

现场快速检测在水产品药物残留监管中的应用 及发展建议

刘欢, 李晋成, 吴立冬, 许玉艳, 宋恽*

(中国水产科学研究院 质量与标准研究中心, 北京 100141)

摘要: 近年来食品安全越来越受重视, 其中水产品药物残留问题已成为广泛关注的敏感问题。现场快速检测技术具有高效、快速、简便等特点, 越来越受到水产品质量安全监管部门的青睐。通过概述化学比色法、酶联免疫法和胶体金免疫层析法等常见现场快速检测方法及其在水产品药物残留检测方面的应用情况, 从技术研发和推广应用两个层面分析现场快速检测在水产品药物残留监管应用中存在的问题, 提出建立快速检测产品推广应用机制, 加强快速检测产品使用者实际操作能力的培训以及加强快速检测产品配套硬件条件建设等切实可行的发展建议, 为从事水产品质量安全监管及快速检测技术研究工作的人员提供参考。

关键词: 现场快速检测; 水产品; 药物残留; 监管; 应用

Application and development proposals of on-site fast detection for supervision drug residues in aquatic products

LIU Huan, LI Jin-Cheng, WU Li-Dong, XU Yu-Yan, SONG Yi*

(Quality and Standards Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China)

ABSTRACT: Drug residues in aquatic products have been a major problem relating to people's lives and safety. On-site fast detection was favored by regulatory authority due to its effective, rapid, and convenient properties. In this paper, a common on-site rapid detection method of chemical assay, enzyme-linked immunosorbent assay and colloidal gold immunochromatographic method and its application in the detection of drug residues in aquatic products were summarized, the problems in R&D and regulatory applications were analyzed, and the technical support and future prospects in the security applications were also stated. The author proposed to establish the mechanisms for on-site rapid products promotion applications, to enhance the training capacity of the user actual operation and to strengthen the conditions for rapid detection of hardware products supporting the construction of feasible development proposals. We hope that the results would help the persons who engaged in seafood safety supervision and detection technology.

KEY WORDS: on-site fast detection; aquatic products; drug residues; supervision; application

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(20907051)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(2013C006)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (20907051) and the Special Scientific Research Funds for Central Non-profit Institutes, Chinese Academy of Fishery Sciences (2013C006).

*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。E-mail: songyi@cafs.ac.cn

*Corresponding author: SONG Yi, Researcher, Quality and Standards Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China. E-mail: songyi@cafs.ac.cn

1 引言

水产品是人们日常饮食摄入的重要食品种类之一。我国是水产品生产大国, 2012 年我国的水产品总量达 5907.68 万吨, 水产品产量连续多年居世界首位^[1], 水产品是我国打入国际市场的主要农产品品种之一。近年来, 各级渔业主管部门紧紧围绕农业部提出的“努力确保不发生重大水产品质量安全事件”的目标任务, 开展了大量卓有成效的工作, 使我国水产品质量安全水平稳定向好^[2]。然而, 伴随着渔业的快速发展, 由于养殖环境不断恶化和养殖集约化程度不断提高, 因药物残留问题引发的水产品质量安全事件时有发生, 如“大菱鲆事件”、“孔雀石绿事件”等, 水产品质量安全问题正日益成为群众关心、领导关注、进口国关切的敏感问题^[3]。水产品质量安全事件屡屡发生的原因是多方面的, 除了法律、法规、标准、管理等方面需进一步完善外, 因检测技术落后导致的发现不及时和处置措施不利是一项重要原因。面临日益严峻的水产品质量安全形势, 如何快速、准确地检测出水产品中药物残留状况并及时对其监管就显得至关重要。

目前, 水产品中药物残留的检测手段仍主要使用常规实验室检测法。常规实验室检测法存在检测样品数量有限、检验周期较长等局限, 已远远不能满足水产品安全保障的需求, 而具有高效、快速、简便等特点的现场快速检测技术可以扩大对水产品安全不利因素的监测范围, 增加样品的监测数量, 便于及时发现问题, 迅速采取控制措施。近年来, 现场快速检测已在抗震救灾等紧急情况及大型活动安全保障中被广泛应用^[4,5]。2011 年起, 农业部启动了水产品中药物残留快速检测产品筛选验证工作, 将验证结果面向社会公示^[6,7], 该项工作进一步推动现场快速检测产品在水产品药物残留监管工作中的应用。

现场快速检测可用于水产品质量安全监管中的初期判定, 对监测到的问题样品, 可送实验室做进一步检验。显然, 在水产品药物残留监管工作中, 若能将常规实验室检测方法和现场快速检测相结合, 则既可发挥快速检测的特点, 又可充分利用实验室资源, 使快速检测方法与实验室常规检测方法彼此互补, 形成全方位的水产品药物残留检测技术体系, 从而可以更好地维护我国水产品质量安全。本文将对现场快速检测产品在水产品药物残留监管控制上的应用研究现状及发展前景进行探讨, 以期从事水产品质量安全监管及快速检测技术研究工作的人员提供参考。

2 常见的现场快速检测方法及其在水产品药物残留检测方面的应用

现场快速检测是利用一切可以利用的手段快速出具检验结果, 如果方法能够应用于现场, 在 30 min 内得到检测结果, 即可视为现场快速检测方法^[8]。现场快速检测方

法要求具有以下特点: 一是实验准备简化, 使用的试剂较少, 配制好的试剂保存期长; 二是样品前处理简单, 对操作人员要求低; 三是分析方法简单、准确和快速^[9]。近 10 年来, 大量的快速检测技术应运而生, 常见的有酶抑制技术、免疫技术、化学比色分析技术、传感器技术、生物芯片技术、分子生物学技术、ATP 生物发光等^[10-22], 其中, 化学比色法、酶联免疫法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)和胶体金免疫层析法(gold immunochromatography assay, GICA)是目前应用比较成熟且具有商品化产品的现场快速检测方法^[9]。本文将对化学比色法、ELISA 和 GICA 的技术特点及其在水产品药物残留检测方面的应用情况做概括介绍。

2.1 化学比色法

化学比色法是利用迅速产生明显颜色的化学反应检测待测物质, 可通过与标准比色卡比较进行目视定性或半定量分析^[9]。此法在检测果蔬产品中有机磷农药残留方面应用广泛^[23]; 在水产品药物残留检测方面, 该法主要用于检测孔雀石绿残留, 并且已有商品化产品, 检测限在 2.0~10.0 mg/kg 之间^[24]。然而, 由于化学比色法灵敏度较低, 因此, 目前该法在水产品中药物残留检测方面应用前景有限。

2.2 酶联免疫法

ELISA 是一种以酶作为标记物的免疫分析方法, 它将酶标记在抗体/抗原分子上形成酶标抗体/酶标抗原, 酶用于能呈现出颜色的底物, 通过仪器或肉眼进行辨别^[9]。采用 ELISA 法进行动物源性食品中药物残留的检测十分方便, 该方法特异性强, 快速且样品前处理容易, 是目前应用最广泛的免疫分析方法之一^[25]。在水产品药物残留检测方面, 该法广泛用于检测水产品中氯霉素、孔雀石绿、硝基咪唑类药物及其代谢物等药物残留, 并且已有较为成熟的商品化产品。表 1 列举了部分利用 ELISA 法检测水产品中药物残留的项目及检测限。利用 ELISA 法检测水产品中药物残留具有处理样品量大、特异性好、灵敏度高等优点, 且不需要大型精密仪器设备, 适于在水产品加工生产或鲜活水产品交易现场进行实时监控及大量样品筛查检验, 应用前景广阔。

2.3 胶体金免疫层析法

GICA 是胶体金标记技术结合免疫层析技术一种应用形式, 该法将特异的抗体交联到试纸膜上, 试纸膜有一条控制线和一条或几条显示结果的测试线, 抗体和特异抗原结合后再和带有颜色的特异抗原反应时, 就形成了带有颜色的三明治结构, 如没有抗原, 则没有颜色, 用肉眼即可直观地判断检测结果^[9]。GICA 法在水产品药物残留检测上应用广泛, 在氯霉素、孔雀石绿、硝基咪唑类药物及其代谢物(AOZ、AMOZ、SEM、AHD)、四环素类药物、磺胺

类药物、氟喹诺酮类等药物的检测上均有研究和应用^[27]。目前,国内已有多家生物技术公司拥有商品化的胶体金免疫层析快速检测产品^[24,28]。此外,应用此法检测水产动物中贝类毒素、重金属、激素等物质残留的应用研究也已见报道^[29-32]。表 2 列举了部分利用 GICA 法检测水产品中药物残留的项目及检测限。GICA 法具有快速、准确、成本低、操作简单等特点,可以实现管理部门对检测技术应“简便、准确、易判定”的要求,目前已受到渔业行业管理人员、科研工作者及水产品生产企业等多方的重点关注^[35,36]。

表 1 部分利用 ELISA 法检测水产品中药物残留项目及检测限
Table 1 A part of detection items and detection limit of ELISA

检测项目	检测限(μg/kg)
氯霉素	0.01~0.05
孔雀石绿	0.16 ^[26]
喹诺酮类/氟喹诺酮	1.0~50.0
磺胺类	100.0
四环素类	1.0~6.0
己烯雌酚	1.0

表 2 部分 GICA 法检测水产品中药物残留项目及检测限
Table 2 A part of detection items and detection limit of GICA

检测项目	检测限(μg/kg)
氯霉素	0.1~0.3
孔雀石绿	2.0~5.0
硝基呋喃类代谢物(AOZ、AMAZ、SEM、AHD)	1.0~2.0
磺胺类	5.0~100.0 ^[33]
氟喹诺酮类	10.0~100.0 ^[34]

3 现场快速检测在水产品药物残留监管应用中存在的问题

我国的现场快速检测技术起步较晚,与发达国家相比,在技术研发方面还有一定差距,而在水产品质量安全监管中的推广应用方面更属于初期阶段。国内许多科研工作者已着力于研究将免疫技术、化学比色分析技术、传感器技术、生物芯片技术、分子生物学技术等现场快速检测技术用于水产品中禁限用药物、激素等物质的检测^[37-39]。目前,国内已有多家生物技术公司拥有商品化的现场快速检测产品,如基于 GICA 技术开发的水产品中氯霉素快速检测试纸条(试剂板)、水产品中孔雀石绿快速检测试纸条(试剂板)、水产品中 4 种硝基呋喃类代谢物快速检测试纸条(试剂板)^[24,40-42]等。从农业部向社会公布的 2012、2013 年水产品中药物残留快速检测产品筛选验证结果看,一些

快速检测产品的检测限基本可以满足目前水产品药物残留监管工作的需要,可用于水产品质量安全日常监管,但笔者认为目前该技术在研发和应用推广两个层面仍存在以下问题。

3.1 技术研发层面

(1)检测速度不够快捷。检测速度是衡量快速检测技术的重要指标,是弥补常规实验室检测法耗时长这一缺点的重要优势。然而,从农业部公布的快速检测产品筛选验证结果中发现,使用快速检测产品检测一批水产品(6 个样品)中氯霉素、孔雀石绿以及硝基呋喃类代谢物残留的耗时范围分别是 40~70 min、48~135 min 以及 76~230 min^[6],检测用时虽比常规实验室检测法耗时短,但均远长于现场快速检测法规定的 30 min。因此,检测速度不快是制约该类快速检测产品在水产品药物残留监管中广泛应用的重要因素。

(2)准确度仍有待于进一步提高。准确是快速检测的前提要求,如果检测结果中出现大量假阳性或假阴性,也就失去了实际应用的意义。从 2013 年农业部公布的快速检测产品筛选验证结果发现,验证的 8 个氯霉素快速检测产品中有 1 个产品假阴性率高达 92.5%^[6]。研究人员对市售氯霉素、孔雀石绿和硝基呋喃类代谢物快速检测产品进行的质量评价结果也表明,个别氯霉素和硝基呋喃类代谢物快速检测产品检测空白鱼糜样品的假阳性率高达 30%以上^[24,40-43],快速检测产品的准确度有待进一步提高。

(3)辅助仪器设备多。从农业部公布的快速检测产品筛选验证结果中发现,参与现场验证的快速检测产品检测时均使用了辅助仪器设备,有些为企业自制的小型设备,较适合在具有简单实验条件的场所使用^[6-7]。然而,快速检测产品的使用者往往是执法检查人员或是基层检测站的工作人员,现场执法检查时往往都是在养殖池塘边,如果操作繁琐、所需辅助设备过多,势必会影响方法的应用和普及^[37]。

(4)不能实现多残留同时检测。我国水产品药物残留监控的渔药种类繁多,近年来,对目标物的多残留检测是实验室检测的研究热点,对快速检测来说更是如此,但现有的快速检测方法难以满足多残留同时检测,因此,迫切需要发展多残留同时检测的快速检测方法,对性质相似或相近的目标物采取同时检测,这也是快速检测技术发展的更高要求和目标^[37,44]。目前,市场上已开发出了用一种前处理方法处理后便可同时检测 4 种硝基呋喃类代谢物的快速检测试纸条(卡),填补了该项技术的空白,但对于其他性质相似药物的多残留快速检测技术及产品的研发仍有待进一步研究。

3.2 推广应用层面

(1)快速检测产品未纳入国家标准体系,存在监管盲

区。现场快速检测是一个新兴事物, 国家对食品安全快速检测工作尚未形成有效的文件约束, 相当多的食品安全快速检测产品并未纳入国家标准体系^[8]。研究人员曾对 4 种市售国产氯霉素快速检测产品进行质量验证, 结果发现有 2 种产品的最低检测浓度值与商标标识最低检出限不相符^[40]。快速检测产品在长期运用过程中一直没有相关的国家认定标准和具体的准入制度, 导致快速检测产品生产企业鱼龙混杂, 生产规模、技术实力差距悬殊, 产品良莠不齐。

(2) 使用者的实验操作能力有待加强。在现场快速检测中, 不但要求检测速度快, 而且要求准确, 要做到这两点, 快速检测产品的使用者必须熟悉操作步骤, 因此, 提高快速检测产品使用人员的操作熟练程度显得尤为重要。近年来, 部分地区监管部门已经组织开展了快速检测产品使用培训, 但是受时间、经费等条件的限制, 培训对象的覆盖范围仍远远不能满足实际需求; 此外, 由于此类培训多为短期培训, 加之使用者日常工作中很少使用快速检测产品, 实际演练少, 培训效果也不尽理想^[45]。

(3) 快速检测产品配套硬件条件配置不足。由于目前市售的用于检测水产品中药物残留的快速检测产品多需使用辅助设备, 较适合在具有简单实验条件的场所使用^[40], 因此, 有必要为水产品药物残留监管执法检查工作配备一定的硬件实验条件, 如移动监测车等。然而, 目前我国多数地区在水产品质量安全监管执法过程中仍采用“看、听、摸、闻”等方式, 极少有为监管执法检查工作配置辅助实验手段和设施, 辅助监管的配套硬件条件明显不足, 这也是快速检测产品难以推广应用的原因之一。

4 现场快速检测在水产品药物残留监管中的发展建议

当前现场快速检测的总体发展趋势为: 一是检测速度越来越快, 检测灵敏度和集约化程度越来越高; 二是前处理时间逐步缩短, 实验步骤简单易行; 三是配套开发相关仪器, 逐步实现智能化控制; 四是不断强化基础研究, 以满足多残留检测的需要^[9,23,44]。随着研究的不断深入, 其在水产品药物残留检测中的应用将越来越广。由于现场快速检测可用于流通环节中对水产品市场准入的质量监控、养殖企业(户)在养殖环节的自我监控以及行政管理部門的执法者在现场执法检查中的初步判定等, 其在水产品药物残留监管领域的应用前景十分巨大^[37]。目前, 现场快速检测在水产品药物残留日常监控中应用并不广泛, 究其原因, 笔者认为该技术在研发和推广应用两个层面均有待于进一步加强。

4.1 技术研发层面

随着现代生物技术、化学分析方法的不断成熟完善, 很多相关技术如生物芯片^[46,47]、传感器^[48,49]、色谱法^[9]、

活体生物法^[50]等均已应用到现场快速检测技术和产品的开发中, 这些技术的加入可为解决现场快速检测存在的检测速度不快、准确度不高、辅助仪器设备过多以及不能实现多残留同时检测等局限问题提供了有力的技术支持, 为今后进一步扩展现场快速检测的应用范围提供了更广阔的发展空间。

4.2 推广应用层面

一是探索建立快速检测产品推广应用机制, 消除监管盲区。鉴于目前快速检测产品存在质量参差不齐、市场秩序混乱等问题, 建议管理部门以已经启动的水产品中药物残留快速检测产品筛选验证项目为抓手, 建立快速检测产品备案管理机制, 定期向社会推荐稳定可靠的快速检测产品, 探索将快速检测产品纳入国家或行业标准体系, 以此来推动快速检测技术及产品的规范化管理和标准化应用。

二是加强快速检测产品使用者实际操作能力的培训。在水产品质量安全日常监管工作中, 快速检测产品的使用者往往是执法检查人员或是基层检测站的工作人员, 因此, 建议主管部门今后将培训重点放在基层快速检测产品实际使用者上, 培训形式可以兼顾理论学习和实际操作两个方面, 以便其更好的掌握快速检测方法。

三是加强快速检测产品配套硬件条件建设。鉴于目前市售的用于检测水产品中药物残留的快速检测产品较适合在具有简单实验条件的场所使用, 建议在渔业养殖企业(户)密度较大的以村或镇建立一定比例的快速检测实验室, 并在其中配备开展快速检测必备的实验仪器, 如小型离心机、水浴锅等, 基层执法检查人员可从渔业养殖企业(户)抽取样品后集中送至快速检测实验室进行检测; 同时, 配备一定数量的移动监测车, 并在其中配备开展快速检测的实验条件, 快速检测产品的应用将为移动式的质量安全监管模式提供强有力的技术支撑。

5 小 结

水产品质量安全是关系到国计民生的重大问题, 在社会日益发展的今天, 民众对食品的安全问题越发重视, 现场快速检测在水产品药物残留监管中将具有广阔的应用前景。现场快速检测是当前食品安全监管不可或缺的重要手段, 大力推广其在水产品药物残留监管中的应用意义重大。但将水产品药物残留现场快速检测技术普及应用到管理部门的日常监管、养殖企业(户)的自我监控以及百姓生活中对食品的鉴别等方面, 还需要各方的高度关注和共同推进。

参考文献

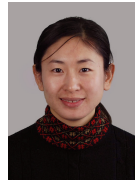
- [1] 农业部渔业局. 2013 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.

- MOA. China statistical yearbook of fishery in 2013 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.
- [2] 赵兴武. 中国水产品质量安全监管形势分析及工作思路[J]. 中国渔业质量与标准, 2013, 3(2): 1-3.
- Zhao XW. Review of 2012 Chinese aquaculture products quality and safety supervision and management [J]. Chin Fish Qual Stand, 2013, 3(2): 1-3.
- [3] 孙伟红, 邢丽红, 翟毓秀, 等. 水产品药物残留检测研究中存在的主要问题与对策[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(1): 14-22.
- Sun WH, Xing LH, Zhai YX, *et al.* Problems and countermeasures in the presence of drug residues in aquatic products [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(1): 14-22.
- [4] 房慧. 快速检测: 全力守护灾后食品安全[J]. 食品安全导刊, 2009, 1(2): 78-79.
- Fang H. Quick test: Full disaster food safety guard[J]. Food Safe Guide, 2009, 1(2): 78-79.
- [5] 朱小洁. 绍兴市食品卫生现场快速检测结果分析[J]. 浙江预防医学, 2008, 20(5): 39-40.
- Zhu XJ. Analysis of food hygiene site rapid test results in Shaoxing [J]. Zhejiang J Preven Med, 2008, 20(5): 39-40.
- [6] 中华人民共和国农业部. 农业部办公厅关于2013年水产品中禁用药物残留快速检验产品现场验证结果的通报[EB/OL][2013-12-04]. http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tfw/201312/t20131204_3697628.htm
- MOA. Briefing of rapid determination products testing drug residues in aquatic products in 2013 [EB/OL][2013-12-04]. http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tfw/201312/t20131204_3697628.htm
- [7] 中华人民共和国农业部. 农业部办公厅关于2012年度水产品禁用药物残留快速检测产品现场验证结果的通报[EB/OL][2012-09-19]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/201209/t20120919_2944693.htm
- MOA. Briefing of rapid determination products testing drug residues in aquatic products in 2012 [EB/OL][2013-12-04]. http://www.moa.gov.cn/zwl/m/tzgg/tfw/201312/t20131204_3697628.htm
- [8] 朱小红. 现场快速检测在食品监督中的应用及展望[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 303-307.
- Zhu XH. Application of on-site fast detection for food safety [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 27(4): 788-794.
- [9] 周焕英, 高志贤, 孙思明, 等. 食品安全现场快速检测技术研究进展及应用[J]. 分析测试学报, 2008, 27(4): 788-794.
- Zhou HY, Gao ZX, Sun SM, *et al.* Development and application of on-site fast detection techniques for food safety [J]. J Instrum Anal, 2008, 27(4): 788-794.
- [10] Kadsoudas E, Abdelmessih H. Enzyme inhibition and enzyme-linked immunosorbent assay methods for carbamate pesticide residue analysis in fresh produce[J]. J Food Prot, 2002, 63(12): 1758-1760.
- [11] 赵永福, 董学芝. 酶抑制技术检测蔬果农药残留量研究进展[J]. 分析测试技术与仪器, 2005, 11(4): 277-286.
- Zhao YF, Dong XZ. Progresses in enzyme inhibition for determination pesticide residues in vegetables and fruit [J]. Anal Technol Instrum, 2005, 11(4): 277-286.
- [12] 唐红枫, 生秀梅, 陈文明, 等. 酶抑制技术在蔬菜中农药残留快速检测中的应用[J]. 华中师范大学研究生学报, 2004, 11(2): 125-129.
- Tang HF, Sheng XM, Chen WM, *et al.* Enzyme inhibition technique in the rapid detection of pesticide residues in vegetables [J]. Central China Normal Univ J Postgraduate, 2004, 11(2): 125-129.
- [13] Wang S. Enzyme immunoassay for the determination of carbaryl residues in agricultural products [J]. Food Addit Contam, 2005, 22(8): 735-742.
- [14] Yang JY, Wang H, Jiang YM, *et al.* Development of an enzyme-linked immuno-sorbent assay (ELISA) method for carbofuran residues [J]. Molecules, 2008, 13: 871-881.
- [15] Moreno MJ, Plana E, Montoya A, *et al.* Application of a monoclonal-based immunoassay for the determination of imazalil in fruit juices [J]. Food Addit Contam, 2007, 24(7): 704-712.
- [16] 周凤霞, 汪阳霞. 亚硝酸盐的快速检测新技术研究[J]. 农业环境与发展, 2009, (1): 84-86.
- Zhou FX, Wang YX. New technology for rapid detection of nitrite [J]. Agric Environ Develop, 2009, (1): 84-86.
- [17] Haasnoot W, Bienenmann-ploum M, Lamminmaki U, *et al.* Application of a multi-sulfonamide biosensor immunoassay for the detection of sulfadiazine and sulfamethoxazole residues in broiler serum and its use as a predictor of the levels in edible tissue [J]. Anal Chim Acta, 2005, 552(1/2): 87-95.
- [18] Li M. Application of a molecular beacon-real-time PCR technology to detect Salmonella species contaminating fruits and vegetables [J]. Int J Food Microbiol, 2004, 95(2): 177-187.
- [19] Ye B, Li S, Zou P, *et al.* Simultaneous detection of sulfamethazine, streptomycin, and tylosin in milk by microplate-array based SMM-FIA [J]. Food Chem, 2008, 106(2): 797-803.
- [20] Ukuku DO, Sapers GM, Petr WF. ATP bioluminescence assay for estimation of microbial populations of fresh-cut melon [J]. J Food Protect, 2005, 68(11): 2427-2432.
- [21] 张艳敏, 李志军. 食品安全快速检测技术研究进展[J]. 粮油加工, 2009, (8): 120-122.
- Zhang YM, Li ZJ. Advances in technology for rapid detection of food safety [J]. Cereals Oils Proce, 2009, (8): 120-122.
- [22] 王洪健. 快速检测在食品监测中的研究进展[J]. 广东化工, 2012, 4(39): 293-295.
- Wang HJ. Rapid detection technology in food study on monitoring [J]. Guangdong Chem, 2012, 4(39): 293-295.
- [23] 万宇平. 快速检测技术在食品安全监管中的应用及发展新方向[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2011, 29(4): 1-5.
- Wan YP. Applications of rapid detection techniques in food safety monitoring and new development [J]. J Beijing Technol Busi Univ(Nat Sci Edit), 2011, 29(4): 1-5.
- [24] 钱蓓蕾, 王媛, 蔡友琼. 孔雀石绿快速检测试剂盒的比较研究以及在水产品监控中的应用[J]. 现代渔业信息, 2011, 26(10): 19-21.
- Qian BL, Wang Y, Cai YQ. Comparative study on three quick testing boxes for malachite green and its application on monitoring aquatic products [J]. Mod Fish Inform, 2011, 26(10): 19-21.
- [25] 李秀婷, 孙宝国, 吕跃钢, 等. 动物源性食品中药物残留的快速检测技术研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 346-350.
- Li XT, Sun BG, Lv YG, *et al.* Progress in rapid detection techniques for drug residues in animal-origin foods [J]. Food Sci, 2009, 30(19): 346-350.
- [26] 沈丽, 张丽君, 谭攀, 等. 酶联免疫检测试剂盒检测水产品中孔雀石绿的应用研究[J]. 食品工程, 2012, 2: 58-61.
- Shen L, Zhao LJ, Tan P, *et al.* Application on enzyme-linked immunosorbent assay for determination of malachite green in aquatic products [J]. Food Eng, 2012, 2: 58-61.
- [27] 张显昱, 刘志强, 李强. 胶体金免疫层析试纸条在水产养殖业中的应用[J]. 生物技术通报, 2013, 12: 56-61.
- Zhang XY, Liu ZQ, Li Q. Application of colloidal gold-based immunochromatographic lateral flow assay in aquaculture field [J]. Biotechnol Bull, 2013, 12: 56-61.
- [28] 张晓辉, 李余动, 孔蕾, 等. ELISA和GICA快速检测水产品中氯霉素残留的比较[J]. 浙江农业学报, 2005, 17(4): 216-218.

- Zhang XH, Li YD, Kong L, *et al.* Comparison of rapid detection of chloramphenicol residues in aquatic products on by ELSIA and GICA [J]. *Acta Agric Zhejiang*, 2005, 17(4): 216–218.
- [29] 刘仁沿, 梁玉波, 陈媛, 等. 胶体金免疫层析法快速检测腹泻性贝毒软海绵酸的研究[J]. *分析科学学报*, 2010, 26(1): 31–34.
- Liu RY, Liang YB, Chen Y, *et al.* Development of gold immunochromatography assay for the detection of okadaic acid [J]. *J Anal Sci*, 2010, 26(1): 31–34.
- [30] Komano A, Maruko H, Sekiguchi H, *et al.* Detection of saxitoxin in counterterrorism using a commercial lateral flow immunoassay kit [J]. *Forensic Toxicol*, 2011, 29: 38–43.
- [31] Byzova NA, Zvereva AV, Zherdev SA, *et al.* Rapid pretreatment-free immunochromatographic assay of chloramphenicol in milk [J]. *Talnta*, 2010, 81(3): 843–848.
- [32] 高利利, 程金平, 刘元嫒, 等. 软骨藻酸胶体金免疫层析检测试纸条的研制[J]. *环境科学*, 2011, 32(8): 2492–2496.
- Gao LL, Cheng JP, Liu YY, *et al.* Development of colloidal gold immunochromatographic strip for rapid detection of domoic acid [J]. *Environ Sci*, 2011, 32(8): 2492–2496.
- [33] 向军位, 陈耀强, 唐勇, 等. 胶体金免疫层析法快速检测水样品种的镉离子[J]. *中国生物制品学杂志*, 2010, 23(5): 529–532.
- Xiang JJ, Chen YQ, Tang Y, *et al.* Rapid determination of cadmium ion in water samples by colloidal gold immunochromatography [J]. *Chin J Bio*, 2010, 23(5): 529–532.
- [34] 张敏, 李翘, 盛慧萍. 磺胺类药物胶体金快速检测试剂条的研制及在水产品中的应用[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(8): 75–79.
- Zhang M, Li Q, Sheng HP. Development and application of colloidal gold rapid test strip for sulfonamides in aquatic products [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2013, 29(8): 75–79.
- [35] 徐锐. 海产品中恩诺沙星残留的免疫胶体金层析现场快速检测技术[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- Xu R. Enrofloxacin residues in seafood immunogold chromatography-site rapid testing technology [D]. Qingdao: China Ocean University, 2013.
- [36] 祖学勤, 唐春霞, 靳涛, 等. 胶体金免疫层析技术在水产品药残快速检测中的应用[J]. *现代农业科技*, 2013, 17: 291–293.
- Zu XQ, Tang CX, Jin T, *et al.* Applications of GICA in rapid detection of drug residues in aquatic productions [J]. *Mod Agric Technol*, 2013, 17: 291–293.
- [37] 王媛, 于慧娟, 钱蓓蕾, 等. 胶体金免疫层析法在水产品快速检测中的应用和发展方向[J]. *农产品质量安全*, 2013, 1: 41–43.
- Wang Y, Yu HJ, Qian BL, *et al.* GICA Application and development direction in the rapid detection of aquatic [J]. *Agric Qual Stand*, 2013, 1: 41–43.
- [38] 檀尊社, 陆恒, 邵伟, 等. 胶体金免疫层析法快速检测水产品中四环素类药物残留[J]. *西北农业学报*, 2010, 19(8): 32–37.
- Tan ZS, Lu H, Shao W, *et al.* Nanocolloidal gold-based immunoassay for rapid detection of tetracycline residue in aquatic products [J]. *Acta Agric Boreali-Occidentalis Sinica*, 2010, 19(8): 32–37.
- [39] 王钱, 李康, 陈树芬, 等. 胶体金免疫层析法对组织样品中磺胺甲恶唑残留的快速检测[J]. *分析测试学报*, 2009, 28(4): 458–461.
- Wang Q, Li K, Chen SF, *et al.* Rapid determination of sulfamethoxazole residue by colloidal gold immunochromatographic method [J]. *J Instrum Anal*, 2009, 28(4): 458–461.
- [40] 赵春城, 刘一军, 徐帮兴, 等. 水产品中无色孔雀石绿胶体金免疫层析法检测[J]. *中国公共卫生*, 2009, 25(7): 54–58.
- Zhao CC, Liu YJ, Xu BX, *et al.* Determination of LMG by GICA in aquatic products [J]. *Chin J Public Health*, 2009, 25(7): 54–58.
- [41] 刘欢, 孙伟红, 马兵, 等. 水产品中氯霉素残留快速检测产品的质量分析和评价[J]. *中国渔业质量与标准*, 2012, 2(3): 55–61.
- Liu H, Sun WH, Ma B, *et al.* Evaluation of rapid detection products of chloramphenicol residue in seafood [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2012, 2(3): 55–61.
- [42] 刘欢, 邢丽红, 宋怿, 等. 水产品中硝基呋喃类代谢物残留快速检测产品的质量分析和评价[J]. *中国渔业质量与标准*, 2013, 3(2): 74–79.
- Liu H, Xing LH, Song Y, *et al.* Evaluation of rapid detection products of nitrofurans metabolites residue in seafood [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2013, 3(2): 74–79.
- [43] 王媛, 钱蓓蕾, 于慧娟, 等. 胶体金免疫层析产品快速测定水产品中的氯霉素残留[J]. *中国渔业质量与标准*, 2013, 3(1): 82–86.
- Wang Y, Qian BL, Yu HJ, *et al.* Rapid determination products based on gold immunochromatography assay for detecting chloramphenicol residues in aquatic products [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2013, 3(1): 82–86.
- [44] 周思, 肖小华, 李攻科. 食品安全快速检测方法的研究进展[J]. *色谱*, 2011, 29(7): 580–586.
- Zhou S, Xiao XH, Li GK. Development of rapid detection techniques for food safety [J]. *Chin J Chromatography*, 2011, 29(7): 580–586.
- [45] 杨军, 何志刚, 黄建华. 浅议快速检测在水产品质量安全监管中的作用及意义[J]. *渔业致富指南*, 2012, 8: 15–17.
- Yang J, He ZG, Huang JH, *et al.* On the role and significance in the rapid detection of quality and safety supervision in aquatic [J]. *Fish Guide Rich*, 2012, 8: 15–17.
- [46] 唐晓敏, 高志贤. 基因芯片快速检测常见水中致病菌的初步应用研究[J]. *解放军预防医学杂志*, 2003, 21(2): 94–96.
- Tang XM, Gao ZX. Preliminary application of gene chip to rapid detection of common pathogens in water [J]. *J Prevent Med CPLA*, 2003, 21(2): 94–96.
- [47] Liu YL, Elsholz B, Enfors SO. Confirmative electric DNA array-based test for food poisoning *Bacillus cereus* [J]. *J Microbiol Meth*, 2007, 70: 55–64.
- [48] Crooks SRH, McCarney B, Traynor IM. Detection of levamisole residues in bovine liver and milk by immunobiosensor [J]. *Anal Chim Acta*, 2003, 483: 181–186.
- [49] Dirk D, Tara L, Furukawa S, *et al.* A multiplex DNA suspension microarray for simultaneous detection and differentiation of classical swine fever virus and other pestiviruses [J]. *J Virol Meth*, 2006, 137(1): 88–94.
- [50] Girotti S, Bolelli L, Roda A, *et al.* Improved detection of toxic chemicals using bioluminescent bacteria [J]. *Anal Chim Acta*, 2002, 471(1): 113.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



刘欢, 副研究员, 主要研究方向为水产品质量安全检测技术。
E-mail: liuh@cafs.ac.cn



宋怿, 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