

# Advance of Research on Rapid Determination Method of Seafood Quality and Safety

Qiang Huang

Shandong Hengcheng Testing Science and Technology Co Ltd, Laizhou  
Email: [huangq52@163.com](mailto:huangq52@163.com)

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2014; revised: Aug. 5<sup>th</sup>, 2014; accepted: Aug. 13<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper summarized the rapid detection techniques of seafood, including rapid pre-treatment technology, chemical-speed measurement, enzyme inhibition, enzyme-linked immunoassay, sensor, molecular biology and chromatography-mass spectrometry etc. The trends of rapid determination technologies of seafood were discussed here.

## Keywords

Seafood, Rapid Detection, Development, Application

---

# 海产品质量安全快速检测方法研究进展

黄 强

山东恒诚检测科技有限公司，莱州  
Email: [huangq52@163.com](mailto:huangq52@163.com)

收稿日期：2014年7月11日；修回日期：2014年8月5日；录用日期：2014年8月13日

---

## 摘 要

本文综述了海产品质量快速检测技术，包括：快速前处理技术、化学速测法、酶抑制速测法、免疫速测

法、传感器法、分子生物学方法及色谱-质谱联用仪等,探讨了海产品快速检测的发展趋势。

## 关键词

海产品, 快速检测技术, 进展, 应用

## 1. 引言

在所有食品中,海产品是最具营养价值的食品,大部分海产品味道鲜美、营养成分高、高蛋白、低脂肪、低热量、易消化吸收,同时含有大量氨基酸、维生素、碘、钙、锌等对人体有益物质,所以越来越受到大众的喜爱。海产品安全检测作为保障海产品安全的重要手段,正发挥着越来越重要的作用。目前,国际上对于海产品的安全检测技术主要有两个发展趋势:一是实验室检测,设备日趋精密,试验时间逐步缩短,检出限逐步降低;二是现场快速检测,技术速测化程度不断提高,装备日趋便携化,涌现出了大量的快速检测技术和产品。

快速检测技术是相对于传统和经典的化学检测与仪器检测而言的,在短时间内,如几分钟、十几分钟,采用不同方式方法检测出被检物质是否处于正常状态,检测得到的结果是否符合标准规定值,被检物质本身是不是有毒有害物质,由此而发生的操作行为称之为快速检测。快速检测是实验室常规检测的有益补充,其快速检测主要通过三方面手段实现:一是快速的样品前处理技术;二是简便易用的检验方法;三是将实验用试剂、设备做成标准化的专用产品。

海产品检测项目主要包括非法添加物质(如甲醛、火碱、一氧化碳、亚硫酸钠及一些色素类物质)、兽药残留(主要是抗生素类)、微生物(致病菌、细菌总数及生物毒素)、重金属、农药残留等,本文对目前已经有的和正在发展的海产品快速检测方法进行了综述。

## 2. 样品快速前处理技术

样品前处理是分析测试过程必不可少的重要环节,发展快速、高效的样品前处理方法是分析化学家们一直追求的目标。近十几年来,开始研究并应用于海产品样品前处理的新技术主要有微波萃取、固相(微)萃取、超声萃取、超临界流体萃取、亚临界流体萃取等,一般与色谱-质谱技术联合应用。

### 2.1. 微波萃取

微波萃取(Microwave Extraction, ME)是指利用微波的电磁辐射将目标物质从样品中快速萃取出来,使其进入溶剂中的萃取技术。微波萃取可以利用最少的样品,在短时间内完成萃取,破坏性小,节省溶剂和样品,回收率高。目前微波萃取在海产品中主要应用在低沸点重金属、挥发性有机物和半挥发性有机物的萃取中。

张兰[1]等人利用微波萃取的方法,提取了鱼肉和人发样品中的汞,使用高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用仪进行测定,前处理简单,样品提取效率高,大大缩短了样品分析的时间,有助于汞形态的快速萃取与分析。王贤波[2]等利用微波萃取液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用仪测定水产品中甲基汞、乙基汞和无机汞,前处理简单,精密度高。

作为一种快速前处理技术,微波萃取的主要不足在于萃取温度和压力的控制比较复杂,要求较高,一定程度上限制了微波萃取技术在快速检测领域的应用。

### 2.2. 固相(微)萃取

固相萃取(Solid Phase Extraction, SPE)技术自七十年代后期问世以来,由于其溶剂使用量少、操作简

单、选择性高、重现性好,在食品痕量分析领域逐渐取代液液萃取成为一种快速可靠的前处理方法。新型的固相萃取方法如固相微萃取、搅拌棒吸附萃取、基质固相分散萃取、分子印迹固相萃取、免疫亲和固相萃取、整体柱固相萃取、碳纳米管固相萃取等是在固相萃取技术上发展起来的环境友好型快速前处理技术,逐渐被应用于海产品的农药残留、兽药残留、食品添加剂、风味物质、毒素等检测领域。

戴晓欣[3]等建立了水产品中苯巴比妥残留量测定的固相萃取-高效液相色谱方法;高平[4]等人利用分散固相萃取方法建立了对虾中12种有机磷农药的提取方法;连子如[5]等人利用分子印迹固相萃取技术建立了对多种有机污染物和麻痹性贝毒的分离检测方法;赵庆喜[6]等人利用微波蒸馏(MD)-固相微萃取装置(SPME)提取了鲮鱼鱼肉中的挥发性成分;Jing Nie[7]等采用整体柱固相萃取的方法,将毛细管柱同常规的C18柱联用,对鱼肉中的四环素类抗生素等进行了萃取检测,检出限为ng/mL级。

由于固相微萃取等技术出现时间不长,很多研究还处于探索阶段,目前主要局限于与GC、HPLC等检测技术的联用,如何将其与多种仪器在线联用将会成为研究开发的热点。

### 2.3. 超声萃取

超声萃取利用超声波促进被萃取成分的扩散释放并充分与溶剂混合,设备简单。对被萃取物质没有选择性差异。超声萃取在食品前处理中主要应用于无机重金属物质的萃取以及有机物中甲醛、食品添加剂等物质的消化萃取。

Mendez[8]等人详细研究了超声萃取对于贻贝等六类海产品中总硒的萃取与检测,取得了较高的回收率。同时超声萃取技术已经被应用于商品化的检测仪器中,作为甲醛等指标样品现场快速检测的前处理方法[9]。超声萃取同样存在一些不足,萃取效率受样品粒度的影响比较大,同时超声萃取的容器也会对超声产生一定的屏蔽作用,从而影响萃取的效果。

### 2.4. 超临界流体萃取

超临界流体萃取(Supercritical Fluid Extraction, SFE)是以超临界流体为溶剂提取分离混合物的过程,同时具有液相萃取和精馏的特点,溶剂回收简便,特别合热稳定性较差的物质。

目前超临界流体萃取技术在海产品检测中主要用于对农药残留的萃取分离上,例如徐敦明[10]等建立了离线超临界CO<sub>2</sub>萃取气相色谱测定鱼肉中毒死蜱残留量的分析方法,最小检出量达0.01 ng,分析时间小于2小时。

超临界流体萃取技术也有自身的局限性,超临界萃取需要超高压的条件,对于容器的要求比较高,并且超高温、超高压的操作条件使得设备能耗达,不易实现连续萃取。

### 2.5. 亚临界流体萃取

亚临界流体萃取技术可以在比较低的压力下实现比较好的萃取效果,克服了超临界二氧化碳萃取存在的一些缺点,因而受到了越来越多的重视。由于1,1,1,2-四氟乙烷临界条件(临界温度101.1℃,临界压力4.06 MPa)易于达到、低毒、惰性、不易燃以及不破坏臭氧层等特点,所以成为亚临界流体的首选。亚临界流体萃取技术在海产品快速检测中主要与色谱-质谱类技术结合使用,用于多氯联苯类物质、激素及抗生素类残留的检测。

贾凯[11]利用亚临界流体1,1,1,2-四氟乙烷萃取了海产品中的多氯联苯类物质,回收率可达90%以上。马勤川[12]利用1,1,1,2-四氟乙烷作为萃取流体,结合高效液相色谱技术检测了罗非鱼肌肉中的丙酸睾酮、甲基睾酮和醋酸甲羟孕酮残留,具有良好的灵敏度和重现性。

## 3. 样品快速检测技术

样品快速检测方法包括实验室快速检测和现场快速检测两种,要求实验准备简化,使用的试剂少并

且保存时间长,同时要求样品的前处理简单,对操作人员要求低,分析简单快速并且准确。目前在海产品检测领域所应用的快速检测方法主要有化学速测法、酶抑制速测法、免疫速测法、传感器法等,另外分子生物学方法及色谱-质谱联用仪也被逐渐应用到海产品的快速检测领域。

### 3.1. 化学速测法

化学速测法结果显示直观,操作简便,具有一定的灵敏度和专一性,可分为化学比色法和生物学发光检测法。化学比色法利用能够迅速产生明显颜色的化学反应来检测待测物质,进行定性或者半定量分析,可用于非法添加物质、重金属及微生物的检测分析。对于甲醛等添加物的检测现在已经有商品化的试纸或者试剂盒出售,例如厦门斯坦道生物科技有限公司研究开发的甲醛快速检测试剂盒,杭州的路恒生物科技有限公司生产的二氧化硫检测试纸,北京智云达科技有限公司生产的工业碱的快速检测试纸以及双氧水快速检测试纸等,同时与试剂检测方法相配套的微型光电比色计目前也已发展的比较成熟,例如科技部发明的一项可一次测量 32 个样品的“mr-550b 食品甲醛快速检测仪”,3 分钟即可显示甲醛浓度,并可远距离传输数据,便于监控。对于孔雀石绿及重金属类的快速检测上,窦红[13]利用固相萃取柱和化学比色法建立了鱼、虾、蟹等水产品中孔雀石绿及隐性孔雀石绿的快速检测方法,检出限达到 2 ug/kg;青岛市药检所历时两年研制了 4 种快速检测试纸,采用化学显色反应试纸的方法能检测出铅、砷、汞、镉 4 种重金属及其含量。先把水产品打成匀浆,再放入试纸,仅需两步,就能查出螃蟹、蛤蜊等水产品中是否含有重金属。化学比色法在快速检测领域应用简便,但是检测项目较少,局限性大,灵敏度相比于其他的快速检测方法比较低,适用于定性和半定量的场合。

生物学发光检测法主要利用荧光虫素和荧光虫素酶使细菌裂解产生磷光来检测菌落总数,目前国外已有便携式仪器出售,例如美国检测水产品表面细菌总数的 WaterGiene™,使用专用药物棉签刮抹待测部位,然后将药签装入笔形管中,插入便携仪器即可读数,检测方法的标准培养法相比相关系数可达 90% 以上且只需 5 分钟。生物发光法也存在不足之处,如有时灵敏度达不到要求,受游离的三磷酸腺苷体细胞和盐分等成分干扰,不能对细菌进行鉴定[14]等。

### 3.2. 酶抑制速测法

酶抑制技术在海产品快速检测中主要是用于重金属的检测。其基本原理就是进入生物体内的重金属离子与体内某些酶的活性中心结合,改变了酶活性中心的结构与性质,使得底物-酶系统产生一系列变化,例如使显色剂颜色、pH 值、电导率、吸光度等发生改变,通过肉眼观察或者电信号、光信号的检测判断重金属是否存在。酶抑制速测法对重金属的检测在环境领域应用最为广泛,已经有相应的试纸条、热量计、便携式检测皿等产品,在海产品检测中的应用比较少,与光谱法相比,酶抑制法的特异性强,操作简单,但是可选择酶种类和可检测重金属种类比较少。刘京萍[15]等对葡萄糖氧化酶抑制法检测鱼、虾等中的镉、锡、铅等重金属的体系条件进行优化,加标回收率达 92.7%~105.7%,标准差小于 1.0%。

### 3.3. 免疫速测法

免疫速测法是利用抗原与抗体的特异性反应建立的快速检测方法,按照标记物的不同可以分为酶免疫检测(EIA)、放射性免疫检测(RIA)、荧光免疫检测(FIA)和化学发光免疫检测(LIA)等,近年来又新出现了流动注射免疫层析检测技术和胶体金免疫层析检测技术等。免疫速测法在海产品检测中主要应用于兽药残留、非法添加剂残留以及致病菌和毒素的检测中,其灵敏度与常规的仪器分析一致,适合于现场筛选,具有简单、快速、灵敏度高、特异性强等优点。



### 3.3.1. 酶联免疫吸附检测法

酶联免疫法(ELISA)是一种以酶作为标记物免疫分析方法,是目前应用最广泛的免疫分析方法之一,常用的固相载体是96孔聚苯乙烯酶标板,常用的酶是辣根过氧化物酶。目前国外已经研制出酶联免疫法试剂盒,可以检测水产品中的药残、农残、毒素和致病菌,例如己烯雌酚、乙炔雌二醇等药物残留试剂盒,针对PSP毒素的快速诊断免疫检测试剂盒,Neogen组胺试剂盒等。国内研制出几种兽药的单克隆抗体,并且建立了兽药的酶联免疫检测方法,但是没有商品化的产品出现。窦勇[16]等以间接竞争ELISA法实验,检测水产品中副溶血性弧菌进行,检测下限为104 cfu/mL,检测时间为8 h; V. Guglielmo-Viret[17]等人利用酶联免疫法检测水产品中的蓖麻毒素B,检出限可达400 ng/L。酶联免疫法虽然广泛应用于兽药、农残、非法添加物和生物毒素的检测,但是酶联免疫法的抗原抗体反应容易受到基体的干扰而出现假阳性,同时抗体容易与目标组分的代谢产物发生反应,导致结果不准确。

### 3.3.2. 放射免疫法

放射免疫法是利用放射性同位素标记抗原或者抗体,通过免疫反应来进行测定,具有灵敏度高、特异性强、简单快速、成本低等优点,在海产品检测中主要是集中于抗生素类兽药残留的检测中。陈健[18]等利用Charm II放射免疫分析方法检测鳗鱼中磺胺类药物残留,验证了磺胺类的最大残留限量50 μg/kg的检测稳定性,90分钟可出检测结果;郑晶[19]等建立了利用放射性免疫分析快速筛检烤鳗中四环素类药物残留的方法,检测的全过程可在80 min内完成。放射免疫法的标记物具有放射性污染,在实际操作和自动化测量方面限制了该技术的推广应用。

### 3.3.3. 免疫层析法

免疫层析法借助固载纤维的毛细管作用,使待测物质沿着膜表面运动到检测区与标记物相结合显色,检测对象包括抗生素、重金属、生物毒素、农药残留等,目前食品领域使用着色物标记的免疫层析法应用比较多,例如免疫胶体金法,胶体碳基质免疫层析法等。国外已经有相当成熟的商业化试纸条用于抗生素等项目的检验,国内也已开发出一些免疫学现场快速测试试剂盒,例如针对海产品中的雌二醇和盐酸克伦特罗的免疫胶体金检测。免疫胶体金测试纸多为定性检测方法,用反射光密度计对斑点颜色强度进行测定,可以得到半定量的结果。柳爱春[20]等对水产品中硝基咪唑类代谢物(AOZ, SEM, AMOZ, AHD)快速衍生化方法进行研究,在此基础上建立了水产品中硝基咪唑类代谢物免疫胶体金快速检测方法,研制出免疫胶体金快速检测试剂盒,对AOZ最低检出限为0.5 μg/kg。

### 3.3.4. 荧光免疫法

荧光免疫法是以荧光物质作为标记物,被标记的多为抗体,分为时间分辨荧光免疫法、荧光酶免疫法、荧光偏振免疫法等,一般用于海产品中药物残留、致病菌等物质的检测。余宇燕[21]等利用杂交瘤技术制备了诺氟沙星的单克隆抗体,建立了水产品中残留诺氟沙星的荧光免疫分析方法,检出限达6.09 ug/L。纳米材料和量子点等技术推动了荧光免疫法的发展,田玮[22]等选择水产品鱼中的氯霉素作为研究对象,采用基于量子点的荧光免疫分析进行检测,灵敏度高,时间短。荧光免疫测试在多种药物检测中易出现假阳性,通常采用与色谱技术联合使用的方式,提高检测灵敏度。

## 3.4. 传感器法

传感器是感受规定的待测物质,将其含量转化成可用的光、电信号,实现待测物质痕量即时检测的器件或者装置,可分为半导传感器、电化学传感器、生物传感器等,其中生物传感器在食品农药、兽药残留以及生物毒素等方面的检测中应用最为广泛。生物传感器按感受器可分为酶传感器、免疫传感器、细胞传感器、微生物传感器、组织传感器、类脂质膜传感器等,在现场快速检测领域,生物传感器与化

学速测法、免疫法相比还未得到普遍的应用,但国内外针对这方面的研究报道很多,近年来生物传感器研制趋向于微型化、集成化、智能化和无创伤化方向发展,在快速检测领域将有更广阔的应用前景。Fonfra[23]使用带有生物特异性评估软件的 x 表面等离子体共振生物传感器来定量测定虾夷扇贝毒素,结果表明信号与剂量呈现正相关。谢东华[24]等研制了基于氯霉素抗体包被  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  金磁纳米微粒(GMP)和三乙撑四胺铜(II)(CuL)共固定修饰平面热解石墨电极的安培免疫传感器,用于测定鱼肉中氯霉素含量,检出下限达 0.092 ng/mL,检测灵敏快速。

### 3.5. 分子生物学方法

分子生物学检测方法主要用于海产品中致病菌和生物毒素的检测,包括生物芯片、核酸探针、聚合酶链式反应(PCR)技术、分子印迹等。

#### 3.5.1. PCR 技术

PCR 技术是近十多年来应用最广泛的分子生物学方法,在食源性致病菌的检测中均是以其遗传物质高度保守的核酸序列设计特异引物进行扩增,进而用凝胶电泳和紫外核酸检测仪观察扩增结果。在 PCR 基础上发展起来多重 PCR 技术、荧光定量 PCR 技术等,广泛应用于海产品中致病微生物的检测,具有快速、特异、敏感等优点。翁思聪[25]利用多重 PCR 技术建立了水产品及其加工制品中沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、副溶血性弧菌和志贺氏菌的 sssvm-PCR 检测试剂盒,可在 24 h 内完成样品的检验,效果稳定,可重复性好。周向阳[26]等利用基于 TaqMan 探针的荧光定量 PCR 技术建立了水产品中沙门菌的检测体系,样品检出率为 10.0%,与国标法检测结果一致。

#### 3.5.2. 生物芯片技术

生物芯片是生物化学及其他物理、化学、计算机科学等学科高度交叉的新技术,其原理是将待测样品加到芯片表面,利用生物分子之间的特异性亲和反应,检测样品中待测成分分别于固定在芯片上的生物识别分子相结合,从而实现样品的检测,对于检验海产品的毒素有很大的作用。生物芯片可分为基因芯片、蛋白芯片、芯片实验室等。高爽[27]等运用基因芯片技术建立了水产食品中常见病原微生物的检测方法,检测结果准确稳定。

#### 3.5.3. 核酸探针技术

核酸探针技术的原理是应用两条不同来源的核酸链如果具有互补的碱基序列,既能够特异性的结合成为分子杂交链。在已知的 DNA 或者 RNA 片段上加上可识别的标记使之成为探针,检测样品中是否存在同样的序列。核酸探针技术常被用于海产品中致病菌[28][29]、过敏原及异见线虫[30]的检测,与常规检测相比,可以大大节省检测时间,减少由质粒决定的毒力丧失的机会,从而提高了检测的准确性。Raghunath[31]等利用碱性磷酸酶标记的针对耐热直接溶血素相关毒素基因的寡聚核苷酸探针,检测海产品中的副溶血性弧菌,特异性为 100%、灵敏度  $510 \times 10 \sim 314 \times 10$  cfu/g,反应时间为 1 h。

### 3.6. 色谱 - 质谱联用法

色谱 - 质谱联用技术在农药残留、兽药残留等领域应用广泛,以实验室检测为主,配套快速简便的前处理技术,与常规的检测相比极大缩短了产品的检测时间,检测准确度高。随着配套装备的发展,便携式色谱 - 质谱联用仪也逐渐应用到海产品安全的现场检测中,可以快速检测较低污染物质。郭萌萌[32]等建立了快速检测水产品中 23 种全氟烷基化合物的超快速液相色谱 - 串联质谱分析方法,样品前处理采用酸化乙腈提取目标物,  $\text{C}_{18}$  填料和石墨化碳黑分散固相萃取净化,23 种目标物在 12 min 内实现良好分离,并在各自相应浓度范围内线性良好。万译文[33]等建立了水产品中有 16 种多环芳烃药物残留量同时

测定的高效液相色谱分析方法, 检出限为 0.5~5.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

#### 4. 小结

综上所述, 目前海产品质量安全的检测中, 化学速测法、酶抑制速测法、免疫速测法、传感器法等, 分子生物学法及色谱-质谱联用法都得到了较多的应用, 出现了很多商品化的快速检测试纸、试剂盒及便携式的仪器, 但是大多数快速检测方法在前处理技术、操作规范性、定量准确性等方面还有许多待完善之处, 目前只能作为快速的筛选手段而不能作为最终诊断的依据。随着快速检测技术市场需求的扩大, 新的研究方法将应用于快速检测技术, 从而推动海产品安全检测技术的发展, 海产品的快速检测将会呈现以下趋势: (1) 由于高新技术的应用, 检测灵敏度不断提高; (2) 检测速度不断加快, 智能化芯片和高速电子器件与检测器的使用, 使检测周期大大缩短; (3) 选择性不断提高, 各种传感器的使用, 使得从复杂混合物中直接测定目标污染物成为可能; (4) 由于微电子技术、传感器技术等的应用, 使得检测仪器小型化、便携化方向发展, 有利于实时、现场、动态、快速检测的实现。另外由于海产品样品的复杂性, 快速有效的前处理技术和装置的研制对于缩短快速检测时间、提高检测准确度具有重要的意义。

#### 参考文献 (References)

- [1] 张兰, 陈玉红, 王英峰, 等 (2013) 微波辅助萃取-高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法联用测定生物样品中的汞形态. *环境化学*, **11**, 2219-2222.
- [2] 王贤波, 刘军波, 余霞奎, 钱丽华 (2014) 微波萃取液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用测定水产品中甲基汞、乙基汞和无机汞. *安徽农业科学*, **8**, 2438-2440.
- [3] 戴晓欣, 朱新平, 吴仕辉, 等 (2012) 固相萃取-高效液相色谱法测定水产品中的苯巴比妥. *食品科学*, **18**, 232-235.
- [4] 高平, 黄国方, 刘文侠, 等 (2014) 分散固相萃取-气相色谱法测定对虾中 12 种有机磷农药残留. *分析试验室*, **3**, 359-363.
- [5] 连子如 (2013) 分子印迹固相萃取技术在海洋有机污染物和麻痹性贝毒分离检测中的应用. 博士论文, 中国海洋大学, 青岛.
- [6] 赵庆喜, 薛长湖, 徐杰, 等 (2007) 微波蒸馏-固相微萃取-气相色谱-质谱-嗅觉检测器联用分析鳙鱼鱼肉中的挥发性成分. *色谱*, **2**, 267-271.
- [7] Nie, J., Zhao, Q., Huang, J.F., et al. (2006) Determination of telmisartan in rat tissues by in-tube solid-phase microextraction coupled to high performance liquid chromatography. *Journal of Separation Science*, **29**, 650-655.
- [8] Mendez, H., Alava, F. and Lavilla, L. (2002) Ultrasonic extraction combined with fast furnace analysis as an improved methodology for total selenium determination in seafood by electro thermal-atomic absorption spectrometry. *Analytical Chimica Acta*, **452**, 217-222.
- [9] 吉大小天鹅 (2004) GDYQ-501MA 五合一食品安全分析仪使用说明书. 长春吉大小天鹅仪器有限公司, 长春.
- [10] 徐敦明, 徐安良, 余向阳等 (2005) 超临界流体萃取气相色谱法测定鱼肉中的毒死蜱残留. *分析化学*, **4**, 451-454.
- [11] 贾凯 (2013) 亚临界 R134a 萃取——气相色谱/质谱联用技术对海产品中多氯联苯残留检测的研究. 硕士论文, 中国海洋大学, 青岛.
- [12] 马勤川 (2012) 亚临界 R134a 萃取——高效液相色谱联用技术对水产品中激素残留检测的研究. 硕士论文, 中国海洋大学, 青岛.
- [13] 窦红 (2010) 水产品中孔雀石绿及其代谢物快速检测方法研究. *河北工业科技*, **6**, 385-387.
- [14] 杨晓林 (2000) 生物发光及化学发光在生物医学领域中应用的进展. *生物物理学报*, **1**, 11-15.
- [15] 刘京萍, 李金, 葛兴 (2007) 葡萄糖氧化酶抑制法检测食品中镉、锡、铅的残留. *北京农学院学报*, **4**, 59-62.
- [16] 窦勇, 胡佩红 (2008) ELISA 法快速检测水产品中副溶血性弧菌. *现代食品科技*, **6**, 598-602.
- [17] Guglielmo-Viret, V. and Thullier, P. (2007) Comparison of an electrochemiluminescence assay in plate format over a colorimetric ELISA, for the detection of ricin B chain (RCA-B). *Journal of Immunological Methods*, **328**, 70-78.

- [18] 陈健, 林杰, 黄晓蓉, 郑晶, 汤敏英, 陈彬 (2006) 鳗鱼中磺胺类药物残留的 Charm II 放射免疫法检测. *福建水产*, **3**, 8-11.
- [19] 郑晶, 黄晓蓉, 林杰, 陈健, 郑俊超 (2005) 应用放射性免疫分析方法快速筛检烤鳗中四环素类药物残留. *福建水产*, **3**, 47-49.
- [20] 柳爱春, 刘超, 赵芸, 桑丽雅, 王振国, 陈飞东 (2013) 免疫胶体金法快速检测水产品中硝基呋喃类代谢物的研究. *浙江农业学报*, **1**, 95-102.
- [21] 余宇燕, 张红艳, 张淑玲, 林舒, 陈莉 (2012) 间接荧光免疫分析法检测水产品中残留的诺氟沙星. *分析试验室*, **10**, 55-57.
- [22] 田玮 (2012) 基于量子点的荧光免疫分析在农兽药残留检测中的应用研究. *吉林农业*, **9**, 79-80.
- [23] Fonfría, E.S., Vilarino, N., Vieytes, M.R., Yasumoto, T. and Botana, L.M. (2008) Feasibility of using a surface plasmon resonance-based biosensor to detect and quantify yessotoxin. *Analytica Chimica Acta*, **617**, 167-170.
- [24] 谢东华, 干宁, 王峰, 杨欣 (2009) 鱼肉中氯霉素检测用抗体包被金磁纳米微粒修饰安培免疫传感器. *传感技术学报*, **10**, 1371-1377.
- [25] 翁思聪 (2011) 多重 PCR 检测水产品中四种食源性致病菌的研究与检测试剂盒的开发. 硕士学位论文, 浙江工商大学, 浙江.
- [26] 周向阳, 万婧, 顾立丰, 邵宏宏, 颜剑波, 周秀锦 (2012) 基于 TaqMan 探针的荧光定量 PCR 检测水产品中的沙门菌. *中国卫生检验杂志*, **12**, 2842-2845.
- [27] 高爽, 谢明杰, 金大智, 曹际娟 (2007) 运用基因芯片技术建立检测水产食品中常见病原微生物方法的研究. *生物技术通讯*, **1**, 72-76.
- [28] Amagliani, G., Omiccioli, E., Brandi, G., Bruce, I.J. and Magnani, M. (2010) A multiplex magnetic capture hybridization and multiplex real-time PCR protocol for pathogen detection in seafood. *Food Microbiology*, **5**, 580-585.
- [29] Wang, F., Jiang, L., Yang, Q., Han, F., Chen, S., Pu, S., et al. (2011) Prevalence and antimicrobial susceptibility of major foodborne pathogens in imported seafood. *Journal of Food Protection*, **74**, 1451-1461.
- [30] Lopez, I. and Pardo, M.A. (2010) Evaluation of a real-time polymerase chain reaction (PCR) assay for detection of anisakis simplex parasite as a food-borne allergen source in seafood products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **58**, 1469-1477.
- [31] Raghunath, P., Pradeep, B., Karunasagar, I. and Karunasagar, I. (2007) Rapid detection and enumeration of *trh*-carrying *Vibrio parahaemolyticus* with the alkaline phosphatase-labelled oligonucleotide probe. *Environmental Microbiology*, **9**, 266-270.
- [32] 郭萌萌, 吴海燕, 李兆新, 谭志军, 翟毓秀 (2013) 超快速液相色谱 - 串联质谱法检测水产品中 23 种全氟烷基化合物. *分析化学*, **9**, 1322-1327.
- [33] 万译文, 黄向荣, 陈湘艺, 曾春芳 (2014) QuEChERS/高效液相色谱法同时测定水产品中 16 种多环芳烃. *湖南师范大学自然科学学报*, **1**, 42-47.