被微生物降解的致癌化合物, 特别是石油烃中的多环芳烃类易在生物体内富集, 且某些组分对人体和生物具有较

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-49)

Fund: Supported by China Agriculture Technique System(CARS-49)

*通讯作者: 宋恽, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全管理及战略。E-mail: songyi@caf.s.ac.cn

*Corresponding author: SONG Yi, Researcher, Chinese Academy of Fishery Science, No.150, Qingtaxi Road, Fengtai District, Beijing 100141, China. E-mail: songyi@caf.s.ac.cn

强的致癌和致突变作用, 严重影响了人类健康, 所以, 石油烃的污染已经引起世界各国人们的高度重视^[3-5]。

2011年6月, 渤海海域发生了蓬莱“19-3”油田溢油事故。根据国家海洋局提供的资料表明^[6], 事故造成蓬莱“19-3”油田周边及其西北部海域海水受到污染, 超第一类海水水质标准的海域面积约 6200 平方公里, 其中 870 千米海域海水受到严重污染, 石油类含量劣于第四类海水水质标准。海水中石油类含量最高为 1280 $\mu\text{g/L}$, 超背景值 53 倍。溢油事故使渤海天然渔业资源受到严重破坏, 对沿岸海水养殖生产造成了严重影响。本文从石油烃的特性、相关的国内外限量标准、石油烃污染的感官评定等方面进行了综述, 并对人体健康的影响等方面进行了评价, 以期在水产品质量安全监控提供参考依据。

1 石油烃的特性

石油烃(petroleum hydrocarbons, PHs)主要是由碳和氢元素组成的烃类物质, 约几万种成分。根据分子结构组成可将其分为 3 类: 饱和烃、芳香烃和极性化合物。不同的石油类产品含有的烃类组分不同, 所具有的特性也有较大差异。石油烃中饱和烃组分溶解性差, 易挥发, 没有嗅觉和味觉效应, 对水生生物毒性低, 故对海产品的安全构不成危害。但芳香烃组分在水体中的溶解量很高, 尤其是其中的多环芳香烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)具有致癌作用, 不易降解, 在水体和生物体中的残留时间较长, 是石油烃造成海产品有毒污染的最主要成分^[7]。

多环芳香烃是包括含 2~3 个苯环的低分子量化合物和含 4~6 个苯环的高分子量化合物。与低分子量化合物相比, 含 4~6 个苯环的高分子量化合物易于沉降, 溶解性较差和具有较强的亲脂能力, 加之贝类属于滤食性生物, 不易迁移, 个体代谢能力有限, PAHs 更易富集于底栖贝类体内故其更易累积于贝体脂质中^[8-10]。苯并(a)芘(benzo(a)pyrene, BaP)则是多环芳烃中致癌性最强的物质之一, 通常作为致癌性多环芳烃类的标记物^[11]。

2 石油污染的现状

由于天然和人为原因, 每年大量的石油进入海洋。中国近海石油烃污染与海洋石油开采、海上石油

运输和主要河流石油污染物入海具有密切关系, 海上石油开采中出现的漏油及井喷事故和钻井泥浆、钻屑及生产用水, 港口和船舶的作业含油污水排放, 河流石油污染物入海是近海石油烃污染的主要源头^[12]。据 2012 年中国海洋环境质量公报报道^[13], 我国近岸海域水体污染、生态受损、灾害多发等环境问题依然突出。经河流排海的氮、磷入海量较上年明显增大, 陆源入海排污口达标排放率依然较低。近岸海域劣于第四类海水水质标准的海域面积较上年明显加大, 约 1.9 万平方公里海域呈重度富营养化状态。劣于第四类海水水质标准的区域主要分布在黄海北部、辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、珠江口的近岸海域。近岸海域主要污染要素是无机氮、活性磷酸盐和石油类。石油类含量超第一、二类海水水质标准的海域面积约 21890 平方公里, 渤海、黄海、东海和南海分别为 5860、2430、7720 和 5880 平方公里, 污染区域主要分布在渤海、大连湾、长江口、杭州湾、闽江口、珠江口、北部湾的局部海域。2012 年, 国家海洋局继续对 2011 年发生的蓬莱“19-3”溢油事故附近海域开展跟踪监测。结果表明, 事故海域海水中石油类含量高于溢油事故前平均水平, 8 月部分站位海水中石油类含量超第三类海水水质标准。个别站位沉积物中石油类含量超第三类海洋沉积物质量标准。底栖生物体内石油烃含量仍然高于背景值。事故海域浮游生物群落处于恢复中, 但仍受到溢油影响, 多样性指数低于背景值。浮游动物密度略有恢复, 仍处于较低水平, 鱼卵仔鱼数量仍然较低。

3 石油烃国内外相关限量标准

3.1 石油烃限量的国内标准

目前, 国内对石油烃有限量标准, 包括国家标准和行业标准, 所制定的限量值均为 15 mg/kg, 涉及的产品包括海洋贝类、水产品、牡蛎等^[14-21], 但未见对多环芳烃和苯并(a)芘的限量规定, 国内相关标准中对石油烃在不同水产品中的限量值规定见表 1。

3.2 国外石油烃限量标准

目前, 国外对石油烃在水产品中的限量没有明确规定, 而是给出了石油烃中毒性最强的组分苯并(a)芘的限量规定。日本未在“肯定列表”中规定石油烃的

相关限值,石油烃适用统一限值类物质的规定,为 0.01 mg/kg。韩国农林水产食品部在我国蓬莱油田漏油事故后,宣布对从渤海湾临近海域(山东省、辽宁省和河北省)进口的水产物进行油渍残留等的精密检查,主要检查指标是 BaP,制定的限量标准是鱼类需低于 2 μg/kg,蛤蜊需低于 10 μg/kg,软体和甲壳类需低于 5 μg/kg^[22]。欧盟法规^[23]中制定了食品中 BaP 的

残留限(表 2)。

4 石油烃对于水产品感观品质的影响

人类的感官尤其是嗅觉对石油烃异味比较敏感,即使是生物体中含有少量或微量石油烃,感官正常的人也能够对此做出正确的感官判断。双壳贝类属滤食性生物,对亲脂性化合物如石油烃和一些重金属

表 1 我国对石油烃的限量值规定
Table 1 Limited values of the petroleum hydrocarbons in China

适用产品	标准名称	发布单位	石油烃限量值/ (mg·kg ⁻¹)	说明
海洋贝类	GB 18421-2001 海洋生物质量	国家海洋局	15	海洋贝类生物质量(鲜重)
无公害食品 水产品	NY 5073-2006 无公害食品 水产品 中有毒有害物质限量	农业部	15	针对所有无公害食品的强制标准
无公害食品 海水贝	NY/T 1329-2007 绿色食品 海水贝	农业部	15	针对绿色食品的推荐标准
无公害食品 扇贝	NY 5062-2008 无公害食品 扇贝	农业部	15	针对无公害食品扇贝的强制标准
无公害食品 牡蛎	NY 5154-2008 无公害食品 牡蛎	农业部	15	针对无公害食品牡蛎的强制标准
无公害食品 蛭	NY 5314-2005 无公害食品蛭	农业部	15	针对无公害食品蛭的强制标准
无公害食品 蚶	NY 5315-2005 无公害食品 蚶	农业部	15	针对无公害食品蚶的强制标准
无公害食品 螺(海水螺)	NY 5325-2006 无公害食品 螺	农业部	15	针对无公害食品螺的强制标准

表 2 欧盟对 BaP 的限量规定
Table 2 Limited values of benzoapyren in EU regulations

物质	食品种类	最大限量/(μg·kg ⁻¹)
苯并芘 (BaP)	油类和脂肪(包括可可油)	2.0
	熏肉及其制品	5.0
	熏鱼及其制品的肉(应用于熏甲壳类产品)	5.0
	鱼肉(除了熏鱼肉)	2.0
	甲壳类、头足类(除了熏制品)	5.0
	双壳软体动物	10.0
	谷类加工食品和婴幼儿食品	1.0
	婴幼儿配方奶	1.0
	婴幼儿特殊医疗膳食食品	1.0

离子有高度的富集作用, 同时由于自身用于代谢的混合氧化系统存在缺陷, 因而体内污染物的释放与鱼类和甲壳类动物相比就慢得多^[24]。研究表明, 菲律宾蛤仔体内石油烃浓度在 25 mg/kg 以下时, 贝体具有固有的鲜香味, 品尝不出石油烃异味。当贝体中石油烃浓度达 30 mg/kg 左右时, 从蒸煮贝体的蒸汽中可嗅到轻微的异味, 但无口味上的感觉。当贝体中石油烃浓度超 50 mg/kg 时, 则贝体出现明显的石油烃异味, 因此, 25 ~ 30 mg/kg 应被认为是菲律宾蛤仔出现石油烃异味的阈值^[3]。青蛤和文蛤的异味阈值实验表明, 当贝类体内的石油烃浓度达到 30~35 mg/kg 时, 贝类就出现异味, 当贝类体内的石油烃浓度达到 50 mg/kg 时, 则有比较明显的异味, 异味阈值定为 30 mg/kg^[1]。因此, 贝类的石油烃异味阈值大于甲壳类动物 12~16 mg/kg, 但小于鱼类 50~100 mg/kg^[25]。

5 石油烃污染对人体健康的风险评估

国际上探讨水产品中的石油烃污染对人体健康影响时, 主要是从 PAHs 具有致癌作用的角度考虑, 通常采用 BaP 作为毒性等效评价因子来评价 PAHs 的毒性效应^[26]。对于遗传性致癌物质, 国际上通常采用暴露限值或暴露边界比(margin of exposure, MOE)方法进行评估, $MOE=BMDL(\text{基准剂量下限})/EXP(\text{膳食暴露量})$, JECFA(联合国粮农组织和世界卫生组织下的食品添加剂联合专家委员会, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)在其 64 次会议上决定对遗传性致癌物与健康相关的 MOE 风险指数定为 10000, 值越大, 越安全; 如果 MOE 值低于 10000, 则认为有健康风险。JECFA 第 64 次会议采用 BaP 作为标志物对 PAHs 进行了风险评估^[27], 通过模型拟合毒理学等实验数据, 得到基准剂量下限(Bench-mark dose limit, BMDL)的值为 100~230 $\mu\text{g/kg}$, 委员会采用了保守的低值 100 $\mu\text{g/kg}$ 进行评估。由于 PAHs 在不同食物样本中含量的可获得数据不多, 所以全球环境监测系统/食品污染物检测系统(GEMS/Food)无法提供区域性膳食暴露数据, 膳食暴露时仅采用了澳大利亚、奥地利、比利时、巴西、丹麦、芬兰、法国、意大利、荷兰、新西兰、挪威、西班牙以及英国 13 个国家提供的数据。JECFA 认为 BaP 的平均暴露量为 0.004 $\mu\text{g/kg}$, 高暴露量为 0.01 $\mu\text{g/kg}$, 通过计算得到其 MOE 为 25000 和 10000。因

此, JECFA 认为通过膳食摄入 PAHs 引起的健康风险较小。

PAHs 在食物中分布较广, JECFA 报告中指出 PAHs 含量最高的食物有肉、水产品、烧烤类产品、油和脂肪、谷物及干燥食品等, 认为谷物及产品、植物性油脂是 PAHs 的主要贡献者, 不同国家和饮食习惯所造成的膳食摄入差别较大, 因而实际风险结果会差别很大。研究^[7]结果表明, 生物体中 BaP 占 PAHs 的比例范围为 1.1%~7.59%, 而生物体中 PAHs 占石油烃的比例为 0.075%~0.217%^[28]。根据这些数据, 笔者进行了如下推论:

第一, 如果按照欧盟对水产品中 BaP 的限量规定, 按照 BaP 占总石油烃的比例范围 0.000825%~0.01647%换算, 则鱼类 $\leq 2 \mu\text{g/kg}$ 的 BaP 换算成石油烃的浓度范围为 12.143~242.4 mg/kg, 头足类和甲壳类 $\leq 5 \mu\text{g/kg}$ 的 BaP 换算成石油烃的浓度范围为 30.358~606.06 mg/kg, 双壳软体动物 $\leq 10 \mu\text{g/kg}$ 的 BaP 换算成石油烃的浓度范围为 60.716~1212.121 mg/kg。如果按照欧盟的限量标准, 当水产品中 BaP 的含量未超标时, 则对应的水产品中石油烃的含量可能会远超过了石油烃在海洋动物体内的感官异味阈值, 消费者从感官上就不会接受此类产品, 因而, 水产品中规定石油烃的限量要比规定 BaP 更合理一些。

第二, 如果按照我国的限量标准, 假设某种水产品中石油烃的含量达到 15 mg/kg, 按照 BaP 占总石油烃的比例范围 0.000825%~0.01647%换算, 则水产品中的 BaP 含量应为 0.124~2.470 $\mu\text{g/kg}$, 依据 2002 年发布的中国居民营养与健康状况调查报告之二“膳食与营养摄入状况”^[29]中的结果, 按照水产品的摄入约为 30 克/标准人日计算, 那么人体通过水产品日摄入 BaP 的量为 0.00372~0.0741 μg , 人均体重按 60 kg 计算, 那么人体通过水产品日摄入 BaP 的量为 0.000062~0.001235 $\mu\text{g/kg}$, 为 JECFA 评估的人体高暴露量值 0.01 $\mu\text{g/kg}$ 的 0.62%~12.4%, 因此, 当石油烃在水产品中的含量达到 15 mg/kg 时, 对人体健康的风险较小。

6 建 议

针对石油烃类物质对水产品质量安全所造成的影响, 提出以下建议:

首先,建议国家相关部门制定监测方案,定期、定点对石油烃类污染进行监测,掌握水域污染的动态信息,以贝类为重点监测品种。其次,开展石油污染的水产品对人体健康影响的风险评估,建议下一步监测指标增加 PAHs 和 BaP,以 BaP 作为标示残留物,以便更好地与国际接轨。第三,如果通过评估发现,水产品中的石油烃含量在对人体健康风险较小的情况下远超过感官异味限值,则建议采用以感官评价为主,实验室检测为辅的方法进行判断。第四,对沿海地区进行膳食调查,以便对特殊人群的水产品摄入量开展食品安全风险评估。

参考文献

- [1] 蔡友琼,乔庆林,徐捷. 贝类产生异味的体内石油烃阈值试验[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(2): 176-178.
Cai YQ, Qiao QL, Xu J. Test of threshold concentration on petroleum hydrocarbon in molluscan shellfish [J]. J Shanghai Fisher Univ, 2001, 10(2): 176-178.
- [2] 陈建华, 阎斌伦, 李盈蕾, 等. 石油烃和镉对毛蚶的急性毒性与联合毒性效应研究[J]. 水生生态学杂志, 2010, 3(3): 85-89.
Chen JH, Yan BL, Li YL, et al. Acute and Joint Toxicity of Petroleum Hydrocarbons and Cadmium on *Scapharca subcrenata* [J]. J Hydroecol, 2010, 3(3): 85-89.
- [3] 姜朝军, 乔庆林, 周培根, 等. 菲律宾蛤仔养殖水体中石油烃安全限量的研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(5): 14-19.
Jiang CJ, Qiao QL, Zhou PG, et al. Study on Safety Level of Petroleum Hydrocarbons for *Ruditapes philippinarum* Culturing Waters[J]. Food Ferment Ind, 2006, 32(5): 14-19.
- [4] 马继臻, 袁骥, 将玫, 等. 东海沿岸不同区域贝类体内石油烃含量的分布特征及其评价[J]. 海洋通报, 2008, 27(2): 73-77.
Ma JZ, Yuan Q, Jiang M, et al. Distributional Feature and Assessment of Petroleum Hydrocarbon in the Shellfish from the East China Sea Coast [J]. Marine Sci Bull, 2008, 27(2): 73-77.
- [5] 李先国, 张庆红, 刘思敏, 等. 多环芳烃的海洋环境行为及其代谢产物的研究进展[J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(3): 467-475.
Li XG, Zhang QH, Liu SM, et al. Research Progress on the Marine Environmental Behavior and Metabolites of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons [J]. Period of Ocean Univ China, 2009, 39(3): 467-475.
- [6] 国家海洋局. 2011 年中国海洋环境状况公报[EB/OL]. 2012. State Oceanic Administration the People's Republic of China. Bulletin of Marine Environmental Status of China in 2011[EB/OL]. 2012.
- [7] 王淑红, 王新红, 洪华生. 不同生长期翡翠贻贝体内多环芳烃富集的组织特异性研究[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(3): 29-32.
Wang SH, Wang XH, Hong HS. Specific characteristic of tissue bioaccumulation of PAHs in green lipped mussels (*Perna Viridis*) at different growth stages[J]. Marine Environ Sci, 2005, 24(3): 29-32.
- [8] 王静, 潘鲁青, 苗晶晶. 多环芳烃化合物对栉孔扇贝组织芳烃羟化酶活力的影响[J]. 海洋科学, 2007, 31(12): 19-24.
Wang J, Pan LQ, Miao JJ. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on aryl hydrocarbon hydroxylase activities of marine scallop *Chlamys farreri*[J]. Marine Sci, 2007, 31(12): 19-24.
- [9] 赵彩平, 丁毅, 叶云, 等. 淮河中下游干流贝类体中多环芳烃的分布及风险评价[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(3): 1263-1265.
Zhao CP, Ding Y, Ye Y, et al. Distribution and Risk Elevation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Mussels from the Middle and Lower Ma in Stream of Huai he River [J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(3): 1263-1265.
- [10] 江锦花, 丁理法. 台州湾五种海洋生物体内多环芳烃的浓度、富集特征及环境效应[J]. 环境污染与防治, 2007, 29(5): 394-398.
Jiang JH, Ding LF. The concentration, bioaccumulation and environmental impacts of polycyclic aromatic hydrocarbons in organism in sea [J]. Environ Pollut Contr, 2007, 29(5): 394-398.
- [11] 任加云, 潘鲁青, 苗晶晶. 苯并(a)芘和苯并(k)荧蒹混合物对栉孔扇贝毒理学指标的影响[J]. 环境科学学报, 2006, 26(7): 1180-1186.
Ren JY, Pan LQ, Miao JJ. Effects of benzo (a) pyrene and benzo (k) fluoranthene mixture on the toxicology parameter of scallop *Chlamys farreri*[J]. Acta Sci Circumstantiae, 2006 26(7): 1180-1186.
- [12] 宋飞彪, 王伟洪, 张杰, 等. 石油烃污染对海洋浮游植物的影响[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(3): 84-87.
Song FB, Wang WH, Zhang J. Influence of Petroleum Hydrocarbon Pollution on Marine Phytoplankton[J]. Environ Sci Manag, 2013, 38(3): 84-87.
- [13] 国家海洋局. 2012 年中国海洋环境状况公报[EB/OL]. 2013. State Oceanic Administration of the People's Republic of China. Bulletin of Marine Environmental Status of China in 2012[EB/OL]. 2013.
- [14] GB 18421-2001 海洋生物质量[S].
GB 18421-2001 Marine biological quality[S].
- [15] NY 5073-2006 无公害食品 水产品中有毒有害物质限量[S].
NY 5073-2006 Pollution-Free Food The Limit Standards of Toxic and Harmful Substances in Aquatic Products[S].
- [16] NY/T 1329-2007 无公害食品 海水贝[S].
NY/T 1329-2007 Pollution-Free Food Sea shell [S].

- [17] NY 5062-2008 无公害食品 扇贝[S].
NY 5062-2008 Pollution-Free Food Scallops [S].
- [18] NY 5154-2008 无公害食品 牡蛎[S].
NY 5154-2008 Pollution-Free Food Oyster[S].
- [19] NY 5314-2005 无公害食品 蛭[S].
NY 5314-2005 Pollution-Free Food Mussel [S].
- [20] NY 5315-2005.无公害食品 蚶[S].
NY 5315-2005 Pollution-Free Food Clam [S].
- [21] NY 5325-2006 无公害食品 螺[S].
NY 5325-2006 Pollution-Free Food Screw [S].
- [22] 中国水产品流通与加工协会. 中国出口水产品遭韩国严查精密化验超标时将会禁止进口[EB/OL].[2011-7-13]. http://www.cappma.org/fengxianyujing_list.
China Aquatic Products Processing and Marketing Association. Chinese exports of aquatic products, suffering a thorough investigation by Korea, will prohibit the import when exceed the regulations limits [EB/OL]. [2011-7-13]. http://www.cappma.org/fengxianyujing_list.
- [23] (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs[S].
- [24] Boehm PD, Quinn JG. The persistence of chronically accumulated hydrocarbons in the hard shell clam *Mercenaria mercenaria*[J]. Mar Biol, 1977, 44: 227-233.
- [25] Davis HK, Geelhoed EN, Maccrae AW, *et al.* Sensory analysis of trout tainted by diesel fuel in ambient water[J]. Water Sci Technol, 1992, 25(2): 11-18.
- [26] Ian C, Nisbet T, Lagoy PK. Toxic Equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 1992, 16: 290-300.
- [27] World Health Organization. Evaluation of certain food contaminants : sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives[M].
- [28] 刘文新, 胡静, 陈江麟, 等. 黄海近岸底栖贝类体内典型有机污染物分布[J]. 环境科学, 2008, 29(5): 1336-1341.
Liu WX, Hu J, Chen JL, *et al.* Distribution of Typical Organic Pollutants in Benthic Mussels from the Inshore Areas of Yellow Sea[J]. Environ Sci, 2008, 29(5): 1336-1341.
- [29] 中华人民共和国卫生部. 中国居民营养与健康状况调查报告(2002) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Nutrition and Health Survey Report of Chinese residents, 2002 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



王群, 副研究员, 主要研究方向为水产品质量安全风险评估及水产药理学。
E-mail: wangq@cafs.ac.cn



宋绎, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全管理及战略。
E-mail: songyi@cafs.ac.cn