第 27卷 第 7期 分析测试学报 Vol. 27 No. 4
2008年 7月 FENXI CESHI XUEBAO (Journal of Instrumental Analysis) 788～794

综 述

食品安全现场快速检测技术研究进展及应用

周焕英, 高志贤, 孙思明, 王红勇

(军事医学科学院 卫生学环境医学研究所, 天津 300050)

摘 要: 介绍了快速检测技术, 包括: 化学比色法、酶联免疫法、免疫胶体金试纸、生物芯片、生物传感器、便携式色谱质谱联用仪、生物化学发光检测仪等在食品现场快速检测中的研究进展及应用, 探讨了食品快速检测的发展方向。

关键词: 食品; 快速检测; 进展; 应用; 食品安全

中图分类号: TS201.6; V448.151 **文献标识码**: A **文章编号**: 1004-4957(2008)07-0788-07

Development and Application of On-site Fast Detection Techniques for Food Safety

ZHOU Huan-ying, GAO Zhi-xian, SUN Si-ming, WANG Hong-yong

(Institute of Health and Environmental Medicine, Academy of Military Medical Science, Tianjin 300050, China)

Abstract: Development and application of several fast detection techniques, including chemical chromatometry, enzyme linked immunosorbent assay(ELISA), immune colloidal gold technique, biochip, biosensor and mobile chromatography-mass spectrometer for rapid detection of food were introduced. The prospect of fast detection of food was discussed. 59 references were cited.

Key words: food; fast detection; development; application; food safety

20世纪 80年代末以来, 由于一系列食品原料的化学污染、畜牧业中抗生素的应用、基因工程技术的应用, 使食品污染导致的食源性疾病呈上升趋势, 食品安全问题为全世界所关注。现场的食品快速检测方法要求: ①实验准备简化, 使用的试剂较少, 配制好的试剂保存期长; ②样品前处理简单, 对操作人员要求低; ③分析方法简单、准确和快速。化学比色分析方法、酶联免疫法(ELISA)和免疫胶体金试纸检测方法是目前应用比较成熟的现场快速检测方法, 随着食品安全相关检测装备的进步, 食品安全检测车的出现, 一些新的现场快速检测技术得以应用, 如各种生物芯片、传感器和色谱质谱检测仪等, 这些技术的加入为现场检测提供了更广阔的发展空间。

1 快速检测方法

1.1 化学比色法

化学比色分析法与一般的仪器分析方法相比, 具有价格低, 操作相对简便, 结果显示直观, 一次性使用, 不需检修维护, 有一定的灵敏度和专一性等优点。目前常用的化学比色法包括各种检测试剂和试纸, 两者都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, 随着检测仪器的不断发展, 与其相配套的微型检测仪器也相应出现[1]。与试剂检测方法相配套的微型光电比色计目前已发展得比较成熟, 这方面国内技术水平与国外相差不大, 如: 吉大小天鹅的五合一食品安全检测仪, 军事医学科学院的微型光电检测仪。目前, 国内与试纸检测方法配套使用的光反射仪方面的研究已开始起步, 如军事医学科学院高志贤课题组, 在借鉴国外先进仪器的基础上一直在开展检测试纸与小型光反射仪的研究, 但还没有商品化的仪器问世。国外已商品化

收稿日期: 2007-12-17; **修回日期**: 2008-03-18

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAK02A27, 2006BAK02A09, 2006BAD27B02, 2006BAD05A06); 北京市科技计划资助项目(Z07001000560708)

第一作者: 周焕英(1975-), 女, 河北唐山人, 助理研究员

通讯作者: 高志贤, Tel: 022-84655191, E-mail: gaozhx@163.com

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的产品如：德国默克公司生产的与试纸联用的光反射仪。反射仪的出现使试纸法由原来只能进行定性、半定量分析发展为可根据需要直接进行定量检测。

在微生物检测方面，美国 3M公司的 petrifilm™ Plate系列微生物测试片，可分别检测菌落总数、大肠菌群计数、霉菌和酵母计数。用于菌落计数的可再生的水合物干膜，由上下两层薄膜组成，下层的聚乙烯薄膜上印有网格并且覆盖有培养基，上层是聚丙烯薄膜。生化试剂有特异性显色物质和抗生素。待测样品处理后不需要增菌，直接接种纸片，适宜温度培养后计数。petrifilm纸片已经通过国际组织 AOAC的认可。法国的 AVHA和 ADLVA两个协会创办了 1个食品微生物检测精确度比对项目 —— RAEMA，自 1988年以来，共 450个实验室参与，其统计结果中已有 15%的实验室用 petrifilm测试片进行检测。对象包括大肠菌群、金黄色葡萄球菌等，并且结果显示用 petrifilm有更高的检出率。许多实际样本实验也显示 petrifilm测试片法与传统方法相比在统计学上无显著性差异[2-4]。表 1列举了部分利用化学比色法检测的项目。

表 1　化学比色分析法在食品快速检测中的应用（$n=3$）

Table 1　Application of chemical colorimetric analysis for rapid detection of food（$n=3$）

Testing items	Detection limit	Food	Reference
Organophosphorus or carbamates pesticide (有机磷或氨基甲酸脂农药)	0.15～0.18 mg/L	Vegetable(蔬菜)	[5]
	1.0×10^{-3} mg/L		[6]
Nitrite(亚硝酸盐)	0.4 mg/L	Ham sausage(火腿肠), sausage(火腿肠)	[7]
Nitrate(硝酸盐)	1.4 mg/L	Vegetable(蔬菜)	[8]
Formaldehyde(甲醛)	0.4 mg/L	Squid(鱿鱼), shrimp(虾)	[9-10]
Sulphur dioxide(二氧化硫)	1.0 mg/kg	Flour(面粉等常见食品)	[11]
Sodium formaldehyde sulfoxylate(吊白块)	0.125 mg/L	Flour(面粉), yuba(腐竹)	[12]
Diphacinone(敌鼠)	0.025 g/kg	Polluted food(污染食品)	[13]
Sulphite(亚硫酸盐)	0.5 mg/L	Sugar(食糖), biscuit(饼干), white grape wine(白葡萄酒)	[14]
Cadmium(镉)	1.0 mg/L	Rice(大米)	[15]
Salmonella(沙门氏菌)	3 cfu/25g(mL)	Tableware(餐具), food(食品)	[16-18]
Total bacteria count(细菌总数)	<10 cfu/g	Tableware(餐具), food(食品)	[19]

1.2　酶联免疫法

酶联免疫法（ELISA）是一种以酶作为标记物的免疫分析方法，也是目前应用最广泛的免疫分析方法之一，它将酶标记在抗体 /抗原分子上形成酶标抗体 /酶标抗原，酶作用于能呈现出颜色的底物，通过仪器或肉眼进行辨别。目前，ELISA方法常用的固相载体是 96孔聚苯乙烯酶标板，常用的酶是辣根过氧化物酶，常用的底物是邻苯二胺和四甲基联苯胺等[20]。

虽然 ELISA方法是一项比较成熟的技术，但针对具体的检测项目还有许多工作需要完善。由于抗体的特异性直接影响免疫反应的特异性，在多克隆抗体之后，Kohler和 Milstein创建了杂交瘤技术并成功制备绵羊红细胞单克隆抗体，目前单克隆抗体主要由杂交瘤技术或基因重组技术制备。国外已用兽药单克隆抗体制备出了兽药残留检测的 ELISA试剂盒，国内已研制出几种兽药单克隆抗体，并建立了兽药免疫检测的 ELISA法，但尚缺乏商品化的产品。表 2列举了部分目前国内外已制备的兽药 ELISA检测试剂盒。

表 2　ELISA试剂盒在食品快速检测中的应用

Table 2　Application of ELISA kits for rapid detection of food

Testing items	Detection limit	Food	Reference
Chloramphenicol (氯霉素)	0.1 μg/L	Meat products, aquatic products, milk products and honey (肉制品、水产品、乳制品、蜂蜜等动物源性食品)	[21]
Ricin B (篦麻毒素 B)	400 ng/L	Aquatic products, milk products (水产品、乳制品)	[22]
Malachite green (孔雀石绿)	0.6 mg/L	Fish and shrimp(鱼、虾等水产品)	[23]
Fibrin gel (胶质纤维蛋白)	0.2%	Meat and food(肉、食品等)	[24]
Staphylococci enterotoxin C_2 (葡萄球菌 C_2型肠毒素)	15 μg/L	Milk(牛奶)	[25]

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.3 免疫胶体金试纸

对食品安全领域不断出现的新问题，短时间内很难开发出高灵敏度的比色快速检测方法应用于现场的快速测定，而抗体制作技术已比较成熟，胶体金试纸检测在这方面具有较大的发展空间。免疫胶体金试纸法将特异的抗体交联到试纸条上，试纸条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。目前，国外已经有相当成熟的商业化试纸条，如美国的 Charm Science Inc研发的一系列用于检测牛奶中各种抗生素的免疫纸层析胶体金试纸条 ROSA系列，国内如上海出入境检验检疫局动植物与食品检验检疫技术中心生产的免疫学现场快速检测试剂盒。比较常见的胶体金检测试纸结构图如图 1所示，商品化的胶体金检测试纸多为定性检测方法，用反射光密度计对斑点颜色的强度进行测定，可得到半定量的结果。另外，在同一膜上做多种项目测定和多项目的组合测定 2种方式，一次检测可同时得到一组结果，这对于检测某些具有联检意义的物质具有很大的应用价值。表 3列举了部分免疫胶体金检测技术在食品分析中的应用。

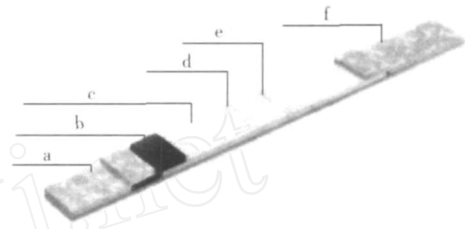


图 1 试纸条结构图

Fig. 1 Schematic structure of test strip

a sample paper(加样纸)；b glass fibre membrane (玻璃纤维膜)；c nitrocellulose membrane(硝酸纤维素膜)；d detection line(检测线)；e quality control line(质控线)；f absorbent paper(吸水纸)

表 3 免疫胶体金检测技术在食品快速检测中的应用

Table 3 Application of immune colloidal gold technique for rapid detection of food

Testing items	Detection limit	Food	Reference
Carbamates(氨基甲酸甲酯)	0.25 mg/L	Vegetable and fruit(蔬菜、水果)	[26]
Estrogen(雌二醇)	0.1 mg/L	Aquatic products(水产品)	[27]
Botulinum toxin B(肉毒毒素 B)	0.05 mg/L	Meat or meat products(肉或肉制品)	[28]
Clenbuterol(盐酸克伦特罗)	5.0 μg/L	Livestocks and poultry, aquatic products and tissue (畜禽、水产品、组织)	[29]
Papaveine(罂粟碱)	0.2 mg/L	Sugar, biscuit, grapewine (食糖、饼干、自制葡萄酒)	[30]
Helicobacter pylori(幽门螺杆菌)	10.3 mg/L	Mammalian saliva, gastric juice, backflow vomit (哺乳动物口腔唾液、胃液、返流呕吐等)	[31]
CryI(Ab) and CP4 - EPSPS protein (Cry I(Ab)和 CP4 - EPSPS蛋白)	0.1%	Transgenic maize, soybean(转基因玉米、大豆)	[32 - 33]
Opium alkaloids(阿片生物碱)	0.008 μg/L	Chafing dish soup ingredients, spice and bean jelly (火锅汤料，调料，凉皮等)	[34]
Staphylococci(葡萄球菌)	1.4×10^6 CFU/mL	Rice, steamed bread, biscuit, etc. (米饭，馒头，饼干等)	[35]

1.4 生物芯片

1994年美国能源部、防御研究计划署、俄罗斯科学院和俄罗斯人类基因组计划在 1 000多万美元的资助下研制出第一块用于测序的基因芯片。虽然当时测序芯片在准确性方面尚有欠缺，但其在卫生监测、疾病诊断、基因表达谱测定等方面的应用前景却引起了广泛关注。Science和 Nature Genetics杂志分别在 1998年 10月和 1999年 1月出版专集，系统介绍了生物芯片研究的重大进展。同时 Science杂志还把生物芯片评选为 1998年的世界十大科技突破之一。各国的政府、相关科研机构和企业对生物芯片技术都十分重视，以生物芯片为核心的各相关产业也在全球迅速崛起，世界范围有几百家较大公司在从事相关研究，提供产品和技术服务。

1.4.1 **免疫芯片** 免疫芯片是一种特殊的蛋白芯片，芯片上的探针蛋白可根据研究目的选用抗体、抗原、受体等具有生物活性的蛋白质。芯片上的探针点阵，通过特异性免疫反应捕获样品中的靶蛋白，然后通过专用激光扫描系统和软件进行图像扫描、分析及结果解释，具有高通量、自动化、灵敏度高和多元分析等优点。由于单克隆抗体具有高度的特异性及亲和性，因此是一种比较好的探针蛋白，用其构筑的芯片可用于检测蛋白质表达丰度及确定新的蛋白质。

在免疫芯片的制作过程中，最关键的步骤是抗原或抗体的固定。根据固定原理可分为物理吸附法和共价结合法。物理吸附法简便易行，但固定的抗原分子数少，在以后的洗涤过程中，固定分子容易脱落，影响结果的判读。近年来免疫芯片的研制多采用共价结合法进行抗原或抗体的固定，常用的材

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

料包括玻璃片、硅片、金片、聚丙烯酰胺凝胶膜、尼龙膜等[36]。在众多的共价固定材料中，通常采用的是玻璃片及聚丙烯酰胺凝胶膜。采用聚丙烯酰胺凝胶膜固定抗原或抗体过程是通过光致聚合作用在玻璃片上制备众多彼此分开的聚丙烯酰胺凝胶膜，然后用戊二醛进行膜的活化，活化膜上的醛基和抗原或抗体中的氨基反应形成酰胺键，从而完成识别分子的固定，其优点是固定的识别分子数量大，在其上进行的抗原抗体反应近似于液相中的反应，反应速度快，信号强[37-38]。另外许多研究者采用玻璃片固定识别分子，玻璃片表面羟基可以用 N，N-二乙氧基氨丙基三乙氧基硅烷做表面处理，能够偶联核酸、酶、抗体(抗原)、蛋白质、多肽等各种分子，并且多数芯片需采用发光的检测方法，而玻璃片符合了这一要求[36]。

在免疫芯片中常用的标记物有放射性同位素、酶、荧光物质等，依据标记物的不同采用不同的检测方法。采用放射性同位素标记抗原或抗体具有特异性强、敏感性高的优点，但由于该方法放射性污染且需要专门的检测设备，其应用受到了一定的限制[39]。采用酶及荧光物质(Cy3、Cy5)标记抗原或抗体具有敏感、简便、快速的优点，这两种标记方法克服了放射性同位素标记法的不足，已成为免疫芯片中常用的标记物，抗原与抗体反应结束后用扫描仪进行荧光信号的检测。针对小分子的免疫芯片检测，由于小分子多数不具备 2个以上供抗体结合的位点，不能用双抗夹心法进行测定，因此，在芯片上对小分子的检测均采用竞争法。表 4列举了部分免疫芯片在食品检测中的应用。

目前，免疫芯片大多处于研究开发阶段，在技术不成熟的情况下，免疫芯片检测容易产生灵敏度下降、分析误差增多、统计数据偏差较大等一系列问题，所以必须从技术工艺、硬件设施和管理规范等多个环节严格把关，为免疫芯片技术的日趋成熟和后续的产业化进程奠定坚实的基础。

1.4.2　**基因芯片检测方法**　基因芯片(gene chip，DNA chip)是指按照预定位置固定在固相载体上很小面积内的千万个核酸分子所组成的微点阵阵列。基因芯片技术由于同时将大量探针固定于支持物上，所以可以一次性对样品大量序列进行检测和分析。虽然基因芯片技术本质上与 Southern Blotting或 Northern Blotting相同，只是探针密度极高而已，但它解决了传统核酸印迹杂交(Southern Blotting和 Northern Blotting等)技术操作繁杂、自动化程度低、操作序列数量少、检测效率低等不足。基因芯片以其可同时、快速、准确地分析数以千计的基因组信息的本领而显示出了巨大的威力。这些应用主要包括基因表达检测、突变检测、基因组多态性分析和基因文库作图以及杂交测序等方面。通过聚合酶链式反应(PCR)扩增检测靶基因，采用研制的寡核苷酸基因芯片与扩增产物在一定条件下进行杂交，杂交结果通过 ScanArray 3000芯片扫描仪读取并与标准杂交图谱比较，从而判定样品中细菌的种属，并对分离的 20株细菌进行基因芯片的杂交检测，同时用传统方法对这些菌株进行了鉴定，基因芯片检测结果与传统方法鉴定结果的一致性为 95%(19/20)。基因芯片技术检测水和食品中常见致病细菌及其毒素、真菌毒素、病毒、支原体、衣原体、立克次氏体等微生物战剂，具有快速、准确、易于操作等优越性，值得推广应用。表 5列举了部分 DNA芯片在食品中的应用。

表 4　免疫芯片在食品快速检测中的应用

Table 4　Application of immune chip for rapid detection of food

Testing items	Detection limit	Reference
Atrazine, papaveine (阿特拉津、罂粟碱)	Atrazine 0.001 mg/L (阿特拉津), papaveine 0.01 mg/L (罂粟碱)	[40]
Estrogen (雌二醇)	0.001 mg/L	[41]
Staphylococcal enterotoxin (葡萄球菌肠毒素)	0.01～0.1 mg/L	[42]
Protein (蛋白质)	0.5 mg/L	[43]
Sulfamethazine (磺胺二甲基嘧啶等兽药)	3.26～6.37 μg/L	[44]

表 5　DNA芯片技术在食品快速检测中的应用

Table 5　Application of DNA chip for rapid detection of food

Testing items	Detection limit	Reference
Common pathogenic bacteria including Salmonella (沙门氏菌等常见致病菌)	$<10^2$ cfu/mL	[45]
Staphylococcal enterotoxin (金黄色葡萄球菌)	10 cfu/g(mL)	[46]
Transgenosis agricultural products (转基因农产品)	0.1%～2.0%	[47]
Common pathogenic bacteria (常见致病菌)	$<10^2$ cfu/mL	[48]
Cerea spore bacilli (蜡样芽胞杆菌)	2 ng/L	[49]

1.4.3　**液相悬浮芯片**　Luminex悬浮芯片技术是美国 Luminex公司开发的一种多功能的液相芯片分析平台，也称 xMAP® (flexible multiple-analyte profiling)、MASA (multi-analyte suspension arrays)，多功能悬浮点阵或液体芯片。它有机地整合了有色微球、激光技术、最

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

新的高速数字信号处理和计算机技术，集中了分子生物学、免疫学、高分子化学、激光物理学、微流体学、计算机科学等多门学科，使得 Luminex悬浮芯片技术的检测特异性和灵敏度得到了前所未有的发展。它可以在一个 25～50 μL的样品内同时检测多达 100种以上不同的检测项目，具有重复性与稳定性好、高通量、检测指标可灵活选择以及高灵敏度与高信噪比等诸多优点；与传统的固相芯片相比，克服了固相芯片在大分子检测时表面张力、空间效应等对反应动力学的干扰；优化实验条件后，近似完全液相的反应体系对特异性生物学反应的影响几乎可以忽略，检测结果的稳定性和重复性也因此得到很大的提高。Luminex的多参数高通量分析、节约试剂和标本、操作简单等多种优势，被越来越多的科研和临床工作者所接受。

液体悬浮芯片的技术原理并非等同于传统意义上的固相生物芯片。该系统的检测载体为 2种被染上不同荧光染料、各 10种不同浓度梯度的聚苯乙烯微球 (直径为 5.6 μm)，也即每种检测微球上被定义上一个唯一的编码地址。理论上，不同荧光微球上包被不同的探针分子。国外已开始将 Luminex悬浮芯片技术应用于多种病原微生物和毒素的快速检测研究，并取得了重要的研究进展。Wilson等[50]利用 Luminex100™液相芯片系统对干燥 10年以上的 HIV-1、HCV和 HBV抗体阳性的血斑实现了即时定量检测，其结果与 ELISA和 Western Blot有很高的相符性，操作简便快速，而且价格低廉。Zoltan等[51]将寡核苷酸探针固定到微球表面对经典猪霍乱病毒 (CSFV)、牛病毒性腹泻病毒 1和 2及绵羊瘟病毒进行同时检测，检出限为 0.2～10 $TCID_{50}$/mL (半数组织培养感染量)，对黄病毒科病毒的检测和分型提供了灵敏和特异的方法；同时，Dirk等[52]将液体芯片技术用在禽流感病毒的检测中，对包括 H5N1型高致病性禽流感病毒在内的 10种禽流感病毒亚型进行检测，并用补体 -酶联免疫吸附测定 (cELISA)进行方法比对，两种方法的灵敏度和特异度的一致性分别达到 99.3%和 93.1%。Luminex液相芯片系统的应用与研究在国内刚刚起步，目前还未得到足够的重视。目前国内主要将该技术用于临床检验和诊断，高志贤课题组在国家科技支撑计划的支持下，探索将悬浮芯片应用于食品卫生检测的农药、兽药分析等领域。

虽然悬浮芯片在多个生物医学的领域中具有明显的优势，但是在基因表达谱分析、基因诊断、获得的基因信息量等方面，仍然无法和传统的基因芯片相比。悬浮芯片最大的缺点是：不能连续在线监测待测样品中靶标物的浓度，或者监测样品中靶标物同 beads上探针的结合情况，这也是悬浮芯片与大多数光纤、SPR、压电等以采集物理信号为主的生物传感器相比的劣势。另外，多元液相反应条件的优化与匹配、同一反应体系中交叉反应的抑制与消除也需研究者加以考虑和分析。

1.5 传感器检测技术

生物传感器是将生物感应元件的专一性与能够产生和待测物浓度成比例的信号传导器结合起来的一种分析装置，与传统的化学传感器和离线分析技术 (如 HPLC或 MS)相比，生物传感器有着许多不可比拟的优势，如高选择性、高灵敏度、较好的稳定性、低成本、可微型化、便于携带、可以现场检测等，它作为一种新的检测手段正迅猛发展。根据生物识别元件和生物功能膜的不同，生物传感器可分为酶传感器、免疫传感器、微生物传感器、组织传感器、细胞器传感器、类脂质膜传感器、DNA杂交传感器等。在现场快速检测领域，生物传感器检测技术与比色、免疫胶体金试纸、ELISA等检测方法相比还未得到普遍应用，但国内外针对这方面的研究报道很多，各种新技术如纳米、分子印迹等为其提供了丰富的发展空间，近年来生物传感器的研制越来越趋向于微型化、集成化、智能化以及无创伤的方向发展，随着检测仪器和检测方法的不断成熟，生物传感技术在食品现场快速检测领域将有更广阔的应用前景。表 6列举了几种生物传感器在食品检测中的应用。

表 6 生物传感器在食品快速检测中的应用

Table 6 Application of biosensor for rapid detection of food

Testing item	Detection limit	Reference
Staphylococcal enterotoxin B gene (葡萄球菌肠毒素 B基因)	0.02 mg/L	[53]
Staphylococcal enterotoxin C_2 (金黄色葡萄球菌 C_2)	5 mg/L	[54]
Levamisole(左旋咪唑)	5×10^{-2} mg/L	[55]
Acrylamide(丙烯酰胺)	1.2×10^{-10} mol/L	[56]
Daminozide(丁酰肼)	5×10^{-5} mg/L	[57]
Common intestinal bacteria in food (食品中常见肠道细菌)	1×10^{-6} mg/L	[58]

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.6 便携式色谱质谱联用仪

随着与检测技术相关的各种配套装备的不断发展，近几年针对食品安全的检测车使以前无法应用到现场的一些检测方法得到进一步应用，车载的色谱质谱联用仪主要由主机、顶空设备、采样探头和专用笔记本电脑 4部分组成，它的优点是可以较快速地检测到极低的污染，并能分析污染物质的化学成分，而且与仪器相配套的笔记本电脑里还储存有 2 000种有害化合物的分析材料，可以针对检测的物质立即从电脑里调出相关的资料进行分析，选取处理方法。随着国家对食品安全的重视，目前我国多家单位已配备了食品安全检测车，这为便携式色谱质谱联用仪的应用和推广提供了必要的条件，实现了现场多种污染物的准确定量。

1.7 生物学发光检测法[59]

生物学发光检测法利用细菌细胞裂解时会释放出三磷酸腺苷（ATP），使用荧光虫素和荧光虫素酶可使之释放出能量产生磷光，光的强度就代表 ATP的量，从而推断出菌落总数。美国 NHD公司推出 ATP食品细菌快速检测系统的 Profile-13560通过底部有筛孔的比色杯将非细菌细胞和细菌细胞分离，这种比色杯细菌细胞无法通过，之后用细菌细胞释放液裂解细菌细胞，检测释放出的 ATP量则为细菌的 ATP量，得出细菌总数。此检测系统与标准培养法比对，相关系数在 90%以上且测定只需 5 min，已被美军采用。美国 Charm Science Inc有一系列通过检测细菌的 ATP量控制不同食品卫生安全的产品，如检验食物表面的 PoctetSwab Plus、检测水产品表面的 WaterGiene™、检测生肉的 Charm CHEF等，操作方法都是使用专用药签刮抹待测部位，然后将药签装入笔形管内，插入便携检测仪读数即可。

2 展　望

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食品样品前处理、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，兼具快速和准确两大优点是快速检测方法追求的目标。目前的食品现场快速检测主要呈现 4大趋势：①由于高新技术的应用，检测能力不断提高，检测灵敏度越来越高，残留物的超痕量分析水平已达到 1×10^{-7} g；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，使食品安全检测周期大大缩短；③选择性不断提高，高效分离分段、各种化学和生物选择性传感器的使用，使在复杂混合体中直接进行污染物选择性测定成为可能；④由于微电子技术、生物传感器、智能制造技术的应用，检测仪器向小型化、便携化方向发展，使实时、现场、动态、快速检测正在成为现实。针对我国的特殊国情，目前我国基层单位很多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目前和今后快速检测技术的发展趋势。另外，食品样品复杂多样，前处理繁琐费时，建立快速检测方法同时进一步完善样品的前处理方法，研制适合的小型前处理装置，对于缩短现场快速测定时间及提高测定的准确性具有重要的意义。

参考文献：

[1] 周焕英，高志贤，崔晓亮. [J]. 解放军预防医学杂志，2003，21(2)：148 - 151.
[2] AUGUSTIN JC，CARLIER V. [J]. Food Microbiol，2006，23(1)：1 - 38.
[3] SASITHOM S，SIRIRAT R. [J]. Inter J Food Microbiol，2003，81(2)：113 - 121.
[4] SCHROFT H，WATTE R，WORTH LA. [J]. J Microbiol Meth，2005，60(3)：335 - 342.
[5] 于基成，边辞，赵娜，等. [J]. 江苏农业科学，2006，5：171 - 173.
[6] 何颖，张涛，康天放. [J]. 环境化学，2005，24(6)：711 - 713.
[7] 房彦军，周焕英，杨伟群，等. [J]. 解放军预防医学杂志，2004，22(17)：18 - 21.
[8] 陈秋生，梁淑轩，李科. [J]. 河北大学学报，2007，27(2)：176 - 178.
[9] 房彦军，王红勇，周焕英，等. [J]. 分析试验室，2005，24(2)：1 - 2.
[10] 杨阳，胡国媛，李静. [J]. 中华医学与健康，2006，11：32 - 34.
[11] 马隽，王兴华，李宝华. [J]. 高等学校化学学报，2006，27：39 - 42.
[12] 吴广臣，夏立娅，刘峥颢. [J]. 食品工业科技，2006，27(10)：181 - 183.
[13] 王红勇，高志贤. [J]. 中国公共卫生，2004，20(7)：793.
[14] 方邢有，高志贤. [J]. 中国公共卫生，2006，22(6)：245 - 246.
[15] 王民，糜漫天，高志贤. [J]. 第三军医大学学报，2004，26(7)：640 - 642.
[16] 王颖，顾其芳，刘诚，等. [J]. 中国卫生检验杂志，2006，16(10)：1220 - 1221.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[17] 王会娟, 王丽, 路琳, 等. [J]. 肉类工业, 2004, (9): 40 - 42.
[18] 3M INNOVATIVE PROPERTIES CO. United States Patent, 6649406 [P/OL]. 2003 - 11 - http://www.freepatentsonline.com/6649406.html
[19] 吴清平, 孙永, 蔡芷荷. [J]. 中国卫生检验杂志, 2006, 16(5): 635 - 637.
[20] 张彦峰. [D]. 天津: 南开大学, 2006: 31 - 35.
[21] 孙俐, 郑文杰. [J]. 天津科技大学学报, 2007, 22(7): 76 - 79.
[22] GUGLIELMO VV, THULLIER P. [J]. Journal of Immunological Methods, 2007, 328: 70 - 78.
[23] 龚朋飞. [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2005: 1 - 46.
[24] ALEXANDRA H, HEUSSNER A, INES MOELLER. [J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45: 827 - 833.
[25] 高志贤, 陶桂全. [J]. 肉品卫生, 1996, 11: 7 - 10.
[26] ZHOU Pei, LU Yitong, ZHU Jiang [J]. J Agric Food Chem, 2004, 52: 4355 - 4359.
[27] 孙思明, 周焕英, 房彦军, 等. [J]. 中国公共卫生, 2007, 23(1): 126 - 127.
[28] CHIAOA DJ, SHYU RH, HUA CS. [J]. J Chromatogr. B, 2004, 809: 37 - 41.
[29] 苏存举, 陈福生, 高志贤, 等. [J]. 解放军预防医学杂志, 2008, 26(3): 177 - 179.
[30] 方邢有, 高志贤. [J]. 分析试验室, 2005, 24(12): 1 - 4.
[31] 李红玉, 肖曼, 李静贤. 检测幽门螺杆菌抗原的免疫胶体金试纸及其制备方法 [P]. 中国专利, 申请号: 200510200228. 6.
[32] AHMED F E. [J]. Trends in Biotechnology, 2002, 20(5): 215 - 223.
[33] LIPTON C R, DAUTLICK J X. [J]. Food Agric Immunol, 2000, 12: 153 - 164.
[34] 赵春城, 龚艳, 赵晓联, 等. [J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(1): 47 - 49.
[35] 宋农, 李军文, 王新为, 等. [J]. 中华检验医学杂志, 2003, 26(7): 443 - 446.
[36] 马立人, 蒋中华. 生物芯片 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2000: 16 - 19.
[37] ARENKOV P, KUKHTIN A, GEMMELL A, et al [J]. Analytical Biochemistry, 2000, 278(2): 123 - 131.
[38] GUSCHIN D, YERSHOV G, ZASLAVSKY A, et al [J]. Analytical Biochemistry, 1997, 250(2): 203 - 211.
[39] 刘纯杰. [J]. 肉品卫生, 1997, 1: 24 - 30.
[40] 高志贤, 王艳, 房彦军, 等. [J]. 分析化学, 2005, 33(4): 455 - 458.
[41] 张庆峰, 高志贤, 王升启. [J]. 中国生物工程杂志, 2004, 24(9): 86 - 88.
[42] 高志贤, 杨明星. [J]. 中国生物工程杂志, 2004, 24(8): 99 - 101.
[43] 姜雄平, 许丹科. [J]. 分析化学, 2002, 30(7): 784 - 787.
[44] YE Bangce, LI Songyang, ZUO Peng [J]. Food Chemistry, 2008, (106): 797 - 803.
[45] 唐晓敏, 高志贤. [J]. 解放军预防医学杂志, 2003, 21(2): 94 - 96.
[46] 田静, 计融, 杨军. [J]. 卫生研究, 2007, 36(2): 183 - 186.
[47] RUDIK, RUDI, HOLCK A. [J]. Nucleic Acids Res, 2003, 31: 62 - 63.
[48] LIU Yangling, ELSHOLZ B, ENFORS SO. [J]. Journal of Microbiological Methods, 2007, 70: 55 - 64.
[49] JOUBERT O, KELLER D, PINCK A, et al [J]. J Clin Microbiol, 2005, 43(3): 1076 - 1080.
[50] WILSON W, ERLER A, NASARABAD I S, et al [J]. Mol Cell Probes, 2005, 19(2): 137 - 144.
[51] ZOLTAN L, ALEXANDRA D, RAINER G, et al [J]. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 2005, 43(2): 141 - 145.
[52] DIRK D, TARA L, FURUKAWA S, et al [J]. J Virol Meth, 2006, 137(1): 88 - 94.
[53] LIU Nan, GAO Zhixian, ZHOU Huanying, et al [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2007, 22: 2371 - 2376.
[54] GAO Zhixian, CHAO Fuhuan, ZHANG Chao. [J]. Sensors and Actuators: B, 2000, 66: 193 - 196.
[55] CROOKS S RH, MCCARNEY B, TRAYNOR M. [J]. Analytica Chimica Acta, 2003, 483: 181 - 186.
[56] LIPTON CR, DAUTLICK JX, GROTHAUS GD, et al [J]. Food Agric Immunol, 2000, 12: 153 - 164.
[57] YAN Shoulei, FANG Yanjun, GAO Zhixian. [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2007, 22: 1087 - 1091.
[58] 高志贤. 环境科学与生物芯片 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 73 - 85.
[59] 解立斌, 黄建, 霍军生. [J]. 国外医学: 卫生学分册, 2007, 34(7): 192 - 196.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net