食源性致病菌检测技术的研究概述

钟丽琪[1,2], 郭亚辉[1], 曹 进[2*], 钱 和[1]

(1. 江南大学食品学院, 无锡 214122; 2. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘 要: 目前, 食源性疾病已成为全球非常关注的食品安全问题, 而食源性致病菌则是导致此类疾病发生的主要原因, 因此依靠有效的食源性致病菌检测技术对控制食源性疾病是极其重要的。本文主要阐述了有关食源性致病菌现有的检测技术, 主要应用的检测技术包括传统的培养检测、稍成熟的分子检测技术、正在发展的免疫学检测技术及生物传感器技术等。得出食源性致病菌检测技术想要更进一步的发展就必须向着灵敏度高、特异性强、操作简便并有效的方向努力, 需要基于现阶段应用技术的优化革新、各种检测技术的共同联用及将来更多新思路和新方法的出现的结论, 从而为食源性致病菌的检测提供技术支撑, 为检测机构及科研机构选择合适的检测技术提供参考。

关键词: 食源性致病菌; 分子检测技术; 免疫学检测技术; 生物传感器检测技术

Review on the detection technology of foodborne pathogens

ZHONG Li-Qi[1,2], GUO Ya-Hui[1], CAO Jin[2*], QIAN He[1]

(1. *College of Food Science and Technology*, *Jiangnan University*, *Wuxi* 214122, *China*; 2. *National Institutes for Food and Drug Control*, *Beijing* 100050, *China*)

ABSTRACT: At present, foodborne diseases have become a food safety issue of global concern, and foodborne pathogens are the main cause of such diseases. Therefore, relying on effective foodborne pathogen detection technology is extremely important to control foodborne diseases. This article mainly described the existing detection techniques for foodborne pathogens. The main detection technologies applied included traditional culture detection, slightly mature molecular detection technology, developing immunological detection technology and biosensor technology, *etc*. The conclusion is that for further development of foodborne pathogen detection technology, it is inevitable towards high sensitivity, strong specificity, easy operation and effective directions. This requires optimization and innovation based on the current application technology, the joint use of various detection technologies, and the emergence of more new ideas and methods in the future, which is helpful to provide technical support for the detection of foodborne pathogens, and reference for testing institutions and scientific research institutions to choose the appropriate detection technology.

KEY WORDS: foodborne pathogens; molecular detection technology; immunological detection technology; biosensor detection technology

基金项目: 科技部重大研发计划项目(2017YFC1601304)、国家自然科学基金项目(21105125)

Fund: Supported by Ministry of Science and Technology Major Research and Development Plan (2017YFC1601304), and the National Natural Science Foundation of China (21105125)

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

***Corresponding author:** CAO Jin, Ph.D, Professor, National Institutes for Food and Drug Administration. Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: caojin@nifdc.org.cn

1 引 言

依据 WHO 最新的核实研究结果表明, 食源性疾病已是世界范围内发病率及死亡率都相对较高的疾病; 美国疾病控制与预防中心的分析发现, 在美国每年大概有 7600 万人染上食源性疾病, 致死人数约 5000 人; 我国近年来食源性疾病出现的比例也呈上升态势, 有关报告分析推测, 我国大约每 7 人中就有 1 人曾患过食源性疾病[1]。食源性疾病的发生常由于有食源性致病菌的存在, 因此必须采用一定检测手段来控制食源性致病菌。致病菌致病性较高, 存在数量较少, 且常与复杂的生物体系共存, 因此检测难度较大。食源性致病菌常伴随着被污染的食物进入机体, 而食物污染可以出现在食物链的任意一个环节。食源性致病菌检测技术的关键就是要有较高的敏感度、较强的专一性以及尽可能短的分析时间, 而现阶段的检测技术不足以对其顺利进行同步、精确及快速的检测, 所以很多新型的检测方式已被视为研究的首选[2]。

目前, 主要应用于食源性致病菌的检测技术及其不足如下: (1)传统培养检测技术: 其操作方法简单, 但所需时间长且流程繁琐[3]。(2)分子检测技术: 其分析速度快、敏感度高、专一性强。(3)免疫学检测技术: 其敏感性强、特异性高、快速简便、省时省力[4]。(4)生物传感器检测技术: 是一种由多学科交叉渗透发展形成的全新微量分析技术, 具有灵敏度高和分析速度快等特点[5]。

本综述总结和概述了食源性致病菌的经典检测技术和近些年发展的最新检测技术, 可为研究食源性疾病的学者提供比较全面的认识和了解, 检测机构及科研机构选择合适的检测技术提供参考。

2 食源性致病菌检测技术

2.1 传统培养检测技术

传统检测技术: 根据致病菌生长繁殖的特性, 利用选择性培养基对其进行筛选和分离, 再结合形态学特征和生理生化特性对其进行鉴定。例如, 食品中分离检验的单增李斯特氏菌, 一般使用的是富集培养基有缓冲性李斯特菌增菌肉汤(buffered listeria enrichment broth, BLEB), Fraser 肉汤(fraser broth, FB)以及 UVM 培养基(university of modification medium)等, 较常选用的分离鉴定平板有 PALCAM 和其它的显色培养基, 有关于单增李斯特氏菌检测的可参考方法有 GB 4789.30-2010, FDABAM, ISO 11290 等[6,7]。但传统致病菌培养技术的实验时间比较长、流程相对繁杂, 在突发的事件中难以达到快速、有效的检测, 不仅如此, 检验结果的核实对技术观测人员的要求也较高。传统的致病菌培养技术仍然存在某些难以克服的局限性, 比如某种类型的致病菌可能出现未检出的情况等。为了加快检测速度, 学者对致病菌的生化属性鉴定先后研发了一套快速鉴定系统, 如 Micro-ID 系统、Minitek 系统等, 传统的培养技术可以与这些系统联合对致病菌开展快速鉴定[8]。

此外, 在传统培养检测过程中, 简化富集操作, 并同时对多种致病菌进行共增菌培养是极为关键的改进。国际上现阶段的学术研究中, 与共增菌培养技术相关的学术研究文献包含了沙门氏菌和志贺氏菌的共增技术[9], 金黄色葡萄球菌、大肠杆菌及沙门氏菌的共增技术[10], 金葡菌、沙门氏菌和单增李斯特杆菌的共增菌技术[11], 大肠杆菌、沙门氏菌及单增李斯特杆菌的共增菌技术[12], 副溶血弧菌、霍乱弧菌及沙门氏菌的共增菌技术等等[13,14]。共增菌技术相较于传统培养检测技术来说, 其大大简化了富集操作, 检测时间也随之缩短, 是非常重要的技术改进。

2.2 分子检测技术

分子检测技术含有常规的 PCR 技术, 多重 PCR 技术, 环介导等温扩增技术(loop-mediated isothermal amplification, LAMP)等[15]。其优点有分析速度快、敏感度高、专一性强等。

2.2.1 聚合酶链式反应技术(PCR 技术)

PCR 技术将目标致病菌的 DNA 作为模板, 在高温下使其变性为单链, 之后在 DNA 聚合酶作用下, 根据模板序列设计的 2 条引物分别与模板 DNA 2 条链上相应的一段互补序列发生退火而相互结合, 在 DNA 聚合酶的作用下以 4 种脱氧核糖核酸(dNTP)为底物, 使退火引物得以延伸, 变性、退火和延伸这一循环不断重复, 使目标菌的 DNA 扩增, 然后通过电泳检测 PCR 产物是否有特征条带, 从而实现对目标致病菌的快速检测。

与常规 PCR 技术相比, 学者更青睐于多重 PCR 技术, 因其具有高效性、系统性、所需时间短及所需试剂少等优点。多重 PCR(multiplex PCR)技术又称多重引物 PCR 技术或复合 PCR 技术, 它是在同一 PCR 反应体系里加上 2 对以上引物, 同时扩增出多个核酸片段的 PCR 反应, 其反应原理, 反应试剂和操作过程与一般 PCR 相同。一般 PCR 仅应用一对引物, 通过 PCR 扩增产生一个核酸片段。

Sjoling[16]利用多重 PCR 技术检测导致肠道炎症的致病菌, 能同时监测大肠杆菌和其他可能造成肠道炎症的致病菌, 体现了该技术的高度专一性。Deekshit 等[17]对沙门氏菌的特殊基因、以及 3 个抗生素抗性基因设计了多对引物, 确立了一种新的多重 PCR 检测方式。Yang 等[18]借助免疫磁性分离技术与多重 PCR 联用研究出了一种可以同步检测果蔬和禽肉制品中大肠杆菌 O157:H7、单增李斯特氏菌和鼠伤寒沙门氏菌的技术, 测得果蔬中沙门氏菌的检出限为 5.1×10^3 CFU/g、大肠杆菌 O157:H7 为 7.5×10^3 CFU/mL、单增李斯特氏菌为 8.4×10^3 CFU/mL。多重 PCR 技术不仅具有常规 PCR 的优点, 且在此基础之上精简

了操作流程、节省了所用的试剂和时间。该技术还有一些需要进一步完善的地方, 例如加样过程较为繁琐, 扩增体系需要在后续步骤中花大量时间进行不断优化和探索, 体系中同时存在的多对引物, 经常会出现互相竞争、阻碍等情况。不过多重 PCR 技术对检测多种致病菌的复合感染有着关键性的意义, 是将来检测食源性致病菌的研究方向之一[19]。

实时荧光定量 PCR 技术是借助荧光信号累积, 开展同步监测反应进程。与普遍应用的 PCR 比较来说, 其不仅可以对 DNA 模板展开定量检测, 还能有效地减少扩增产物的交叉污染, 灵敏度和特异性也更高。荧光化学物质包含有荧光染料和荧光探针, 典型的荧光染色剂有 SYBR Green I, YOPRO, 溴化乙锭等, 其中最普遍的是 SYBR Green I。荧光探针可细分为水解探针、双杂交探针和复合探针等, 目前比较常用的有 Taq Man 探针和 Light Cycler 双探针[20]。武鑫等[21]开发了 SYBR Green I 实时荧光定量 PCR 检测沙门菌, 是目前检测沙门菌敏感度非常高的方法, 其灵敏度比常规 PCR 高 100 倍左右。Cremonesi 等[22]利用荧光探针建立实时 PCR 对常见的 20 种食源性致病菌进行检测。实时荧光 PCR 技术实现了从定性检测到定量检测, 且简化了实验流程, 可有效防止之前过程中的污染及误差, 同时还具有高效率、循环重复性好和自动化程度较高等特点。

2.2.2　环介导等温扩增技术(LAMP 技术)

环介导等温扩增技术借用具有链置换特性的聚合酶, 以及能够识别靶序列上特异区域的引物, 在等温条件下对核酸扩增, 对结果进行判定[23]。

宋涛平等[24]用金黄色葡萄球菌基因的 6 条引物建立了将 LAMP 可视化的检测方法。胡惠秩等[25]研究了能直接检测灭菌牛奶中金黄色葡萄球菌的方法, 同时还可以对体系中死菌和活菌进行区分。Oh[26]借助 EBT 比色法探索了用人眼辨别结果的一种检测系统。Wang 等[27]对内部实时和商品化的 2 种 LAMP 系统展开了对比, 了解到商品化 LAMP 系统出现假阳性结果比内部实时 LAMP 系统可能性低。

LAMP 是一种实用价值及检测效率很高的等温扩增技术, 同时也存在着明显的缺点: 如加入环引物后, 有可能出现假阳性结果; 虽然可借助各种方式减少假阳性发生的频率, 但依旧无法避免其对引物设计要求高, 难度大的缺陷; LAMP 不适用于扩增较长片段, 因为其产物不均匀, 难以回收, 在反应体系中容易被污染。尽管如此, LAMP 依然备受研究者们的青睐, 随着技术的发展, 其不足之处也将会被学者们解决[28]。

2.2.3　核酸探针技术

DNA 探针是指经过某种标记物标记过的单链 DNA, 在适宜的情况下按照碱基互补配对的原则, 与靶 DNA 形成杂 DNA 分子, 通过检测杂交信号确定样品中是否含有目标物。Zeng 等[29]基于外切核酸酶 III(Exo-III)辅助循环扩增的新型细菌 DNA 检测的磁-DNA 双链探针已经开发出来。该磁性 DNA 双链体探针包含部分杂交以磁性微粒为载体的荧光团修饰的捕获探针和荧光团修饰的信号探针。其不仅消除了基因探针技术只能定性分析的局限性, 而且有着灵敏度高的优点。Wu 等[30]第一次实现了大肠杆菌的荧光原位杂交检测法。Almeida 等[31]开发了沙门氏菌的荧光原位杂交检测法, 可检测血浆、排泄物以及乳粉样品, 特异性和精确度非常高。Zadernowska 等[32]对传统沙门氏菌检测法以及荧光原位杂交法等用于肉类中沙门氏菌检测并展开比较, 了解到荧光原位杂交法专一性最强, 敏感度较高。

2.2.4　基因芯片技术

基因芯片技术将探针分子固定于芯片表层, 再和标有记号的样本分子完成杂交, 通过监测杂交信号的强弱来得到样本分子数据, 对细菌种类进行判别。Guo 等[33]借助于沙门氏菌的 O 抗原研发出了一种高通量的基因芯片, 可以辨别沙门氏菌 40 多种血清型。Gomes 等[34]在基因芯片中植入碱基组成的探针, 对存在于水体中的金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等致病菌进行有效地检测。高兴等[35]把基因芯片技术与多重 PCR 技术相结合, 可以同时检测十多种食源性致病菌。Zhang 等[36]在塑料板上固定探针形成 DNA 微阵列, 并对扩增结果进行显色, 既可实现结果可视化, 又存在高通量、高灵敏度的优点。但是, 基因芯片的成本较高, 若想将其广泛地应用于食源性致病菌的检测, 还须有很长的路要走。

2.3　免疫学检测技术

2.3.1　酶联免疫吸附(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)

Brooks 等[37]开发的双抗夹心 ELISA 能对多种不同的血清型沙门氏菌展开检测, 方法敏感度及专属性都较高。Park 等[38]开发的双抗夹心 ELISA 方法检测婴儿配方奶粉中常出现的阪崎氏肠杆菌, 专一性非常强。Tu 等[39]开发的夹心 ELISA 方法能检测出利用巴氏杀菌的牛奶中存在的单增李斯特氏菌, 检出限为 1×10^4 CFU/mL。现阶段, 酶联免疫法检测食源性致病菌虽广泛应用于科研和检测机构, 但是必须解决的难题就是试剂盒的稳定性。

2.3.2　免疫荧光技术

免疫荧光技术是指用荧光色素标记抗体或抗原, 两者结合后, 就可以在显微镜下观察到特异的荧光反应, 借助荧光就可以清楚了解目标致病菌, 从而实现对致病菌的检测。免疫荧光微球和量子点是目前普遍使用的荧光色素。使用荧光色素标记抗体后可作为特异性免疫荧光探针, 其通过与致病菌结合复合物的荧光强度来检测实现致病菌的定量检测[40]。

张赛等[41]借助于免疫磁珠与荧光免疫层析技术相互作用可直接应用在单增李斯特氏菌检测，发现其专一性较强。Krizkova 等[42]借助荧光色素与免疫磁珠研发的可携带式小型设备，可以迅速检测出样本中的金黄色葡萄球菌。法国梅里埃公司研发出一种自动免疫分析仪，其原理是应用酶联免疫法，测蓝色荧光抗原(细菌、蛋白)的检测是应用一种夹心的技术，包被针上有抗体包被，所测得的荧光与标本中抗原的含量成正比。不仅能检测多种致病菌，还简化了传统酶联反应繁杂的流程，缩短了检测时间，操作也更为简便，可防止交叉污染，减少了部分误差[43]。

2.3.3 其他免疫技术

免疫胶体金是利用胶体金作为示踪标记物，再联合免疫层析技术展开对致病菌的检测。目前普遍是借助胶体金研发快速检测产品。刘菁等[44]借助醋酸纤维薄膜作为吸附介质联合胶体金技术研发了一种直接检测食品中肠出血性大肠杆菌的试纸条。张国祖等[45]借助免疫胶体金研发了一种检测试纸卡，可检测金黄色葡萄球菌。

免疫磁珠分离技术是利用特定致病菌的抗体偶联到磁珠微球上并通过抗原抗体反应形成磁珠，再利用外部磁场磁力的作用，将目标致病菌分离出来[46]。

免疫学技术具备特异性强、效率高、成本低、不需要大型设备等特点，但如果检验样本中有与目标致病菌相互竞争的其他物质存在时，常出现假阳性结果，这也是应用受到限制的原因。

2.4 生物传感器

生物传感器是一种便携、小巧的分析设备，具有分析速度快、可在线检测和简单易操作等优点。

2.4.1 电化学生物传感器

电化学生物传感器是通过监测生物传感器表面发生电流、电位、阻抗或电导的变化来定量目标分析物的浓度。

Zhang 等[47]开发了一种基于纳米间隙网络电化学生物传感器应用于快速检测大肠杆菌，结果表明该方法的检测时间较短。Abdalhai 等[48]研发了电化学核酸基因组生物传感器能对肉类中的金葡菌展开检测，通过循环伏安法和电化学阻抗谱对改性过程进行了表征，将夹层结构溶解在硝酸中以使其易于接近电极，并用差分脉冲伏安法在溶液中测量。这种基因传感器显示出了高灵敏度和快速响应，可应用于较多的食品基质中。

2.4.2 表面等离子体共振生物(surface plasmon resonance, SPR)传感器

SPR 生物传感器的基本原理是当光发生全反射时，形成的消逝波与介质表面等离子波发生共振，从而引起反射光强度的急剧减弱。这种光学现象会受到介质界面折射率的影响，将生物识别分子结合在金属表层，通过影响 SPR 现象来实现检测。

Chen 等[49]建立了一种基于纳米银-还原氧化石墨烯结合抗菌肽的 SPR 生物传感器用于检测水和果汁中大肠杆菌 O157:H7，此方式对培养液中大肠杆菌 O157:H7 的检测限为 5×10^2 CFU/mL，在加标(未污染的样品中加入特定浓度的细菌) 的水和果汁中大肠杆菌 O157:H7 的回收率为 80%~100%。

2.4.3 荧光生物传感器

荧光生物传感器是指通过具有荧光效应的材料“标记”被检测物体，并以荧光信号作为为检测信号。与其他传感器相比较，荧光生物传感器仪器简便且响应快，结合最新的纳米材料可以消除背景干扰，提高信噪比[50]。荧光生物传感适于检测低浓度的样品，在日常检测中一般以试剂盒和试纸条的形式存在。

Hu 等[51]开发了一种纳米荧光微球的双抗夹心模式用于快速检测大肠杆菌 O157:H7，在最优条件下该方法在 PBS 中的检测限低至 3 CFU/mL，且检测时间可在 1.5 h 内完成。Song 等[52]使用切刻酶和碳纳米颗粒基于荧光共振能量转移检测肠炎链球菌，添加目标细菌后，切口酶会识别并切割由探针与目标之间的相互作用所并发出荧光，测得生物传感器与肠炎沙门氏菌的浓度在水中的线性关系为 1×10^2~3×10^3 CFU/mL，在牛奶中为 1.5×10^2~3×10^3 CFU/mL，结果表明，此检测系统可广泛用于有效检测病原体。

2.4.4 其他生物传感器

表面增强拉曼散射生物传感器(surface-enhanced raman scattering, SERS)：拉曼光谱是指单色光照射在一些物质上时，光子与物质分子进行撞击，光在散射后频率改变而诱发的散射光谱，而 SERS 是指将物质分子附着在金属或纳米粒子表层时，拉曼信号加强的情况，SERS 与普通的拉曼散射相比敏感度更高，能够进行单分子检测[53]。

化学发光生物传感器是指在化学反应过程中，物质分子吸收化学能而产生光辐射的现象，由于能量是通过化学反应产生的，并且样品辐射不需要激发，所以可以避免光散射、光源不稳定和高背景等干扰[54]。

现阶段有关生物传感器的科学研究基本仅限于实验室，因其开发成本高还无法实现商业化，若要实现生物传感器技术检测的广泛应用还需要较长的时间。

3 新技术的展望

最近几年由于纳米技术的快速发展为应对此类难题提供了一个新的途径，纳米材料是一种新型材料，在食源性致病菌检测方面的应用还在初级阶段，有较大的研究空间。但纳米材料的制备方法还不成熟，产品质量不均，加工成本较高，且生产规模较小都是目前需要解决的问题，并且其与电化学技术、生物学技术及分子印迹技术相结合的应用在食品安全领域还不是很广泛，因此还需要结合食品中致病菌的性质及特点来开发出更多的快速、准确、特异性强的实时检测技术[55]。

4 结　论

在具体的食品检测过程中, 目前应用最普遍的仍然是传统的培养鉴定技术, 同时也采用某些快速检测方式。在快速检测技术中, PCR 技术是现阶段研究较深入、较为成熟的检测技术, 应用相对于其他技术来说也更为广泛, 该方法已经有对应的国标[56]。以后食源性致病菌的检测方法必然会朝着灵敏度高、特异性高、操作简便的方向发展。上述关于食源性致病菌检测研究进展, 对未来探索食源性致病菌检测方法具有很好的借鉴。

参考文献

[1] Prieto M, Colin P, Fernández-Escámez P, *et al*. Epidemiology, detection, and control of foodborne microbial pathogens [J]. Biomed Res Int, 2015, (2015): 1–2.

[2] 陆宇, 朱莉贞, 段连山, 等. mRNA 作为结核分枝杆菌活菌检测标志的可行性研究 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2003, 26(7): 419–422.
Lu Y, Zhu LZ, Duan LS, *et al*. Feasibility of mRNA as a liver detection marker of *Mycobacterium tuberculosis* [J]. Chin J Tuberc Respir Dis, 2003, 26(7): 419–422.

[3] 苏粉良, 李冰燕, 陈雨欣, 等. 食源性致病菌的检测技术研究进展[J]. 农产品加工, 2018, (4): 58–61.
Su FL, Li BY, Chen YX, *et al*. Research progress on detection techniques of foodborne pathogens [J]. Agric Prod Process, 2018, (4): 58–61.

[4] 凌超. 食源性致病菌检测分析技术的研究进展[J]. 食品安全导刊, 2019, (26): 22–23.
Ling C. Research progress on detection and analysis of foodborne pathogens [J]. Chin Food Saf Magaz, 2019, (26): 22–23.

[5] 关桦楠, 宋岩, 龚德状, 等. 基于电化学生物传感器检测食源性致病菌及其毒素的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(8): 206–211.
Guan HN, Song Y, Gong DZ, *et al*. Research progress in detection of foodborne pathogens and their toxins based on electrochemical biosensors [J]. Food Res Dev, 2019, 40(8): 206–211.

[6] 俞彩娥. 沙门菌和志贺菌通用增菌液增菌效果实验观察[J]. 预防医学情报志, 2006, 22(3): 369–370.
Yu CE. Experimental observation on the effect of *Salmonella* and *Shigella* [J]. J Prev Med Inform. 2006, 22(3): 369–370.

[7] 曾太红, 段丽栗, 唐俊妮, 等. 食品中单核细胞增生李斯特菌株的分离及聚合酶链式反应鉴定[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(5): 394–398.
Zeng TH, Duan LS, Tang JN, *et al*. Isolation of *Listeria monocytogenes* from food and identification of polymerase chain reaction [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(5): 394–398.

[8] Law JW, Ab MNS, Chan KG, *et al*. An insight into the isolation, enumeration, and molecular detection of *Listeria monocytogenes* in food [J]. Front Microbiol, 2015, (6): 1227–1241.

[9] 许一平, 陈福生. 一种能同时富集沙门菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的增菌培养基[J]. 微生物学通报, 2007, 34(2): 208–210.
Xu YP, Chen FS. Bacteria enrichment medium capable of simultaneously enriching *Salmonella*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* [J]. Bull Microbiol, 2007, 34(2): 208–210.

[10] Yu YG, Wu H, Liu YY, *et al*. A multipathogen selective enrichment broth for simultaneous growth of *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes* [J]. Can J Microbiol, 2010, 56(7): 585–597.

[11] Kim H, Bhunia AK. SEL, a selective enrichment broth for simultaneous growth of *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes* [J]. Appl Environ Microbiol, 2008, 74(15): 4853–4866.

[12] Xiao XL, Li YJ, Qin YY, *et al*. A multipathogen selective enrichment broth for simultaneous growth of *Salmonella spp*., *Vibrio parahaemolyticus*, and *Vibrio cholerae* [J]. J Gen Appl Microbiol, 2010, (56): 465–474.

[13] Chen J, Tang JN, Arun KB, *et al*. Development of a multipathogen enrichment broth for simultaneous growth of five common foodborne pathogens [J]. J Gen Appl Microbiol, 2015, 61(6): 224–231.

[14] Wei J, Zhou XM, Xing D, *et al*. Rapid and sensitive detection of *Vibrio parahaemolyticus* in sea foods by electro chemilumine scence polymerase chain reaction method [J]. Food Chem, 2010, (3): 852–858.

[15] 苑宁, 梁磊, 张蕴, 等. 环介导等温扩增技术快速检测牛肉中的大肠杆菌 O157[J]. 农产品加工, 2015, (18): 49–52.
Yuan N, Liang L, Zhang Y, *et al*. Rapid detection of *E. coli* O157 in beef by loop-mediated isothermal amplification [J]. Agric Prod Process, 2015, (18): 49–52.

[16] SjoLing A, Sadeghipoorjahromi L, Novak D, *et al*. Detection of major diarrheagenic bacterial pathogens by multiplex PCR panels [J]. Microbiol Res, 2015, (172): 34–40.

[17] Deekshit VK, Kumar BK, Rai P. Simultaneous detection of Salmonella pathogenicity island 2 and its ant biotic resistance genes from 147 seafood [J]. J Microbiol Method, 2013, 93(3): 233–238.

[18] Yang Y, Xu F, Xu H. Magnetic nano-beads based separation combined with propidium monoazide treatment and multiplex PCR assay for simultaneous detection of viable *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenesin* food products [J]. Food Microbiol, 2013, 32(2): 418–424.

[19] 唐廷廷, 韩国全, 王利娜, 等. 分子生物学技术在食源性致病菌检测中的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(9): 3497–3502.
Tang TT, Han GQ, Wang LN, *et al*. Research progress of molecular biology technology in detection of foodborne pathogens [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(9): 3497–3502.

[20] 张惟材. 生物实验室系列实时荧光定量 PCR[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
Zhang WC. Biology lab series real-time PCR [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013.

[21] 武鑫, 张宇霞, 史晗, 等. 致病性沙门菌 SYBR GreenI实时荧光定量 PCR 检测方法的建立[J]. 中国兽医科学, 2015, 45(3): 270.
Wu X, Zhang YX, Shi H, *et al*. Establishment of a real-time quantitative PCR detection method for pathogenic *Salmonella* SYBR greenI [J]. Chin Veter Sci, 2015, 45(3): 270.

[22] Cremonesi P, Pisani LF, Lecchi C, *et al*. Development of dividual TaqMan® real-time PCR assays for identifying common foodborne pathogens using a single set of amplification conditions [J]. Food Microbiol, 2014, (43): 35–40.

[23] Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, *et al*. Loopmediated isothermal amplification of DNA [J]. Nucleic Acids Res, 2000, 28(12): e63.

[24] 宋涛平, 邱华丽, 王淑娟, 等. 金黄色葡萄球菌LAMP可视化快速检测方法的建立[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 56–58.
Song TP, Qiu HL, Wang SJ, *et al*. Establishment of visual rapid detection

method for *Staphylococcus aureus* LAMP [J]. Food Mach, 2015, 31(5): 56–58.

[25] 胡惠秩, 满朝新, 董鑫悦, 等. PMA-LAMP 方法检测灭菌乳中金黄色葡萄球菌的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 300–308.
Hu HZ, Man ZX, Dong XY, *et al*. Study on detection of *Staphylococcus aureus* in sterilized milk by PMA-LAMP method [J]. Food Ind Technol, 2012, 33(21): 300–308.

[26] Oh SJ, Park BH, Jung JH, *et al*. Centrifugal loop-mediatedisothermal amplification microdevice for rapid, multiplex and colorimetric foodborne pathogen detection [J]. Biosens Bioelectron, 2016, (75): 293–300.

[27] Wang D, Wang Y, Xiao F, *et al*. A comparison of in-house real-time LAMP assays with a commercial assay for the detection of pathogenic bacteria [J]. Molecules, 2015, 20(6): 9487–9495.

[28] 梁玉林, 刘秀, 丁梦璇, 等. 环介导等温扩增技术在典型食源性致病菌检测中的应用进展[J]. 食品研究与开发, 2017, (18): 229–234.
Liang YL, Liu X, Ding MX, *et al*. Application progress of loop-mediated isothermal amplification in the detection of typical foodborne pathogens [J]. Food Res Dev, 2017, (18): 229–234.

[29] Zeng Y, Wan Y, Zhang D, *et al*. A novel magneto-DNA duplex probe for bacterial DNA detection based on exonuclease III-aided cycling amplification [J]. Talanta, 2015, (132): 59.

[30] Wu SM, Zhao X, Zhang ZL, *et al*. Quantum-dot-labeled DNA probes for fluorescence in situ hybridization(FISH) in the microorganism *Escherichia coli* [J]. Chemphyschemistry, 2006, 7(5): 1062–1067.

[31] Almeida C, Azevedo NF, Santos S, *et al*. Discriminating multispeciespo pulations in biofilms with peptide nucleic acid fluorescencein situ hybridization(PNA FISH) [J]. PLoS One, 2011, 6(3): e14786.

[32] Zadernowska A, Chajecka-Wierzhowska W , Klebukowska L. Vidas up-enzyme-linked fluorescent immunoassay based on recombinant phage protein and fluorescence in situ hybridization as alternative methods for detection of *Salmone llaentericaser* ovarsinmeat [J]. Foodborne Pathog Dis, 2014, 11(9): 747–752.

[33] Guo D, Liu B, Liu F, *et al*. Development of a DNA microarray for molecular identification of all 46 *Salmonella oserogroups* [J]. Appl Environ Microbiol, 2013, 79(11): 3392–3399.

[34] Gomes M, Vieira H, Vale FF. Characterization,validation and application of a DNA microarray for the detection of mandatory and other wateborne pathogens [J]. J Biochem, 2015, 158(5): 393–401.

[35] 高兴, 辛文文, 高姗, 等. 11 种(株)食源性细菌基因芯片检测方法的建立[J]. 生物技术通报, 2013, (12): 123–128.
Gao X, Xin WW, Gao S, *et al*. The establishment of 11 kinds of food-borne bacteria gene chip detection methods [J]. Biotechnol bull, 2013, (12): 123–128.

[36] Zhang H , Zhang Y , Lin Y , *et al*. Ultrasensitive detection and rapid identification of multiple foodborne pathogens with the naked eyes [J]. Biosens Bioelectron, 2015, (71): 186–193.

[37] Brooks BW, Lutze-Wallace CL, Devenishj. Comparison of an antigen-capture enzyme-linked immunosorbent assay with bacterial culture for detection of *Salmonella* in poultry-hatchery environmental samples [J]. Can J Veter Res, 2014, 78(1): 68–71.

[38] Park S, Shukla S, Kim Y, *et al*. Development of sandwich enzymelinked immunosorbent assay for the detection of *Cronobacter muytjensii*(formerly called *Enterobacter sakazakii*) [J]. Microbiol Immunol, 2012, 56(7): 472–479.

[39] Tu Z, Chen Q, Li Y, *et al*. Identification and characterization of species-specific nanobodies for the detection of *Listeria monoc togenes* in milk [J]. Anal Biochem, 2016, 15(493): 1–7.

[40] Qian J, Zhang C, Liu S. Versatile immunosensor using a quantumdot coated silica nanosphere as a label for signal amplification [J]. Anal Chem, 2010, 85(15): 6422–6429.

[41] 张赛, 何小维, 刘晓云, 等. 荧光免疫层析法结合免疫磁珠分离技术快速检测但增李斯特菌[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 229–234.
Zhang S, He XW, Liu XY, *et al*. Rapid detection of *Listeria monocytogenes* by fluorescence immunochromatography combined with immunomagnetic bead separation technology [J]. Mod Food Technol, 2014, 30(11): 229–234.

[42] Krizkova S, Nquyen HV, Stanisavljevic M. Microchip capillary electrophoresis:quantum dots and paramagnetic particles for bacteria immunoseparation:rapid superparamagnetic-beads-based automated immunoseparation of Zn-proteinsfrom *Staphylococcus aureus* with nanogram yield [J]. Method Mol Biol, 2015, (1274): 67–79.

[43] 陶凤蓉, 宣天芝, 张秀珍. 全自动荧光酶免疫分析仪检测沙眼衣原体临床应用评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2005, 15(7): 835–836
Tao FR, Xuan TZ, Zhang XZ. Evaluation of clinical application of automatic fluorescence enzyme immunoassay for detection of *Chlamydia trachomatis* [J]. Chin J Nosocomiol, 2005, 15(7): 835–836

[44] 刘菁, 刘程. 出血性大肠杆菌 O157:H7 免疫胶体金快速检测试纸条: 中国, CN103792362A[P]. 2014-5-14.
Liu J, Liu C. Hemorrhagic *E coli* O157: H7 Immunocolloidal Gold Rapid Test Strip: China, CN103792362A [P]. 2014-5-14.

[45] 张国祖, 王兴涛, 郭振环, 等. 金黄色葡萄球菌胶体金检测试纸卡及其制备方法: 中国, CN104820101A[P]. 2015-8-5.
Zhang GZ, Wang XT, Guo ZH, *et al*. *Staphylococcus aureus* colloidal gold test paper card and preparation method thereof: China, CN104820101A [P]. 2015-8-5.

[46] 尹琬婷, 严志明. 食源性致病菌快速检测技术研究进展[J]. 食品安全导刊, 2018, 215(24): 121.
Yin WT, Yan ZM. Research progress on rapid detection of foodborne pathogens [J]. Chin Food Saf Magz, 2018, 215(24): 121.

[47] Zhang JL, Wang JJ, Zhang XQ, *et al*. Rapid detection of, *Escherichia coli*, based on 16S rDNA nanogap network electrochemical biosensor [J]. Biosens Bioelectron, 2018, (118): 9–15.

[48] Abdalhai MH, fernandes AM, Bashari M. Rapid and sensitive detection of foodborne pathogenic bacteria (*Staphylococcus aureus*) using an electrochemical DNA genomic biosensor and its application in fresh beef [J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(52): 12659–12667.

[49] Chen Z, Haimin Z, Ming L, *et al*. Fiber optic surface plasmon resonance sensor for detection of, *E. coli*, O157:H7 based on antimicrobial peptides and AgNPs-rGO [J]. Biosens Bioelectron, 2018, (117): 347–353

[50] Bhardwaj N, Bhardwaj SK, Nayak MK, *et al*. Fluorescent nanobiosensors for the targeted detection of foodborne bacteria [J] Trends Anal Chem, 2017, (97): 120–135.

[51] Hu RR, Yu ZB, Zheng YB, *et al*. A novel biosensor for *Escherichia coli* O157:H7 based on fluorescein-releasable biolabels [J]. Biosens Bioelectron, 2016, (78): 31–36.

[52] Song Y, Li W, Duan Y, *et al*. Nicking enzyme-assisted biosensor for

Salmonella enteritidisdetection based on fluorescence resonance energy transfer [J]. Biosens Bioelectron, 2014, (55): 400–404.

[53] Rodriguez RD, Sheremet E, Nesterov M, *et al*. Aluminum and copper nanostructures for surface-enhanced Raman spectroscopy: a one-to-one comparison to silver and gold [J]. Sensor Actuat B: Chem, 2018, (262): 922–927.

[54] Hao LL, Gu HJ, Duan N, *et al*. An enhanced chemiluminescence resonance energy transfer aptasensor based on rolling circle amplification and WS_2 nanosheet for *Staphylococcus aureus* detection [J]. Anal Chim Acta, 2017, (959): 83–90.

[55] 王馨, 胡文忠, 陈晨, 等. 纳米材料在食源性致病菌检测中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(6): 243–247.
Wang X, Hu WZ, Chen C, *et al*. Application of nanomaterials in detection of foodborne pathogens [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(6): 243–247.

[56] 魏玲, 武会娟, 李宝明, 等. 4 种食源性致病菌污染情况及其新型检测技术研究进展[J]. 食品科学, 2011, 32(19): 302–306.
Wei L, Wu HJ, Li BM, *et al*. Research progress on four foodborne pathogens and their new detection technology [J]. Food Sci, 2011, 32 (19): 302–306.

(责任编辑: 李磅礴)

作者简介

钟丽琪, 硕士, 主要研究方向为食品科学与工程。
E-mail: 827024662@qq.com

曹　进, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: caojin@ nifdc.org.cn

“食物中毒检测与食品掺假”专题征稿函

食物中毒, 泛指所有因为进食了受污染食物、致病细菌、病毒, 又或被寄生虫、化学品或天然毒素(例如: 有毒蘑菇)感染了的食物。食物中毒可以分为以下四类, 即: 化学性食物中毒、细菌性食物中毒、霉菌毒素与霉变食品中毒、有毒动植物中毒。是一类经常发生的疾病, 会对人体健康和生命造成严重损害。

民以食为天, 保障食品健康安全是政府监管部门的职责, 国家已不断加强了对食品安全的监管力度, 但一些食品经营企业或个体以掺假、掺杂、伪造等手法达到非法牟利目的, 食品安全事故频频出现。

鉴于此, 本刊特别策划了“**食物中毒检测与食品掺假**”专题, 由**北京市疾病预防控制中心赵榕主任技师**担任专题主编, **北京市疾病预防控制中心范赛副研究员**担任专题副主编。本专题围绕(1)**食物中毒原因筛查、防控相关技术和检测方法等(细菌性、真菌毒素、动物毒素、植物毒素、化学性等);** (2)**无损检测在食品掺伪和品质鉴定中的应用;** (3)**食物掺假的应对策略、食品掺假管理;** (4)**基因组学、代谢组学、脂质组学、蛋白组学等食品组学方法在食品掺伪鉴别中的应用; 或者您认为本领域有意义的内容**展开讨论, 计划在 **2020 年 9~10 月**出版。之前也组织过类似的专题, 曾由中国检验检疫科学研究院副院长陈颖研究员、国家食品安全风险评估中心苗虹研究员分别担任专题主编, 成效很不错, 很多研究人员积极参与进来。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编吴永宁研究员、专题主编**赵榕主任技师**、专题副主编**范赛副研究员**特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可。以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 **2020 年 07 月 30 日**前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下邮件, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**食物中毒检测与食品掺假**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: **食物中毒检测与食品掺假**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **食物中毒检测与食品掺假**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部