

# 食品快速检测方法现状及建议

郑天驰, 王钢力, 曹进\*, 张庆生

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

**摘要:** 食品安全问题一直是人们关注的问题, 并且随着食品安全事件的频发而越来越受到人们的重视。食品种类繁多, 人们购买食品时, 对于食品包装上的成分和含量的了解不充分, 同时, 质量监督管理部门对食品安全的监管不到位, 都可能间接导致人们的生命健康受到一定的威胁, 给我们的健康生活带来不利影响, 更可能造成心理层面的伤害。为保障人们的身体健康, 免于食品安全问题的威胁, 建立和完善食品快速检测方法具有重要意义。文章介绍了快速检测方法的特点, 食品安全检测技术国内外的应用现状, 快速检测产品的生产现状, 食品快速检测技术尚存在的一些问题, 展望了在食品流通过程中食品快速检测技术的发展前景, 并提出了对食品快速检测技术应用的一些建议。

**关键词:** 食品安全; 快速检测技术; 快速检测试剂盒

## Current status and consideration of food rapid test method

ZHENG Tian-Chi, WANG Gang-Li, CAO Jin\*, ZHANG Qing-Sheng

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

**ABSTRACT:** Food safety has been an issue of concern, and gets more and more people's attention with the frequent food safety incidents. Given the variety of types of food, when people buy food, to understand the composition and content of food packaging is not sufficient, while the quality supervision department of food safety regulation is not in place, it may indirectly lead to people's lives and health by certain threat and give us an adverse impact on healthy living, and more likely to cause psychological harm. To protect people's health, free from the threat of food safety issues, establishing and improving the food rapid detection is important. This paper introduced the characteristics of rapid tests, food safety testing technology application status at home and abroad, production situation of rapid testing products, unresolved problems of rapid detection of food technology, looked forward to the development of food rapid detection in the circulation process technology prospects, and proposed recommendations for the applications of rapid detection technology.

**KEY WORDS:** food safety; rapid detection technology; rapid detection kits

## 1 引言

食品安全是事关人民健康和构建和谐社会的重大战

略问题<sup>[1]</sup>。近年来, 因环境污染、农兽残超标、添加剂滥用、贮藏不当等因素带来的食品安全问题受到人们的广泛关注<sup>[2]</sup>。食品药品安全检验检测工作是科学监管的重要技

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAK08B00)

**Fund:** Supported by the “12th Five-Year Plan” National Science and Technology Support Program(2012BAK08B00)

\*通讯作者: 曹进, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: caojin@nicpbp.org.cn

\*Corresponding author: CAO Jin, Researcher, National Institutes for Food and Drug Control, No.2, Tiantan Xili, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: caojin@nicpbp.org.cn

术支撑<sup>[3]</sup>,也是监督执法的重要科学依据和技术手段之一,在以往的监督执法实践中,利用传统的检验方法虽准确性、灵敏度高,但操作复杂、耗时长、成本高,难以及时、快速地监控食品的安全状况,不适合进行大量样品的筛选,因此,简单快速的检测技术具有广阔的应用前景。

## 2 食品快速检测概述

食品安全快速检测目前尚没有经典的定义,通常认为是包括样品制备在内、能够在短时间内出具较准确检测结果的行为<sup>[4]</sup>。所谓快速检测技术,首要的是能缩短检测时间,以及在样品制备、实验准备、操作过程和自动化上采用简化的方法,在此意义上,快速检测技术应具有以下4个方面的特点:1)实验准备简化,样品经简单前处理后即可测试,使用的试剂较少;2)对操作人员技术水平要求低;3)样品在很短时间内测试出结果;4)节约成本,尤其是对大量样品的筛查工作,可缩短时间消耗、大大节省开支。按照应用场合和检测时间的不同,食品安全快速检测方法可分为实验室快速检测和现场快速检测方法。实验室快速检验方法是指包括样品制备在内、能够在2 h以内出具检验结果的理化检验方法或能够大幅度缩短检验时间(相比传统检验方法缩短1/2或1/3检验时间)的微生物检验方法;现场快速检验是指可用于现场并且在30 min内可出具检验结果的方法,能够在十几分钟甚至几分钟内出具检验结果的则为比较理想的现场快速检验方法。从定性定量角度来看,食品安全快速检验又可分为定性检测、半定量检测和定量检测。前两者常用于现场检测,对半定量检测难以确定的结果,需送实验室进一步检验。对于定量检测<sup>[5]</sup>,一般需要在实验室进行。

## 3 食品安全快速检测技术的应用

### 3.1 国外应用现状

美国、韩国等一些国家相继投入一定力量研发快检方法及产品,如疯牛病污染快检方法、酒精中甲醇的快速检验方法。一些发达国家研发使用了试剂盒、速测卡等,并研发了便携式仪器及车载仪器。国外快速检测技术的研究更多注意力放在控制食品生产关键环节及致病菌、转基因的快速检测上<sup>[6]</sup>,大多将实验室大型仪器小型化、便携化,更多看中快速检测的准确度,开发自动化程度高的快速检测设备。国际间的交流也在加快、加大,取长补短将是一个发展趋势。

在发达国家,由于食品企业规模大,自律意识强,法律执行力度大,法治较健全,快检的重要性不如我国凸显。就食品安全现场快速检验技术而言,各国依照其国情的不同,关注焦点不尽相同。有些是各国共同关注的,如微生物污染、农药残留<sup>[7]</sup>、金属污染物、亚硝酸盐等。有些是依

其国内易发生的食品安全问题而开展的研究项目,如牛肉中疯牛病因子的快速检验,是一些发达国家研发的重点。实验室快速检验与筛查的技术和仪器设备,如色谱-质谱联用仪,在发达国家颇受重视,主要用于进出口检验和定期监测及食品安全事件的应急检验与分析等<sup>[8]</sup>。显然,为此不仅要求准确的定性和定量分析,而且要达到更高的通量。另外,在发达国家,由于食品生产规模化程度高,对生产现场质量控制技术与仪器有着很大的需求,所以在线质量控制技术与设备在发达国家非常受重视,通常将其视为建立食品良好生产规范(GMP)和危害分析与关键控制点(HACCP)的重要环节和措施。

### 3.2 国内应用现状

国内食品安全快检市场的需求正逐步扩大,2006年以前需求主要集中在食品出口企业。此后逐渐转变,内销企业的需求也开始呈上升趋势,首先在乳品和畜禽业中有较大规模的使用,目前已在很多食品领域的企业推广使用。食品快速检测设备已经登录了全国各大城市的大型超市,并且覆盖范围正在不断扩大。很多宾馆、饭店和食堂(特别是学校食堂等)等也都逐渐购置了快检产品,特别是快速检验卡、快速检验试纸等方便易用、成本低廉的产品。据新京报报道,北京市食品安全办公室表示,2013年作为政府为民办的重要实事,要为150家高校食堂、学生营养餐加工配送单位以及大型集体用餐单位配备检测设施,并将在3年内在高校食堂配齐食品安全快检设备。

根据企业性质的不同,其对食品快速检验产品的需求也不同。在初级农产品方面,如种植养殖业,主要需求为:重金属检验、水分水质分析、动畜疫病检验和疫苗检验;在食品及农产品生产加工环节,主要需求为:农药残留、营养成分分析、微生物检验、毒素检验、兽药残留检验、疫病检验、非法添加物检验等;在食品市场流通环节,主要需求为:农药残留、营养成分分析、微生物检验、毒素检验、食品添加剂检验、理化成分分析、兽药残留检验、疫病检验、非法添加物检验;在食品的终端消费环节,如各类餐饮服务单位,主要需求为:微生物检验、毒素检验、食品添加剂检验、烹饪过程中的有毒有害物质检验<sup>[9-14]</sup>。

目前,食品安全快速检验装备已大量应用于工商、食药监系统中,不仅应用在重大活动保障和每年五一、中秋、国庆、元旦、春节等节日期间的食品安全专项整治,还可广泛应用在日常巡查开展快速检验工作以对食品、餐饮食品安全进行日常监控。国家食品药品监督管理总局于2011年发布了《关于印发餐饮服务食品安全检验机构技术装备基本标准和现场快速检测设备配备基本标准的通知》(国食药监食[2011]130号),要求在各级监管部门配备快检设备用于餐饮食品安全监管。一些部门和单位已将开展快速检验工作纳入食品安全监管工作考核,定期进行通报和督查,并适时开展食品安全快速检验技能竞赛。

## 4 食品安全快速检测技术的研发

经过我国食品安全检验实验室科研人员的多年努力,我国在农药残留检验、兽药残留检验、重要有机物的痕量与超痕量检验、食品添加剂与违禁化学品检验、生物毒素<sup>[15]</sup>和中毒控制常见毒素检验、食品中重要人畜疾病病原体检验技术与方法等方面的研究取得很大进展。在卫生部、国家质量检验检疫总局和农业部的支持下,科技部在“十五”期间设立了国家重大科技专项《食品安全关键技术》,进一步推动了国内食品快速检验技术的发展,经过5年的攻关后,已经取得了一批突出成果:在快速检验方法和试剂盒的研制方面,目前已成功研制食品安全农药、兽药、生物毒素、食品添加剂、饲料添加剂和违禁化学品等检验试剂盒29个,建立了食品安全各类快速检验方法和确证方法共94项。如研制的禽流感荧光RT-PCR检验试剂盒,从过去的21d检验时间缩短到4h;在检验设备方面,研制出了一批具有国内先进水平的检验设备。研制成农兽药、生物毒素等食品安全相关检验设备25项。食品安全快速检验车已在质检、食药监管系统配备了多辆<sup>[16]</sup>。

## 5 快速检测产品的生产现状

目前,根据市场上销售的食品快速检验产品划分,主要分为快速检验卡、快速检验试纸、快速检验试剂或试剂盒以及快速检验小型仪器和设备4大类。根据目标食品和检验指标划分,又可将市场上的食品快速检验方法分为常见化学污染物、农药残留、兽药残留、非法添加物、微生物、生物毒素、表面清洁度及其他食品快速检验方法,这些方法目前已得到了广泛的应用<sup>[17-22]</sup>,不仅从食品生产企业到监管部门得到应用,甚至已逐步走入普通百姓家庭,成为保障终端食品安全的一个重要手段。食品快速检验方法的应用范围可分为以下几类:按食品安全的监管职能分,已在农业、质检、工商、食品药品监管、出入境检验等多个部门使用;按应用行业分,有畜禽、乳制品、蜂蜜、菠菜、瓜果、茶叶、水产行业等;按经济性质分,有连锁型餐饮业、连锁型超市、大型种养殖基地、食品生产企业以及有集体食堂的各类学校、医院、机关、企事业单位等;按企业经营性质分,包含了养殖业、餐饮服务业、生产加工型企业、运输企业、贸易型企业等。

我国食品安全快速检验方法及产品研发和生产机构规模小,资金实力薄弱,尤其是配套试剂、耗材和仪器设备等方面的研发能力相对较弱,技术水平良莠不齐<sup>[23,24]</sup>。目前,国内市场的食品快速检验方法研发生产企业不足50家,但是销售食品快速检验产品的却有百家以上,很多企业并不具备生产和研发能力,接到订单后进行委托加工贴牌销售。相关的生产企业之间其快检产品的种类和产量差距非常大,大型企业的快检产品种类可达到300种以上,年营

销额过亿,而一些小企业却仅能生产两三种试剂盒,年产量不足一万套,销量只有几千套。

经过组织多方协作调研,收到800余条食品快速检测产品的信息,涉及31企业的600余种产品。其中农药残留类产品32种、兽药残留类产品309种<sup>[25-28]</sup>、危害物产品248种、化学污染物产品10种<sup>[29]</sup>、致病微生物类产品64种、表面清洁度类产品5种,其他产品151种。其中,32%的产品是快速检测卡,6%为快速检测试纸,38%为快速检测试剂或试剂盒,24%为快速检测小型仪器和设备。所有产品中,超过50%为企业拥有全部所有权或部分所有权的,另外略低于50%的产品知识产权情况未知。所有产品中,仅有33个产品取得资质或通过认定。

## 6 快速检测技术存在的问题

### 6.1 快速检测生产问题

虽然食品快速检验技术发展快,有广泛的应用市场,但也存在很多问题<sup>[30]</sup>,制约了快检技术的发展。主要体现在以下几个方面:

#### 6.1.1 方法研发方面

市场上大多数快检企业规模小,资金实力薄弱,尤其是配套试剂、耗材和仪器设备等的研发能力相对较弱,技术水平良莠不齐。现阶段,快检方法研究多为企业与高校、科研院所合作完成,即便快检行业中起步较早、市场份额占有率高、拥有自主研发实力的企业,其生产研发实力和人员技术水平仍然不容乐观。

#### 6.1.2 产品生产方面

快检企业的生产水平差距较大,产品质量参差不齐。一些具有一定规模的高新技术企业拥有标准化研发实验室、SPF级实验动物房及洁净度达标的标准生产车间,配备液-质联用仪、高效液相色谱仪、气相色谱仪等大型精密仪器,并且通过了ISO9001:2008质量管理体系认证、ISO13485:2003医疗器械管理体系认证;同时,还有不少只能生产简易快检试剂、试纸的小厂家。受生产水平的制约,不同厂家的产品质量差异较大,快检产品的稳定性和准确性仍需不断提高。因此,增加产品的稳定性,降低检验结果的差异性,也是未来快速检验技术重要的发展方向。

#### 6.1.3 产品技术评价方面

由于快速检验技术涉及学科专业多,尚未建立相对统一的标准要求,也未建立快速检验方法的评测机制,加之市场上的快检产品声称的检验范围混乱,导致使用方在采购和使用上只能盲目听信企业宣传,快检方法在实际应用中的适用性、结果的准确性等难以得到保障。

#### 6.1.4 快检技术与行业发展方面

我国食品安全快速检验方法及产品领域尚属管理空白,尚未建立准入门槛,企业的研发与行业的发展没有规划,无序发展。

## 6.2 快速检测应用问题

在食品安全监管环境日益复杂的背景下,食品安全快速检验作为一种新型监管手段,在给食品安全监管带来便利的同时,也带来了新的问题。

### 6.2.1 产品检验范围过窄

现行食品快速检验箱的设施功能基本上仅限于对蔬菜的农药残留、部分食品中的二氧化硫等十几种食品的快速检验,只适用于农贸市场部分食品<sup>[31-34]</sup>,不能对流通环节的诸多食品种类进行全覆盖检验。

### 6.2.2 试剂质量参差不齐

快速检验实践中,基层发现存在着有些试剂标注不清的问题,给现场快速检验带来较大的困难;此外,检验箱中现有的试剂、试纸剂量都较少,有些试剂使用周期较短,影响了食品快速检验的效能。有时甚至出现未等实施监测,药剂就已过期失效的现象。

### 6.2.3 受所处环境条件限制

快速检验箱的使用受现场条件制约,比如使用农药残留速测仪和硼砂速测盒进行检验时,要求现场用电<sup>[35-38]</sup>,做硫酸镁含量测定时需要用小台秤进行称量。但诸多被测对象在农贸市场或多为小食品经营户,经营场地狭小,有的没有配备用电设施和衡量器具,给现场食品快速检验带来了不便。

### 6.2.4 配套设施不全、工具简陋、准确性不高

食品快速检验的配套设施不全,比如甲醇快速检验试剂必须在冰箱中避光保存,试剂打开后若未及时使用则易造成浪费,但现有的快速检验箱没有这些设备<sup>[39,40]</sup>,无法解决冷藏保存问题。再者,检验箱中的检验工具易坏且简陋。玻璃器具容易破碎损坏,应选用防震、耐腐蚀的玻璃器具或增加备用数量。此外,食品快速检验也存在着检验准确性方面的问题<sup>[41]</sup>,有的地方就曾经有过此类教训,工商分局用快速检测仪反复多次检验面粉,均表明其中含有“吊白块”成分,而送检到有资质检验机构检验结果却恰恰相反,给检验工作造成被动,给执法工作带来了一定的负面影响。

### 6.2.5 结果缺乏有效性

依据现有法律、法规,快速检验结果作为执法依据必须具备3个要件:(1)检验机构必须经过依法认证。依据现行法律规定,只有通过计量认证(对检验机构的法定强制考核)的检验机构,才可以向社会出具具有法律效力的检验报告。(2)检验人员必须具有法定资质。合法检验报告上的任何一个实验数据,其产生过程中涉及的检验人员必须经相关机构考核,具备上岗资质。(3)检验设备必须合格。检验设备必须定期经质监部门计量检验,取得合格证。

### 6.2.6 经费严重不足

诸多地方政府没有核拨食品安全经费,致使无法正常购置检验试剂、药品等必需的检验物资,一些单位的快速检验工作处于停滞状态。

### 6.2.7 队伍水平不高

现有检验人员只是经过短期培训,食品检验专业知识仍显欠缺,对食品需测与否判定不准,操作方法不熟练直接影响了检验结果的精准度,同时由于人员调整等原因造成检验队伍不够稳定,许多地方已经出现了无人能够从事检验工作的状态。

### 6.2.8 闲置状况比较严重

针对卫生监督系统部分单位进行的一次调查中发现,12个配备快速检验设备的机构中,有5个县(区)级机构未使用过现场快速检验设备<sup>[42]</sup>。

### 6.2.9 后期成本较高

通过市场上常见的快速检测方法的调研,快速检测方法由于存在检测通量的限制,同时日常检测的样品量少,因此,整体快速检测方法的使用,在后期成本方面,一直处于一个较高的水平,最便捷的试纸或者测试片方法,成本基本也在2~10元/样本之间,如果面临大量样本的测试,特别是入场或者入市大量农产品测试,其后期应用成本将较高,直接增加了产品的销售成本。

## 7 食品流通过程中快速检测技术发展及展望

食品安全快速检测技术经历了从20世纪80年代最早的纸片发展到当今的便携式仪器,从简单的几个项目的检测发展到上百个项目的检测,从初期的食物中毒突发现场处理到今天的全民食品安全预防,食品安全快速检测技术经历了5个阶段的变革:快速检测试剂(包括试剂盒和试纸);快速检测箱(包括试剂盒、试纸及辅助工具);快速检测仪器(读数仪和辅助仪器);快速检测箱(包括试剂盒、试纸、辅助工具、读数仪器及辅助仪器);快速检测车。现场快速检测方法与国家标准方法和仪器法相比具有操作简单、快速的优点,但由于大多数快速检测方法在样品前处理<sup>[43]</sup>、操作规范性方面还有许多待完善之处,目前还只能作为快速筛选的手段而不能作为最终诊断的依据,而兼具快速和准确两大优点则是快速检测方法追求的目标。随着高新技术的不断应用,食品安全现场快速检测主要呈现4大趋势:一是检测灵敏度越来越高<sup>[44]</sup>,残留物的分析水平已达到IV-g;二是检测速度不断加快;三是选择性不断提高;四是检测仪器向小型化、便携化方向发展,从而使实时、现场、动态、快速检测正在成为现实。针对中国的特殊国情,目前很多基层单位对速测技术的应用还只处于定性或半定量水平,易用型的小型化仪器的应用是快速检测技术的发展趋势。现在的食品安全快速检验装备已经能够基本覆盖大部分的检验项目<sup>[45]</sup>,并且在某些检验项目上,除了测试时间短的优势外,在检验灵敏度及准确度上已经达到甚至超越常规检验方法<sup>[46]</sup>。

## 8 对食品快速检测技术应用的建议

综上所述,目前在流通环节中常见的快速检测方法

主要针对农兽药残留、食品添加剂、非食用物质、真菌毒素、金属污染物等方面,基本可以满足日常样品的风险监测和问题样品筛查,但是在实际应用过程中,简便性、准确性、相关管理限值的匹配性以及使用成本等方面是具体快速检测方法应用于实际样品筛查工作中凸显的主要问题<sup>[47]</sup>。另外,目前而言,快速检测方法的法律法规合规性、在实际样品检测中的适用性、快速检测方法的实际参数验证等方面均有较大的缺陷,直接限制了相关方法的使用和日常监测评价中的运用,有必要针对上述快速检测方法在实际使用中的具体应用加以规范和标准化,在整体食品安全风险交流管理中,也有必要进行进一步的风险评价研究,并考虑进行相关检验方法在整体应用中的经济效益分析,以保证在相关快速检测方法管理和日常使用两个层面得到重视和加强,发挥其在日常食品安全评价和日常监督中的作用<sup>[48]</sup>。对食品快速检测的起源、发展及主要技术等进行了整理和分析,可以看到目前食品快速检测方法在农产品质量监测、田间管理、流通环节中农产品及相关食品中质量和安全性筛查、日常食品加工等方面有着较多的应用<sup>[49]</sup>,但是,尚由于管理、应用的局限、效益成本的限制还没有得到规范和合理使用,需要在加强规范和标准化的基础上,针对流通环节中食品及农产品快速检测进行推广性运用,以丰富日常舆情发现和食品安全预警的技术手段,拓展监管触角,完善流通环节食品日常监督监管体系,加强智能型、广域性食品安全监管平台的建设。

#### 参考文献

- [1] 杨蕊,邹明强,牟峻,等.一种新的农药残毒快速检测装置[J].分析科学学报,2004,(6):634-636.  
Yang R, Zou MQ, Mou J, *et al.* A novel portable monitor for rapid detection of residual toxicity of pesticides in vegetables [J]. *J Anal Sci*, 2004, (6): 634-636.
- [2] 褚洪蕊,唐景春.农产品中农兽药残留检测技术与应用研究[C].第二届全国农业环境科学学术研讨会论文集,2007:656-661  
Zheng HR, Tang JC. Detection techniques of pesticides and veterinary drug residues in farm product [C]. *Proceedings of the Second National Agricultural Environmental Science Symposium*, 2007: 656-661
- [3] 陈小雪,张林田,相大鹏,等.水产品中氯霉素残留的放射免疫分析[J].检验检疫科学,2006,(3):19-21  
Cheng XX, Zhang LT, Xiang DP, *et al.* Determination of chloramphenicol residues in aquatic products by charm radioimmunoassay [J]. *Inspect Quarant Sci*, 2006, (3):19-21
- [4] 闵建华,李建科,朱桂勤,等.电位法快速检测有机磷及氨基甲酸酯类农药灵敏度的研究[J].食品与发酵工业,2006,(6):111-113  
Min JH, Li JK, Zhu GQ, *et al.* Studies on methods of rapid detection of organophosphorus and carbamate pesticides by potentiometry [J]. *Food Ferment Ind*, 2006, (6):111-113.
- [5] 刘平.应用生物电化学传感器测定牛奶中青霉素残留[D].北京:首都师范大学,2005.  
Liu P. Detection of penicillin residues in milk by electrochemical biosensors [D]. Beijing: Capital Normal University, 2005.
- [6] 常超,伍金娥.转基因食品安全性问题[J].中国食物与营养,2007,(6):10-12.  
Chang C, Wu JE. Effect of genetically modified food on food safety [J]. *Food Nutr China*, 2007, (6):10-12.
- [7] 郑言波.有机磷农药残留检测的温度校正和新酶源研究[D].武汉:华中科技大学,2005.  
Zheng YB. Temperature correction and new source of organic phosphorus pesticide residues detected [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2005.
- [8] 喻凌寒,宋之光,苏流坤,等.高效液相色谱-离子阱质谱联用测定食品中7种苏丹红类染料[J].质谱学报,2006,(4):221-225.  
Yu LH, Song ZG, Su LK, *et al.* Determination of 7 kinds of sudan dye in food by HPLC-ESI-MS/MS [J]. *J Chin Mass Spect Soc*, 2006, (4): 221-225.
- [9] 张佳.放射性受体分析法快速筛检动物组织中 $\beta$ -内酰胺类兽药残留[D].福州:福建农林大学,2007.  
Zhang J. Rapid determination of  $\beta$ -lactams veterinary drug residues in animal tissue using radio-receptor assay method [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2007.
- [10] 刘伟.乙酰胆碱酯酶与硫代黄素T体系检测有机磷的研究[D].长沙:中南大学,2007.  
Liu W. Research organophosphate acetylcholinesterase and thioflavin T system detection [D]. Changsha: Central South University, 2007.
- [11] 吴丽华.苹果中多种农药残留的分析检测方法研究[D].西安:陕西师范大学,2007.  
Wu LH. Studies on the multi-residue methods for analysis of pesticide residues in apples [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2007.
- [12] 岳亚杰.青霉素浓度测试系统设计及仿真分析[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2007.  
Yue YJ. The design and simulation analysis for penicillin concentration test system [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2007.
- [13] 文君.高效液相色谱法同时测定蔬菜中五种氨基甲酸酯类农药的方法研究[D].成都:四川大学,2007.  
Wen J. Study on simultaneous determination of five carbamate pesticides in vegetables by high performance liquid chromatography [D]. Chengdu: Sichuan University, 2007.
- [14] 张慧,刘宗敏,黎继烈.微波萃取在食品工业中的应用[J].食品与机械,2006,(06):147-150.  
Zhang Hui, Liu ZM, Li JL. The application of microwave extraction in food industry [J]. *Food Mach*, 2006, (06): 147-150.
- [15] 蒋雪松,王剑,应义斌,等.用于食品安全检测的生物传感器的研究进展[J].农业工程学报,2007,(5):272-277.  
Jiang XS, Wang J, Ying YB, *et al.* Advances in biosensor for food safety testing [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2007, (5): 272-277.
- [16] 宣伟,王军,汪月秀,等.食品安全快速检测技术研究进展[J].肉类研究,2011,25(09):47-51.  
Xuan W, Wang J, Wang YX, *et al.* Advances in technology for rapid detection of food safety [J]. *Meat Res*, 2011, 25(09): 47-51.
- [17] 朱承谟.标记免疫分析技术进展[J].标记免疫分析与临床,2002,(3):176-179.  
Zhu CM. Present situation and progress of labelling immunoassay [J]. *Lab Immun Clin Med*, 2002, (3): 176-179.

- [18] 应希堂, 姜淑华, 李振甲, 等. 第五代放射免疫分析方法及有关问题探讨[J]. 标记免疫分析与临床, 2005, (4): 241-243.  
Ying XT, Jiang SH, Li ZJ, *et al.* Discussion on the fifth generation of radioimmunoassay and related issues [J]. Lab Immun Clin Med, 2005, (4): 241-243.
- [19] 李文秀, 徐可欣, 汪曦, 等. 蔬菜农药残留检测的红外光谱法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, (10): 1202-1204.  
Li WX, Xu KX, Wang Y, *et al.* Investigation on the detection of pesticide residue in vegetable based on infrared spectroscopy [J]. Spectr Spect Anal, 2004, (10): 1202-1204.
- [20] 王自良, 张改平, 杨艳艳, 等. 氯霉素单克隆抗体免疫金标快速检测试纸的研制及性能测定[J]. 华北农学报, 2006, (5): 127-131.  
Wang ZL, Zhang GP, Yang YY, *et al.* Development and trait identification of colloidal gold-labeled monoclonal antibody strip for rapid detection of chloramphenicol [J]. Acta Agric Boreali-Sin, 2006, (5): 127-131.
- [21] 刘曙照, 韦林洪, 徐维娜. 克百威的免疫亲和色谱分析研究[J]. 色谱, 2005, (2): 134-137.  
Liu SZ, Wei LH, Xiu WN. Studies on immunoaffinity chromatography for carbofuran [J]. Chin J Chromatogr, 2005, (2): 134-137.
- [22] 陈小锋, 刘曙照. 胶体金标记免疫分析及其在小分子化合物快速检测中的应用[J]. 药物生物技术, 2004, (4): 278-280.  
Chen XF, Liu SZ. Colloidal gold labelling immunoassay and its application in rapid detection of small molecule [J]. Pharm Biotechnol, 2004, (4): 278-280.
- [23] 徐丽娟. 基于FPGA的LCR参数测试仪设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.  
Xu LJ. Development on LCR parameter testing instrument based on FPGA [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [24] 裴慧卿. 基于MSP430的手持式LCR数字电桥的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.  
Pei HQ. Design of a handheld LCR meter based on MSP430 [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [25] 何颖. 酶抑制法快速检测有机磷农药残留的方法研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2005.  
He Y. Research of methods for fast determination of organophosphorus residues by enzyme inhibition [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2005.
- [26] 黄德智, 岳永德, 汤锋. 农药残留分析的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2002, (4): 523-526.  
Huang DZ, Yue YD, Tang F. Research progress of analysis of pesticide residue [J]. J Anhui Agric Sci, 2002, (4): 523-526.
- [27] 张宁. 果蔬中有机磷农药残留快速检测方法研究[J]. 安徽农业科学, 2005, (8): 1471-1472.  
Zhang N. Research on the method of rapid testing for organic phosphorus pesticide residue in vegetable [J]. J Anhui Agric Sci, 2005, (8): 1471-1472.
- [28] 黄保宏, 姚垠. 用于检测农药残留的植物酯酶的选择[J]. 安徽技术师范学院学报, 2004, (2): 15-17.  
Hang BH, Yao Y. Selection of botanical esterase for detection of pesticide residue [J]. J Anhui Agrotech Teach Coll, 2004, (2): 15-17.
- [29] 陆贻通, 沈国清, 华银锋. 污染环境重金属酶抑制法快速检测技术研究进展[J]. 安全与环境学报, 2005, (2): 6871.  
Lu YT, Shen GQ, Hua YF. Advances on the technique of rapid determination of heavy metals by enzyme inhibition in the contaminated environment [J]. J Saf Environ, 2005, (2): 68-71.
- [30] 张慧君, 许学勤, 徐斐, 等. 用于农药残留快速检测的两种酶的比较[J]. 分析化学, 2004, (11): 1421-1425.  
Zhang HJ, Xu XQ, Xue F, *et al.* Comparison of 2 kinds of enzyme in rapid detection of pesticide residue [J]. Chin J Anal Chem, 2004, (11): 1421-1425.
- [31] 付志英, 李朝辉, 何晓晓, 等. 水溶性量子点荧光探针用于胃癌细胞相关抗原CA242的检测[J]. 分析化学, 2006, (12): 1669-1673.  
Fu ZY, Li CH, He XX, *et al.* Detection of antigen CA242 in gastric cancer cells using water-soluble quantum dots [J]. Chin J Anal Chem, 2006, (12): 1669-1673.
- [32] 崔卉, 林朝晖, 张力彬, 等. 一种新的乙酰胆碱酯酶电极的研究[J]. 分析科学学报, 1995, (4): 7-10  
Cui H, Lin CH, Zhang LB, *et al.* Research on a new acetylcholinesterase electrode [J]. J Anal Sci, 1995, (4): 7-10
- [33] 邹明强, 杨蕊, 赵丽丽, 等. 用手持式农药速测仪酶法现场测定蔬菜中有机磷及氨基甲酸酯农药残毒[J]. 高等学校化学学报, 2003, (6): 1016-1018.  
Zou MQ, Yang R, Zhao LL, *et al.* Rapid on-site determination of the toxicity of organophosphates and carbamates in vegetables by enzyme catalytic dynamic photometry with handheld pesticide analyzer [J]. Chem J Chin Univ, 2003, (6): 1016-1018.
- [34] 杨银贵, 方凯, 黄迎华, 等. 农药残留毒性快速检测技术及其产品开发[J]. 工业仪表与自动化装置, 2006, (1): 51-53.  
Yang YX, Fang K, Huang YH, *et al.* A technique to fast determine pesticide residues and the development of its produce [J]. Ind Instrum Autom, 2006, (1): 51-53.
- [35] 刘凡岩, 马育松. 固相萃取技术在农药残留分析中的应用[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2005, (1): 109-115.  
Liu PY, Ma YS. Application of solid-phase extraction in pesticide residue analysis [J]. J Hebei Univ (Nat Sci Ed), 2005, (1): 109-115.
- [36] 杨正先. 蔬菜有机磷农药残留快速检测仪的研制[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.  
Yang ZX. Study on the biosensor for rapid monitoring organophosphorus pesticides in vegetables [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.
- [37] 王琦. 果蔬农药残留降解技术研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2006.  
Wang Q. Study on the technology of degradation pesticide residue in fruit and vegetable [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2006.
- [38] 刘伟. 乙酰胆碱酯酶与硫代黄素 T 体系检测有机磷的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.  
Liu W. Research of acetylcholinesterase and thioflavin T system on detection of organic phosphorus [D]. Changsha: Central South University, 2007.
- [39] 寇冬梅. 快速检测重金属离子的酶膜生物传感器及其应用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008.  
Kou DM. Biosensor and its application for rapid detection of enzyme membrane heavy metal ions [D]. Chongqing: Southwest University, 2008.
- [40] 何孝武. 食品安全检测是食品安全的守护神[J]. 中国包装工业, 2001, (9): 26.  
He XW. Food safety testing is the patron saint of food safety [J]. Bever Ind, 2001, (9): 26.
- [41] 李娜, 毛永强. 量子点及其在食品安全检测中的应用[J]. 贵州农业科

- 学, 2011, (6): 231-234.
- Li N, Mao YQ. Application of quantum dots in detection of food safety [J]. Guizhou Agric Sci, 2011, (6): 231-234.
- [42] 李凌雁, 王绍鑫, 周艳琴. 卫生监督现场快速检测的研究进展及发展趋势[C]. 中国卫生监督协会学术会议, 2010, 395-399
- Li LY, Wang SX, Zhou YQ. Research progress and development trend of sanitary supervision of on-site rapid detection [C]. China Health Inspection Association Conference, 2010, 395-399.
- [43] 李荔枝, 胡萍. 快速检测食品中金黄色葡萄球菌及其肠毒素型的研究进展[J]. 江西农业学报, 2011, (8): 144-146.
- Li LZ, Hu P. Research advance in rapid detection of staphylococcus aureus in food and its enterotoxin [J]. Acta Agric Jiangxi, 2011, (8): 144-146.
- [44] 杨卫海, 张吉, 夏明星, 等. 分子印迹技术在食品安全检测中的应用[J]. 湖北农业科学, 2011, (13): 2598-2600.
- Yang WH, Zhang J, Xia MX, *et al.* Application of molecular imprinting technology in food safety detection [J]. Hubei Agric Sci, 2011, (13): 2598-2600.
- [45] 陈智理, 杨昌鹏, 郭静婕. 色谱技术在食品安全检测中的应用研究[J]. 化工技术与开发, 2011, (7): 24-26.
- Chen ZL, Yang CP, Guo JJ. Application of chromatography technology in food safety testing [J]. Technol Devel Chem Ind, 2011, (7): 24-26.
- [46] 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, (4): 1-5.
- Wan YP. Applications of rapid detection techniques in food safety monitoring and new development [J]. J Beijing Technol Busin Univ (Nat Sci Ed), 2011, (4): 1-5.
- [47] 郭善慧. 纺织品甲醛含量的快速检测法[J]. 上海纺织科技, 2011, (5): 58-59.
- Guo SH. Rapid test method for formaldehyde content in textiles [J]. Shanghai Text Sci Technol, 2011, (5): 58-59.
- [48] 佚名. 山东出入境检验检疫局食品农产品检测中心携手 3M 提升食品安全检测能力[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, (7): 1694.
- Anonymous. Shandong CIQ food and agricultural testing center to join 3m enhance food safety testing capability [J]. Chin J Health Lab Technol, 2011, (7): 1694.
- [49] 刘秋霞. 我国食品安全问题及食品检测的发展趋势[J]. 科技传播, 2011, (16): 77.
- Liu QX. China food safety problems and development trend of food testing [J]. Public Commun Sci Technol, 2011, (16): 77.

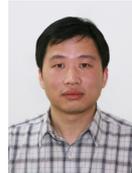
(责任编辑: 杨翠娜)

### 作者简介



郑天驰, 硕士研究生, 主要研究方向为食品分析。

E-mail: ztc\_1818@163.com



曹进, 副研究员, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: caojin@nicbbp.org.cn