

# 食品病原微生物快速检测技术研究进展

杨春光<sup>1</sup>, 王宏伟<sup>1</sup>, 彭心婷<sup>2</sup>, 苏明明<sup>1</sup>, 徐静<sup>1</sup>, 李莉<sup>1</sup>, 孙兴权<sup>1</sup>, 曹际娟<sup>1\*</sup>

(1. 辽宁出入境检验检疫局, 大连 116001; 2. 塔城出入境检验检疫局, 塔城 834700)

**摘要:** 随着现在食品工业的快速发展, 食品安全越来越受到各国的重视。影响食品安全的因素很多, 其中食品中的病原微生物是影响食品安全的主要因素之一。为了对食品安全进行有效、快速的监测, 控制食品加工中的病原微生物, 研究和建立食品病原快速检测方法对于食品质量控制和监管及人们健康也就越来越重要。食源性致病菌的传统检测方法繁琐复杂、周期较长, 因而快速、简便、特异的检测方法成为研究的热点。快速检测方法的应用范围非常广泛, 并且比传统的检测方法更加敏感。本文主要从分子生物学技术、免疫技术、代谢技术、生物传感器技术等方面介绍了目前国内外用于食品微生物检测的先进技术, 并对这些在当前较为先进的主流快速检测技术进行总结分析, 为今后进一步研究和开发新检测技术提供一些参考。

**关键词:** 快速检测; 分子生物学技术; 免疫技术; 代谢技术; 生物传感器

## Research advances for fast detection of food borne pathogenic bacteria

YANG Chun-Guang<sup>1</sup>, WANG Hong-Wei<sup>1</sup>, PENG Xin-Ting<sup>2</sup>, SU Ming-Ming<sup>1</sup>, XU Jing<sup>1</sup>,  
LI Li<sup>1</sup>, SUN Xing-Quan<sup>1</sup>, CAO Ji-Juan<sup>1\*</sup>

(1. Liaoning Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116001, China;  
2. Tacheng Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Tacheng 834700, China)

**ABSTRACT:** Now with the rapid development of food industry, food safety is concerned all over the world. Many factors affect the food safety, among which pathogenic microbe is one of the most primary factor. In order to effectively and efficiently monitor the food safety, it is more and more important for food quality control and supervision to control the pathogenic microorganism in food processing, and establish the method for rapid detection of food pathogen. Traditional methods for detection of food borne pathogens are quite complex, and cost much time, so more researches focus on the quick, convenient and differential methods. The scope of application of rapid detection method is very extensive, and more sensitive than the traditional detection method. This article introduced several advanced fast detection technology of food pathogenic bacteria, including molecular biology technology, immunity technology, metabolism technology and biosensor technology, and the rapid detection technology of those more advanced analysis and summarize the current mainstream, aiming to provide a reference for the further study.

**KEY WORDS:** quick detection; molecular biotechnology; immunity technology; metabolism technology; biosensor technology

\*通讯作者: 曹际娟, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: cjj0909@163.com

\*Corresponding author: CAO Ji-Juan, Professor, Technical Center of Liaoning Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, No.60, Changjiang East Road, Zhongshan District, Dalian 116001, China. E-mail: cjj0909@163.com

## 1 引言

近些年来,食品安全事件在世界各国频繁发生,如英国的疯牛病、法国的李斯特氏菌病、香港的禽流感、光明牛奶郑州事件等。这些食品污染大多数由病原微生物引起,这就要求我们要进一步发展和完善食品微生物安全检测技术和检测体系。传统的食品微生物检测通常采用琼脂平板培养法,这种方法主要依靠培养基进行培养、分离及生化鉴定,操作过程繁杂且费时费力,一般需2~3 d才能完成<sup>[1]</sup>,无法适应快速检测的要求。目前一些食品微生物快速检测方法主要是通过综合应用微生物学、化学、生物化学、生物物理学、免疫学以及血清学试验技术对微生物进行分离、检测、鉴定和计数,相比较传统方法,更快捷、更方便、更灵敏<sup>[2]</sup>

## 2 分子生物学技术

### 2.1 基因探针技术

基因探针的工作原理为:将微生物特性基因DNA双链中的一条进行标记,制成DNA探针,由于DNA分子杂交时严格遵守碱基配对的原则,通过考查待测样品与标记性DNA探针能否形成杂交分子,即可判断样品中是否含有此种微生物,并且还可以通过测定放射性强度考查样品中微生物数量<sup>[3]</sup>。该方法具有特异性强、灵敏度高和操作简便、检测时间短等优点。

近年来,基因探针技术不断发展和推广,在微生物检测中的应用研究也逐渐广泛地开展起来,并且随着基因探针技术研究的不断深入,一些基因探针新技术如非放射性基因探针、DNA生物传感器探针及分子信标探针的研究也获得了重要进展,目前食品中的一些微生物病菌如大肠杆菌(*Escherichia coli*)<sup>[4]</sup>、志贺氏菌(*Shigella spp*)<sup>[5]</sup>、沙门氏菌(*Salmonella*)<sup>[6]</sup>、耶希氏菌(*Yersinia enterocolitica*)<sup>[7]</sup>、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)<sup>[8]</sup>、单增李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)<sup>[9]</sup>等都可以使用基因探针技术检测。

### 2.2 多聚酶链式反应

多聚酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)技术又称基因体外扩增法,其基本原理是通过在体外对一些微生物相应特定的双链DNA片段进行高效扩增,然后对这些DNA片段的扩增产物含量进行检测,从而快速地对食品中微生物含量完成测定。具体的工作原理如下:

检测时,双链DNA首先在高温下(95℃),在多种酶的作用下变性解链成单链,然后再迅速降低温度(55℃),每条DNA单链退火又可以复性成为双链,完成所谓的“变性解链—退火—合成延伸”的热循环,之后温度重新上升到95℃,开始新的循环。多次重复就可以以几何级数大量扩增特定的基因,整个过程可以较为快速地在1 h内完成。而

且理论上,样品中含有的即使是一个分子病菌的DNA,都可以短时间内通过PCR技术检测到。因此PCR方法检测技术的优点是灵敏度和特异性高,且检测结果迅速、检测成本低。孙焕东等<sup>[10]</sup>采用裂解法提取DNA,应用PCR对污染牛奶中的单增李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)进行检测,设计合成的引物可特异地将其扩增,对其他菌不产生反应,显示了较强的特异性。Whyte等<sup>[11]</sup>分别采用传统方法和PCR方法对生禽肉中的沙门氏菌(*Salmonella*)进行检测,传统方法检出16%的样品被沙门氏菌(*Salmonella*)污染,而PCR方法检出了19%的样品被沙门氏菌(*Salmonella*)污染,可见PCR技术的敏感性更强。虽然PCR技术较传统方法有这些优点,但其也存在PCR产品的污染问题<sup>[12-13]</sup>。

### 2.3 基因芯片技术

基因芯片产生于上世纪90年代初,是一种全新的微量分析技术,它利用微电子、微机械、生物化学、新型材料、计算机等多学科的先进技术,将大量的人工设计好的基因片段高密度、有序地排列在玻璃片等载体上而得到的一种信息检测芯片<sup>[14]</sup>。

基因芯片原理就是采用光导原位合成或显微印刷等方法将点有各种基因寡核苷酸特定序列的探针分子有序地、密集地固定在经过相应处理的玻片、硅片、硝酸纤维素膜等支持物上,加入标记的待测样品,然后标记样品再与芯片上寡核苷酸点进行多元杂交,通过扫描仪定量分析杂交信号的强弱及分布,来分析目的分子的有无、数量及序列,从而确定检测样品是否存在某些特定微生物<sup>[15-17]</sup>。

基因芯片具有操作简便快速、高通量、特异性强等优点,基因芯片的这些优点有效地克服了以前传统的原位杂交技术和NORTHERN技术极低的检测通量、操作复杂、自动化程度低的缺点。因而基因芯片技术被越来越广泛地应用在食品检测领域中。近年来利用基因芯片分析检测食品中常见致病菌的研究越来越多。李君文等<sup>[18]</sup>就是利用基因芯片技术建立了水中常见致病菌的快速检测与鉴定技术,其检测水中常见致病菌的敏感性可达 $516 \times 10^5$ 个/mL细菌菌落的核酸。Carl等<sup>[19]</sup>在利用基因芯片技术研究出大肠埃希菌、伤寒杆菌、痢疾杆菌和空肠弯曲菌的基因芯片检测方法,其检测结果敏感度大大高于传统方法,而且操作简便快速,重复性好,即节省了大量时间,又大大提高了这4种细菌诊断效率。然而,基因芯片技术刚刚起步,还处于研发阶段,许多地方还有待改进,如样品制备过程复杂、检测仪器昂贵成本高、检测特异性有待提高、芯片存在假阳性、基因组学的资源库还不够丰富以及无法建立标准化程序等。

## 3 免疫技术

### 3.1 乳胶凝集反应

乳胶凝集反应<sup>[20]</sup>是利用抗原与抗体特异性结合的特

性, 加上具有良好吸附性的大分子的乳胶颗粒作为载体吸附可溶性抗原于其表面, 当特异性抗体与之结合后, 产生凝集反应。

利用乳胶凝集反应原理开发的 Aureus Test 试剂盒目前已被广泛应用于食品中金黄色葡萄球菌的检测, 该试剂盒中含有的聚苯乙烯乳胶粒子对免疫抗蛋白 AIgG 和鞭毛蛋白都非常敏感, 因细菌蛋白 A 和 IgG 结合, 凝聚酶和鞭毛抗原结合, 所以当含有金黄色葡萄球菌的样品悬浮液加入含乳胶粒子的试剂盒中时 1 min 内将产生凝集反应。该方法具有灵敏度高、特异性高、快速简便、比较准确等优点。

### 3.2 酶联免疫法

酶联免疫法 (enzyme-linked immuno sorbent assay, ELISA) 是一种固相免疫测定技术, 是酶免疫测定技术中应用最广的技术。其基本方法是将已知的抗原或抗体吸附在固相载体 (聚苯乙烯微量反应板) 表面, 并保持其免疫活性, 检测时将待检样本和酶标抗原或抗体按不同步骤与固相载体表面吸附的抗体或抗原发生反应, 再加入酶标抗体与免疫复合物结合, 用洗涤的方法分离抗原抗体复合物和游离的未结合成分, 最后加入酶反应底物, 根据底物被酶催化产生的颜色及其吸光度值的大小进行定性或定量分析<sup>[21]</sup>。

ELISA 法具有灵敏度高、特异性强、快速简便、易于标准化等优点, 目前 ELISA 方法已被广泛应用于多种细菌的检测, 如食品中大肠杆菌 O157、李斯特菌、弯曲杆菌、沙门氏菌、假单胞菌属、副溶血性弧菌、致贺氏菌、霍乱弧菌、蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌等的检测。

赵志晶等<sup>[22]</sup>研究的适宜食品样品中大肠杆菌 O157:H7 检测的双抗 ELISA 方法具有很高的灵敏度, 在鸡肉与牛奶染菌样品中的检出限达到 0.1 CFU/g (CFU/mL)。Cryan 等<sup>[23]</sup>在研究大肠埃希氏杆菌 (*Escherichia coli*) 内毒素时, 发现采用 ELISA 法比 DNA 探针技术更灵敏、快速。

### 3.3 免疫磁性微球

免疫磁性微球是一种表面结合单克隆抗体的磁性微球, 具有孔径小、超顺磁性等优点。被广泛应用细胞分离等方面。其原理主要是利用免疫磁性微球能选择性地与靶物质结合并使之具有磁响应性的特性, 将特异性抗体偶联在磁性颗粒表面, 与样品中被检致病微生物发生特异性结合, 当此化合物通过一个磁场装置时, 载有致病微生物的磁性颗粒在外加磁场的作用下, 向磁极方向运动集中, 从而使致病微生物不但得到分离, 而且也得到浓集<sup>[24]</sup>, 从而与其他复杂物质分离开来。

在我们日常食品检测中, 样品常为固液混合物, 一般的常规方法难以将其中少量的微生物分离出来。而免疫磁性分离技术的出现, 以其特有的性能很好地解决了这一问题, 目前在食品卫生检测和研究中得到了较好的应用。

Skjerve 等<sup>[25]</sup>报道了用免疫磁性分离技术从乳及乳制品、肉类和蔬菜中分离出沙门氏菌, 该方法检测限为 10~20 个/g 细菌。Chapman 等<sup>[26]</sup>报道了在英国由污染牛奶引起的大肠杆菌 O157 感染的检测就是利用了免疫磁性分离技术, 快速准确地将致病菌检测出来。

## 4 代谢技术

代谢学技术是指利用微生物代谢的理论, 通过比对微生物生理生长的一些如底物、电阻抗、代谢产物的变化特性, 而达到微生物检测目的的方法<sup>[27]</sup>。主要有: ATP 生物发光法、电阻抗技术、放射测量技术、微热量计技术等。

### 4.1 ATP 生物发光法

ATP (adenosine-triphosphate, ATP) 生物发光法主要用于活菌计数, 其原理是 ATP 广泛存在于各种活的生物体中, 而且 ATP 的含量在活细胞中是恒定的, 活的菌体中也有 ATP, 细菌死亡后, 在细胞内酶的作用下, ATP 将很快被分解掉<sup>[28]</sup>。因此通过测定待测样品的 ATP 浓度, 即可计算出活菌数。检测时先通过棉拭取样来萃取样品中的 ATP, 并添加荧光素和荧光素酶混合物, 测定生物发光量, 最后求出 ATP 浓度和活菌数<sup>[29]</sup>。

ATP 生物发光技术始于 20 世纪 80 年代, 1983 年由 Moyer 等<sup>[30]</sup>首先提出细胞内 ATP 的含量与活细胞的数量有关。同年 Gronroos 等<sup>[31]</sup>也通过实验证实了该技术是一种灵敏度高的、可靠的确定细胞活性度的检测方法。近年来随着有关 ATP 研究的深入, ATP 生物发光法得到了很大的发展, 现在的 ATP 方法具有快速、简便、灵敏度高的特点<sup>[32]</sup>, 可以在几分钟之内完成微生物 ATP 的检测, 是目前检测微生物数目最快捷的方法, 因此被国内外广泛应用于微生物检验和食品生产环境清洁度的检测。ATP 生物发光法也存在一些不足之处, 如有时样品中含有的某些离子会抑制其发光作用并对 ATP 的测定造成干扰, 造成灵敏度达不到检测样品的要求, 如饮用水中菌落总数不能超过 100 CFU/mL, 而目前直接检测限为 1000 CFU/mL, 还有受游离 ATP、体细胞和盐等成分干扰, 不能对细菌进行鉴定<sup>[33]</sup>, 不能区分微生物与非微生物 ATP 等。

### 4.2 电阻抗技术

电阻抗法是通过测量微生物代谢引起的培养基电特性变化来测定样品中微生物含量的一种快速检测方法。其原理是细菌在培养基内生长繁殖的过程中, 将会使培养基中的大分子电惰性物质 (如碳水化合物、蛋白质和脂类等) 代谢为具有电活性的小分子物质, 如乳酸盐、醋酸盐等, 这些离子态物质能增加培养基的导电性, 使培养基的阻抗发生变化, 通过检测培养基的电阻抗变化情况, 判定细菌在培养基中的生长繁殖特性, 即可检测出相应的细菌。

电阻抗法是近些年发展起来的一项生物学新技术, 因为其具有检测速度快、灵敏度高、准确性好等优点<sup>[34]</sup>, 已

经开始应用于食品中细菌总数、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、酵母菌(*saccharomycetes*)、霉菌(*mould*)和支原体(*mycoplasma*)的检测<sup>[35]</sup>。阻抗微生物学也在食品工业中得到了广泛的应用,主要应用在食品微生物质量控制的许多领域,如原料的质量预测、加工工艺的评估、成品质量的检测等。Pless 等<sup>[36]</sup>分别用阻抗法和传统检测方法对 122 种含有沙门氏菌的阳性样品进行对比检测,结果发现用阻抗方法共检出有 119 种,传统的亚硝酸盐-胱氨酸培养基检出 106 种,而用 RV 培养基仅检出 92 种。

#### 4.3 放射测量技术

放射测量技术是利用细菌在生长繁殖过程中代谢碳水化合物而产生 CO<sub>2</sub> 的原理。把微量的放射性 <sup>14</sup>C 标记引入碳水化合物分子中,在细菌生长时,这些底物被利用并释放出含放射性的 CO<sub>2</sub>,然后通过自动化放射测定仪 Bactec 测量 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> 的含量,从而判断细菌的数量。这一方法已用于测定食品中的细菌,具有快速、准确度高和自动化等优点<sup>[37]</sup>。

#### 4.4 微热量计技术

微热量计技术(microcalorimetry)<sup>[38]</sup>是通过测定细菌生长时热量的变化进行细菌的检出和鉴别的一种技术。由于不同的细菌其各自的新陈代谢不同,因而各自产生的热曲线就不同,把记录的各不相同的热曲线作为其特征“指纹图”<sup>[39]</sup>,在实际检测中用微量热计测量细菌在生长过程中产的热量,然后数据经计算机分析,以此绘制成以产热量和时间组成的热曲线图,通过和已知微生物热曲线“指纹图”进行比较,对细菌做出鉴别。这种技术使鉴定步骤大为简化,所需时间也大大减少,一般只需要数小时。实际检测中,利用该技术对牛奶工业中常用的四种不同的乳酸细菌进行微量热研究,可以很快测得四种乳酸细菌的“指纹图”,因此该方法与乳制品生产中常用的鉴定方法比较,检测快速并重现性好<sup>[40]</sup>。

### 5 生物传感器

生物传感器是对生物物质敏感并能将其浓度转换为电信号进行检测的仪器。生物传感器主要由生物识别元件和信号转换器两大部分组成<sup>[41]</sup>。生物识别元件又称感受器,是由固定化的生物敏感材料(包括酶、抗体、抗原、微生物、细胞、组织、核酸等生物活性物质)作识别元件<sup>[42-43]</sup>。信号转换器(如热敏电阻、光纤、氧电极、光敏管、场效应管、压电晶体等)是一个电化学、光学或热敏检测元件,生物传感器具有接受器与转换器的功能。当生物识别元件与待测物发生特异作用后,所得产物(光、热等)通过信号转换器转变成可以输出的电信号、光信号等,从而达到分析检测的目的<sup>[44-45]</sup>。生物传感器具有简便、体积小、成本低、灵敏度高、专一性强及抗干扰能力强、响应快等优点,目

前其在食品安全检测中已经得到了广泛的应用<sup>[46-48]</sup>。

#### 5.1 免疫传感器

免疫传感器是一种新兴的生物传感器,它是以抗原或抗体作为分子识别部分,把光纤及荧光计等作为信号转换部分的生物传感器<sup>[49]</sup>。将大肠杆菌 抗体共价固定在经戊二醛活化的有孔氨基玻璃珠上,构成 FIA 免疫传感器,用这种免疫传感器来检测食品中的 *E.coli*,其检出限为  $5 \times 10^7$  CFU/mL,检测时间不到 30 min,可重复使用几百次以上。免疫传感器已用于弗朗西斯氏菌、布鲁士菌、奈瑟氏菌、沙门氏菌、大肠杆菌等的检测<sup>[50]</sup>。由于抗原和抗体结合发生免疫反应,其特异性很高,因此免疫传感器具有极高的选择性和灵敏度。免疫传感器作为一种新兴的生物传感器,以其鉴定物质的高度特异性、敏感性和稳定性受到使用者的青睐。

#### 5.2 基因传感器

基因传感器是以 DNA 作为敏感元件,通过换能器将生物学信号转变为可检测的光、电、声波等物理信号。它是把已知核苷酸序列的半单链 DNA 分子固定在传感器上(也称 ssDNA 探针),和另一条互补的 ssDNA(目标 DNA)杂交,形成双链 DNA(dsDNA)后会表现出一定的物理信号,再通过换能器反映出来。采用抗体压电晶体生物传感器测定大肠杆菌,检测细菌下限为  $10^5$  个/mL。利用花菁与染色标记的单克隆抗 *E.coli* O157: H7 设计了一种便携式光纤生物传感器,可检测 *E.coli* O157: H7,检测范围 3 CFU/mL ~ 30 CFU/mL,具有高度专一性<sup>[51]</sup>。

### 6 展望

食品致病菌快速检测技术近些年来随着人们的重视和研究的深入,取得了较快的发展,越来越多的食品致病菌快速检测技术被研发出来并广泛应用在食品检测领域。这些快速可靠的检测技术也逐渐成为食品安全检测的有力工具和手段,促进了食品安全的良性发展。通过这些快速检测技术,人们可以对一些食品中致病菌数量及代谢情况变化进行实时监测,同时可以对一些可能出现的致病菌引起的病害采取相应措施防治,做到防患于未然。当然,任何检测手段都不是万能的,都有其缺点。食品致病菌检测方法也不例外,目前的检测方法仍有其局限性,需要不断地完善和改进现有的检测技术,如不能同时“定性”和“定量”;传统的增殖培养、血清学试验、生化试验检验虽然准确性很好,但完成检测所需的时间长;免疫学方法快速、灵敏度高,但容易出现假阳性、假阴性<sup>[52]</sup>;VITEK(全自动细菌生化分析仪)、VIDAS(全自动免疫分析仪)等虽然快速准确、通量大,但只能鉴定到属,仅适用于初筛,而且费用颇高。基因芯片、蛋白质芯片准确、通量大,但制作费用太高,不利于普及<sup>[53,54]</sup>。相信随着人们对食品安全意识的不断

断加强, 食品致病菌快速检测方法的研究必然得到更大的重视和投入, 也将取得更快发展。研发建立一个更灵敏、更可靠、更有效、更简便的微生物检测技术是保证食品安全的迫切需求, 也是今后食品微生物检测技术的发展趋势, 可以预见, 多种检测技术以及各学科的交叉发展有望能解决上述需求。

#### 参考文献

- [1] 王敏. 检验食品微生物新方法[J]. 四川食品与发酵, 1997, (3): 38-39.  
Wang M. A new method of food microbiology inspection [J]. Sichuan Food Ferment, 1997(3): 38-39.
- [2] 张志洁, 韩剑众. 食品微生物快速检测技术及其自动化研究进展[J]. 食品研究与开发, 2003(2): 97-100.  
Zhang ZJ, Han JZ. Rapid detection of food microorganism technology and automation research progress of [J]. Food Res Dev, 2003(2): 97-100.
- [3] 徐茂军. 基因探针技术及其在食品卫生检测中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2000, 27(2): 66-70.  
Xu MJ. Gene probe technology and its application in the detection of food hygiene [J]. Food Ferment Ind, 2000, 27(2): 66-70.
- [4] Lin CK, Tsen HY. Comparison of the partial 16S rRNA gene sequences and development of oligonucleotide probes for the detection of *Escherichia coli* cells in water and milk[J]. Food Microbiol, 1999, 16(6): 551-562.
- [5] Bei AK, Dicesare JC, Haff L. Detection of *Escherichia coli* and *Shigella* spp. in water by using the polymerase chain reaction and gene probes for uid. [J]. Appl Environ Microbiol, 1991, (57): 10133-1017.
- [6] Soument C, Ermel C, Salrat C, et al. Detection of *Salmonella* spp. in food products by polymerase chain reaction and hybridization as say in microplate format [J]. Lett Appl Microbiol, 1997, (24): 113-116.
- [7] Hill EW, Payne W L, Auslisio CCC. Detection and enumeration of virulent *Yersinia enterocolitica* in food by DNA colony hybridization [J]. Appl Environ Microbiol, 1983, (46): 636-641.
- [8] Wang C, Hong C. A rapid PCR-based hybridization assay for the detection of *Listeria monocytogenes* in channel catfish original research article [J]. Food Microbiol, 1999, (3): 291-298.
- [9] Notermans S, Hevelman KJ, Wernarks K. Synthetic enterotoxin B DNA probes for detection of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* strains [J]. Appl Environ Microbiol, 1988, (54): 531-533
- [10] 孙焕东, 李君文, 孙宝国, 等. 半套式 PCR 检测牛奶中单核细胞增生性李斯特氏菌[J]. 中国食品卫生杂志, 2000, 12(5): 20-21  
Sun HD, Li JW, Sun BG, et al. Monocyte hyperplasia *Listeria* semi nested PCR detection in milk [J]. Chin J Food Hyg, 2000, 12(5): 20-21
- [11] P Whyte, K Mc Gill, et al. The prevalence and PCR detection of *Salmonella* contamination in raw poultry. [J]. Vet Microbiol, 2002, 244: 1-8
- [12] 闫雪, 姚卫蓉, 钱和. 国内外食品微生物快速检测技术应用进展[J]. 食品科学, 2005(6): 269-272.  
Yan X, Yao WR, Qian H. Progress of rapid detection of food microorganism at home and abroad [J]. Food Sci, 2005, (6): 269-272.
- [13] 李平. PCR 技术及其在食品微生物检测中的应用[J]. 食品科学, 1998, (7): 3-5.  
Li P. PCR technology and its application in food microbiological detection [J]. Food Sci, 1998(7): 3-5.
- [14] 苏凤贤, 张宝善, 曹稳. 食品微生物快速检测技术应用进展[J]. 陕西农业科学, 2007, (2): 78-811.  
Su FX, Zhang BS, Cao W. Rapid detection of food microorganism technology application progress of [J]. Shaanxi Agric Sci, 2007, (2): 78-811.
- [15] 林蕾, 张伟. 食品微生物检验技术的研究进展[J]. 现代农业科学, 2008, 15(10): 97-99.  
Lin L, Zhang W. Research progress of food microorganism inspection technology [J]. Mod Agric Sci, 2008, 15(10): 97-99.
- [16] 代娟, 李玉峰, 杨潇. 食品微生物快速检测技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2006, 127(5): 110-112.  
Dai J, Li YF, Yang X. Advances on fast detection technique of food microorganism [J]. Food Res Dev, 2006, 127(5): 110-112.
- [17] 王伟华, 张新武, 周靖波, 等. 食源性微生物快速检测研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2010, 27(4): 182-188.  
Wang WH, Zhang XW, Zhou JB, et al. Research progress of rapid detection of food borne microorganisms [J]. J Food Saf Qual, 2010, 27(4): 182-188.
- [18] 李君文, 晁福寰, 靳连群, 等. 基因芯片技术快速检测水中常见致病菌[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4): 238-240.  
Li JW, Chao FH, Jin LQ, et al. Rapid detection of gene chip technique of pathogenic bacteria in water [J]. Chin J Prev Med, 2002, 36(4): 238-240.
- [19] Adman CF. Pathogen analysis and isothermal amplification [J]. J Invest Med, 2000, (2): 93-101.
- [20] 蒋志国, 杜琪珍. 食品病原微生物快速检测技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(3): 165-170.  
Jiang ZG, Du QZ. Research progress on rapid detection technology of food pathogenic microbe [J]. Food Res Dev, 2008, 29(3): 165-170.
- [21] 郭杰标, 熊永华. 提高 ELISA 在食品安全检测中性能的技术进展[J]. 食品科技, 2006, (6): 18-20.  
Guo JB, Xiong YH. Advances in increasing the performance of ELISA in detection of food [J]. Food Sci Technol, 2006, (6): 18-20.
- [22] 赵志晶, 刘秀梅. 大肠杆菌 O157 多克隆抗体及食品中双抗 ELISA 测定方法的研究[J]. 卫生研究, 2003, 32(6): 606-609.  
Zhao ZJ, Liu XM. *Escherichia coli* O157 polyclonal determination method of ELISA double antibody and food [J]. J Hyg Res, 2003, 32 (6): 606-609.
- [23] Cryan B. Comparison of three assay systems for detection of enterotoxigenic *Escherichia coli* heat-stable enterotoxin [J]. J Clin Microbiol, 1990, 28(4): 792-794.
- [24] 彭丽英, 苗耀光. 现代免疫分析技术在食品卫生检验中的应用[J]. 山西农业大学学报, 2000, 4(3): 367-369.  
Peng LY, Miao YG. The modern immune analysis technology application in food testing [J]. J Shanxi Agric Univ, 2000, 4(3): 367-369.
- [25] Skjerve E, Olsvik O. Immunomagnetic separation of *Salmonella* from foods [J]. Int J Food Microbiol, 1991, 14(1): 11-17.
- [26] Chapman PA, Wright DJ, HiqqinsR. Untreated milk as a source of enterotoxigenic *E. coli* O157 [J]. Vet Record, 1993, 133(7): 171-172.
- [27] 牛玉倩, 孙宇梅, 何聪芬. 细菌总数快速检测技术的研究现状[J]. 香料香精化妆品, 2011, 6: 51-55.

- Niu YQ, Sun YM, He CF. Rapid detection of total bacterial count of the technology of the present research situation [J]. *Cosmet Frag Perfume*, 2011, 6: 51-55.
- [28] Venkateswarana K, Hattori N, Laduc MT, *et al.* ATP as a biomarker of viable microorganisms in clean-room facilities[J]. *J Microbiol Meth*, 2003, 52: 367-377.
- [29] 刘炳智, 朱蓓. ATP 生物发光法在微生物检验中的应用[J]. *预防医学情报杂志*, 1999, 15(1): 29-30.
- Liu BZ, Zhu B. ATP bioluminescence for the application of microbiological test [J]. *Prev Med Inform*, 1999, 15(1): 29-30.
- [30] James DM, Hendrson JF. Nucleoside triphosphate specificity of firefly luciferase [J]. *Anal Biochem*, 1983, 131(1): 187-189.
- [31] Gronroos M, Maenpaa J, Nieminen AL, *et al.* 548 Correlation of steroid receptor contents with medroxyprogesterone and tamoxifen effects in endometrial cancer assayed by barin vitro ATP-bioluminescence method [J]. *J Steroid Biochem*, 1983, 19(1): 194.
- [32] 唐倩倩, 叶尊忠, 王剑平, 等. ATP 生物发光法在微生物检验中的应用[J]. *食品科学*, 2009, 29(6): 460-465.
- Tang QQ, Ye ZZ, Wang JP, *et al.* The application of ATP bioluminescence for in [J]. *Food Sci*, 2009, 29(6): 460-465.
- [33] 杨晓林. 生物发光及化学发光在生物医学领域中应用的进展[J]. *生物物理学报*, 2000, 16(1): 11-15.
- Yang XL. Luminous progress application in the field of biomedical bioluminescence and chemistry [J]. *Acta Biophysica Sinica*, 2000, 16(1): 11-15.
- [34] 王云国, 李怀燕. 食品微生物检验内容及检测技术[J]. *粮油食品科技* 2010, 18(3): 40-43.
- Wang YG, Li HY. Food microbiological testing contents and testing technology[J]. *Science and Technology of Cereals, oils and Foods* 2010, 18(3): 40-43
- [35] 王福厚, 霍贵成, 王德国, 等. 食品中沙门氏菌检测方法的研究进展[J]. *中国乳品工业*, 2009, 37(10): 38-41.
- Wang FH, Huo GC, Wang DG, *et al.* Research Progress on the method for the detection of *Salmonella* in foods [J]. *Chin Dairy Ind*, 2009, 37(10): 38-41.
- [36] Pless P, Futschik K, Schopf E. Rapid detection of salmonellae by means of a new impedance-splitting method [J]. *J Food Protect*, 1994, 57(5): 369-376.
- [37] Fung DYC. What's needed in rapid detection of foodborne pathogens [J]. *Food Technol*, 1995, 49(6): 49, 64-67.
- [38] 王宏. 微生物鉴定的一种新方法—微量热法[J]. *现代商检科技*, 1998, 8(6): 54-57.
- Wang H. Microbial identification of a new method microcalorimetry [J]. *Mod Inspect Technol*, 1998, 8(6): 54-57.
- [39] 王云国, 李怀燕. 食品微生物检验内容及其动向[J]. *中国食物与营养*, 2010, 12: 14-17.
- Wang YG, Li HY. Inspection content of food microorganism and its development trend [J]. *China Food Nutrit*, 2010, 12: 14-17.
- [40] 李霞, 陆利霞, 熊晓辉. 食品致病菌快速检测技术研究进展[J]. *江苏食品与发酵*, 2007, 3: 16-20.
- Li X, Lu LX, Xiong XH. Research progress of rapid detection technology of food pathogenic bacteria [J]. *Jiangsu Food Ferment*, 2007, 3: 16-20.
- [41] 王辉, 张伟, 王燕, 等. 食品病原微生物快速检测技术及研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2012, 4: 1-4.
- Wang H, Zhang W, Wang Y, *et al.* Development of rapid detection technology and research of food pathogenic microbe [J]. *Grain Oil*, 2012, 4: 1-4.
- [42] 曾庆梅, 张冬冬, 杨毅, 等. 食品微生物安全检测技术[J]. *食品科学*, 2007, 28(10): 632-637.
- Ceng QM, Zhang DD, Yang Y, *et al.* The microbiological safety of food detection technology [J]. *Food Sci*, 2007, 28(10): 632-637.
- [43] 王莎莎. 食品微生物快速检测技术的研究进展[J]. *生命科学仪器*, 2009, 7(8): 60-63.
- Wang SS. Rapid detection of food microorganism technology advances in research [J]. *Life Sci Instrum*, 2009, 7(8): 60-63.
- [44] 景作亮, 樊志, 郁铭. 农作物残留农药主要检测方法及其研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2004, 32(5): 1024-1027.
- Jing ZL, Fan Z, Yu M. The main detection methods and research progress of pesticide crop residue[J]. *Anhui Agric Sci*, 2004, 32 (5): 1024-1027.
- [45] 蒋雪松, 王剑平, 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, 23(5): 272-276.
- Jiang XS, Wang JP, Ying YB, *et al.* Research progress of biosensors for food safety detection[J]. *Agric Eng J*, 2007, 23(5): 272-276.
- [46] 杨向莹, 王玉梅, 张岩, 等. 分子马达生物传感器在食源性病原微生物检测中的应用[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(7): 2101-2108.
- Yang XY, Wang YM, Zhang Y, *et al.* Application of molecular motor biosensor in the detection of food borne pathogenic microorganisms [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(7): 2101-2108.
- [47] 刘金华, 刘韬, 孟日增, 等. 利用光纤倏逝波生物传感器检测食品中大肠杆菌 O157:H7[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(4): 1142-1146.
- Liu JH, Liu T, Meng RZ, *et al.* The use of fiber optic evanescent wave biosensor for detection of *Escherichia coli* O157:H7 in food, [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(4): 1142-1146.
- [48] 刘慧玲, 吕敬章, 朱智壕, 等. 生物传感器检测食源性大肠杆菌 O157:H7 研究新进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(6): 1828-1834.
- Liu HL, Lue JM, Zhu ZH, *et al.* Biological sensor for detecting foodborne *Escherichia coli* O157:H7 new study progress [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(6): 1828-1834.
- [49] 韦兵, 刘永松, 赵明. 食源性致病菌快速检测方法研究进展[J]. *河北农业科学*, 2008, 12(2): 3-5.
- Wei B, Liu YS, Zhao M, Rapid detection of food borne pathogenic bacteria research progress of method [J]. *Hebei Agric Sci*, 2008, 12(2): 3-5.
- [50] 唐劲松, 张焕新, 张璟晶. 食品中沙门氏菌快速检测技术的应用及研究进展[J]. *中国酿造*, 2009, 1: 01-03 [6]: 21-23.
- Tang JS, Zhang HX, Zhang JJ. Application and research progress of technology for rapid detection of *Salmonella* in foods [J]. *Chin Brewing*, 2009, 1: 01-03 [6]: 21-23.
- [51] 杜小琴, 车振明. 分子技术快速检测食品有害微生物[J]. *食品工程*, 2006, (4): 5-7.
- Du XQ, Che ZM. Rapid detection of food harmful microbial molecular technology [J]. *Food Eng*, 2006, (4): 5-7.
- [52] 刘振宇. 食品中病原微生物快速检测技术的研究进展[J]. *广州化工*,

2014, 42(16): 32-34.

Liu ZY. Research progress of technology for rapid detection of pathogenic microorganism in food [J]. Guangzhou Chem Ind, 2014, 42(16): 32-34.

[53] 郑东宏. 食品微生物检验新方法简介[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(2): 133-135.

Zheng DH. Brief introduction of new methods in food microbe testing [J]. Guangzhou Food Sci Technol, 2004, 20(2): 133-135.

[54] 李振权. 浅谈食品微生物的检测方法[J]. 现代农业科技, 2007, (10): 180-181.

Li ZQ. Discussion on the detection method of food microbiology [J]. Mod Agric Sci Technol, 2007, (10): 180-181.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



杨春光, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 2004ycg51@163.com



曹际娟, 教授, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: cjj0909@163.com

## “饮料酒质量与品质安全”专题征稿函

饮料酒(白酒、啤酒、黄酒、葡萄酒、果露酒)工业是我国食品工业的重要组成部分, 与人民物质生活息息相关。近年来, 随着人们物质生活水平的不断提高, 对饮料酒的品质要求也在不断提升, 好喝与安全已经成为一种潮流与时尚。

自 2007 年开展“中国白酒 169 计划”以来, 饮料酒行业的科学研究与技术进步取得了众多令人瞩目的成就, 白酒品质进一步提升, 机械化在白酒行业得到应用; 黄酒普遍采用大罐发酵技术; 啤酒、葡萄酒质量日益提升。然而, 近年来的塑化剂风波、勾兑门、农残门、年份门、致癌门等诸多事件或多或少地困扰着酒业发展, 饮料酒质量与品质安全问题越来越得到社会和广大消费者的关注。

鉴于此, 本刊特别策划了“饮料酒质量与品质安全”专题, 由江南大学生物工程学院 **徐岩 教授** 和 **范文来 研究员** 共同担任专题主编, 围绕 **饮料酒产业发展现状、饮料酒加工过程中质量控制与品质安全管理、饮料酒质量检测标准、饮料酒中内源性 & 外源性有毒有害物质的检测方法、饮料酒包装材料等** 或您认为本领域 **有意义** 的问题展开讨论, 计划在 2015 年 5 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及 **徐岩 教授** 和 **范文来 研究员** 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 3 月 31 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [tougao@chinafoodj.com](mailto:tougao@chinafoodj.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部