

食品中食源性致病菌污染状况及其 监测技术研究进展

赵 静^{1,2}, 孙海娟³, 冯叙桥^{1,3,4*}

(1. 渤海大学食品科学研究院 辽宁省食品安全重点实验室, 锦州 121013;

2. 美国加州大学戴维斯分校环境毒理系, 戴维斯 95616;

3. 沈阳农业大学食品学院, 沈阳 110866;

4. 辽宁省食品质量与安全学会, 沈阳 110866)

摘 要: 食源性致病菌通常以食物为载体, 最终导致人体发生急性、慢性中毒, 给人体健康和生命安全带来威胁。本文简述了我国目前食品中食源性致病菌污染情况及其来源与危害, 并对食品中食源性病原菌检测技术及发展趋势进行了分析与展望, 以为食品中食源性致病菌的控制、监督和检测提供借鉴和参考。

关键词: 食源性致病菌; 食品; 污染; 检测; 展望

Advances on pollution of food-borne pathogens and its detection technology in food

ZHAO Jing^{1,2}, SUN Hai-Juan³, FENG Xu-Qiao^{1,3,4*}

(1. Food Science Research Institute of Bohai University, Food Safety Key Laboratory of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China;

2. Department of Environmental Toxicology, University of California-Davis, Davis 95616, USA;

3. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

4. Liaoning Province Society of Food Quality and Safety, Shenyang 110866, China)

ABSTRACT: Foods usually become the carrier of food-borne pathogenic bacteria into the body, and eventually lead to human acute or chronic poisoning with the threat to human health and life safety. Pollution of food-borne pathogens in food and its source and harmfulness were described in this paper, and the detection technologies for food-borne pathogens in food were presented and discussed in order to provide useful references to control, supervise and detect the pathogens in food.

KEY WORDS: food-borne pathogens; food; pollution; detection; prospection

基金项目: 渤海大学人才引进基金项目(BHU20120301)、国家外国专家局千人计划引智培育项目(2011年)、辽宁省食品质量与安全学会研究项目(LSFQS201101YJ001)

Fund: Supported by Bohai University Talent Introduction Foundation (BHU20120301), One Thousand People in the State Administration of Foreign Experts Affairs Plan Exchanging and Training Project (2011) and Institute of Food Quality and Safety in Liaoning Province Research Subject (LSFQS201101YJ001)

*通讯作者: 冯叙桥, 教授, 主要研究方向为果蔬质量与安全控制。E-mail: feng_xq@hotmail.com

*Corresponding author: FENG Xu-Qiao, Professor, Food Science Research Institute of Bohai University, No.19, Technology Road, Songshan District, Jinzhou 121013, China. Email: webmaster@bhu.edu.cn

1 引言

食源性致病菌是食物中毒和食源性疾病暴发的重要因素,是食品安全的重要风险隐患^[1]。据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)报道,全球每年发生腹泻病的病例数高达1.5亿,其中70%病例与各种致病性微生物污染的食品有关^[2]。我国的研究资料^[3]也显示,微生物是食源性疾病的主要病原,占46.4%。食品中的生物性污染无论在发达国家还是发展中国家都是影响食品安全的最主要原因^[4]。

食源性疾病是指通过摄食而进入人体的有毒有害物质(包括生物性病原体)等致病因子所造成的疾病。一般可分为感染性和中毒性,包括常见的食物中毒、肠道传染病、人畜共患传染病、寄生虫病以及化学性有毒有害物质所引起的疾病^[5]。食源性疾病的发病率居各类疾病总发病率的前列,是当前世界上最突出的卫生问题。常见的食源性病原体主要有沙门氏菌、副溶血性弧菌、金黄色葡萄球菌、肉毒梭菌、大肠杆菌、产气荚膜梭菌、猪囊尾蚴、旋毛虫和黄曲霉等^[6]。本文就食品中食源性致病菌的污染现状、来源及危害做一综述,以期对居民膳食提供参考,同时综述了食品中致病菌的检测技术现状和进展,以期对食品中食源性致病菌的控制、监督和检测提供借鉴。

2 食品中食源性致病菌污染现状

细菌性微生物是我国食源性疾病发生的主要病因,严重危及人们的健康,造成重大经济损失,成为目前较为突出的公共卫生问题之一。国家依据“食源性疾病的监控技术的研究”^[7]建立了全国食源性疾病监测网络,对食品中沙门菌、单核细胞增生李斯特菌、大肠埃希菌 O157:H7 等目前国际公认的食源性致病菌进行了监测和预警,以期有针对性地预防和控制食源性疾病的发生提供参考。

食源性致病菌是引起细菌性食物中毒的病原菌,不同食品中食源性致病菌种类有所不同,不同地区食源性致病菌分布也有所不同(表1)。在农产品中受食源性致病菌污染较为严重的是生禽畜肉类和水产品类样品,其中南平市、桂林市和安康市检测的食品样品食源性致病菌检出率较高,分别达到18.27%、17.52%和16.67%,而晋城市生禽畜肉类产品中蜡样芽孢杆菌的检出率高达30.19%。此外,熟肉制品和

米面制品也易受食源性病原菌的污染。研究表明,乳、肉制品中金黄色葡萄球菌,生肉类中沙门菌,水产品中副溶血性弧菌,肉制品和蔬菜中大肠杆菌是主要的食源性疾病。

3 食源性致病菌的来源及危害

我国2006至2010年共收到食源性疾病暴发事件报告2023起,发病62920人,死亡967人,微生物引起的食源性疾病暴发事件数占40.09%,患者数占61.92%;有毒动植物引起的疾病暴发事件占30.70%,患者数占17.64%;化学物质引起的暴发事件数占17.9%,患者数占9.90%,因而微生物病原菌是导致我国食源性疾病暴发的主要原因^[19]。食源性致病菌多达几十种,常见的有沙门氏菌、大肠杆菌、空肠弯曲杆菌、金黄色葡萄球菌、副溶血弧菌、小肠结肠炎耶尔森菌、志贺氏菌、阪崎肠杆菌、产气荚膜梭菌、奇异变形杆菌、蜡样芽孢杆菌、李斯特菌等^[20]。细菌诱发的食源性疾病的发生机制已经得到较好地阐释,详见表2。

某些致病菌如金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌及肠毒素型大肠埃希菌等是由于其在食品中产生的外毒素或内毒素而引发食源性疾病,而沙门菌和空肠弯曲菌可以在不引起细胞死亡条件下穿透胃肠道黏膜层,志贺氏菌和小肠结肠炎耶尔森菌则能侵入黏膜层进而引起细胞死亡(表2)。与肠道致病性大肠埃希菌相似,肠出血性大肠埃希菌 O157:H7 缺乏侵袭力,不产生肠毒素,主要通过对其上皮细胞的吸附和产生两种强有力的细胞毒素这两个过程来致病的^[22]。此外,某些致病菌的致病机制是交叉存在的,如大肠埃希菌属就存在几种不同的致病机制。

食源性致病菌对人体健康的影响主要是指微生物本身及其代谢过程、代谢产物对食品原料、加工过程和产品的污染,这种污染会对食品消费者的健康造成损害^[23]。在一般情况下,食源性致病菌常引起急性中毒,轻者多以急性胃肠炎症状出现,如呕吐、恶心、腹痛、腹泻、发烧等,经过治疗可以恢复健康。致病较重者可出现呼吸、神经等系统症状,抢救及时可转危为安。如贻误时机还可危及生命,有的急性中毒,虽经治疗,但仍给中毒者留下后遗症。此外,有些变质食品中的有毒物质含量少,或者由于本身毒性作用的特点,并不引起急性中毒,但长期食用,

表 1 我国各地区食品中食源性致病菌监测结果
Table 1 Detection results of food-borne pathogens in food among different areas in China

样品来源	检测结果	主要污染对象	参考文献
2006~2009 江苏省 13 个监测点 3865 份样品	共检出致病菌 490 株, 检出率 12.68%, 沙门菌、单增李斯特菌、金黄色葡萄球菌污染严重	生肉样品、生奶样品	王燕梅等 ^[8] , 2010
2007~2009 南平市 4 个监测点 208 份样品	总检出率 18.27%, 沙门菌和副溶血性弧菌检出率最高, 分别为 33.33%和 50%	生肉类、水产品类	吴春敏等 ^[9] , 2010
2008~2010 北京西城区 407 份样品	共分离出各类致病菌 15 株, 检出率 3.69%, 单增李斯特菌 9 株, 金黄色葡萄球菌 4 株	生禽肉类、散装熟制水产品	王敬辉等 ^[10] , 2011
2010 年丹东市 181 份食品样品	共检出 22 株食源性致病菌, 总检出率为 12.2%, 副溶血弧菌污染严重	水产品类	闫爱莉等 ^[11] , 2011
2010 年苏州市 272 份食品样品	检出致病菌 26 株, 金黄色葡萄球菌 14 株, 单增李斯特菌 6 株, 副溶血弧菌 4 株	熟肉制品、动物性水产品	邹文燕 ^[12] , 2011
2009~2010 北京市延庆县 250 件样品	检出致病菌 21 株, 单增李斯特菌 11 株, 金黄色葡萄球菌 5 株, 副溶血弧菌 5 株	鲜冻水产品、蔬菜沙拉	任淑敏 ^[13] , 2012
2010 年安康市 174 份食品样品	致病菌 29 株, 单增李斯特菌 12 株, 金黄色葡萄球菌 10 株, 沙门菌 5 株, 副溶血弧菌 2 株	熟肉制品、速冻熟制米面	杜冬冬等 ^[14] , 2012
2010 上海市 18 个监测点 105 份样品	副溶血性弧菌、单增李斯特菌和沙门菌检出率分别为 21.0%、19.8%、11.6%	剩饭、海产品、生禽畜肉	郑雷军等 ^[15] , 2012
2010~2012 晋城市 1259 份食品样品	检出食源性致病菌 5 种 192 种, 蜡样芽孢杆菌检出率高达 30.19%, 单增李斯特菌 5.32%	生禽畜肉、熟肉制品	郭树荣等 ^[16] , 2013
2011~2012 广西环江县 186 份样品	蜡样芽孢杆菌、阪崎肠杆菌和单增李斯特菌的检出率分别为 11.9%、3.1%和 2.9%,	婴幼儿食品、熟肉制品、熟制米面制品	吴正铜等 ^[17] , 2013
2008~2011 桂林市 331 份食品样品	致病菌 58 株, 检出率 17.52%, 副溶血弧菌和沙门菌污染严重	动物性水产品、生禽畜肉	秦田秀 ^[18] , 2013

表 2 食源性致病菌的致病机制^[21]
Table 2 Pathogenic mechanisms of food-borne pathogen

致病机制	致病菌
外毒素	金黄色葡萄球菌 (<i>Staphylococcus aureus</i>)
	蜡样芽孢杆菌 (<i>Bacillus cereus</i>)
	肉毒梭菌 (<i>Clostridium botulinum</i>)
胃肠道分泌内毒素	肠毒素型大肠埃希菌 (<i>Enterotoxigenic Escherichia coli</i> , ETEC)
	霍乱 O ₁ ,O ₁₃₉ (<i>Vibrio cholerae</i> O ₁ ,O ₁₃₉)
细胞穿透	空肠弯曲杆菌 (<i>Campylobacter jejuni</i>)
	沙门氏菌 (<i>Salmonella</i>)
细胞入侵	志贺氏菌 (<i>Shigella</i>)
	小肠结肠炎耶尔森菌 (<i>Yersinia enterocolitica</i>)
黏附和信号转导	肠道致病性大肠埃希菌 (<i>Enteropathogenic Escherichia coli</i>)
	肠出血性大肠埃希菌 O157:H7(<i>Enterohemorrhagic E. Coli</i> , EHEC)

往往可造成慢性中毒,甚至可以表现出致癌、致畸、致突变的作用。食用腐败变质、霉变食物除了可以引起急性中毒外,还具有极其严重的潜在危害。

4 食源性致病菌的检测技术

食源性致病菌的检测是卫生防疫部门工作的需要,同时也是食品生产企业进行产品质量控制的需求。现阶段国内外常用的食源性致病菌监测技术主要有传统生化鉴定法、免疫学检测技术、PCR技术等。

4.1 传统检测技术

食品中致病菌的常规培养检测方法是建立在微生物增菌、分离培养和生化鉴定基础上的一种常用分析方法^[24]。常规培养检测方法的第一步是通过前增菌和选择性增菌,让样品中待检测的致病菌修复并增加到培养法可检测的水平^[25],再将增菌液划线接种于选择性平板上进行致病菌的分离,在选择性平板上目的菌呈现典型菌落,而非目的菌或受抑制,或呈现非典型菌落,进而将致病菌分离出来,最后进行致病菌的生化鉴定^[26]。该方法由于操作简单、经济且准确性好而被广泛采用,但该方法检测时限长(最快也需要24 h以上),效率较低,灵敏度不高,且在判断是否为阳性时只靠实验人员肉眼观察,没有足够可靠的依据,因而降低了实验的准确性^[27]。

4.2 免疫学检测技术

近年来,食源性致病菌的免疫学检测技术飞速发展,由于胶体金免疫层析技术(colloidal gold immunochromatography assay, GICA)具有易操作、快速、检测谱广、成本低等优点因而在食品致病菌检测方面的应用越来越广泛。免疫胶体金技术是以胶体金作为示踪标志物应用于抗原抗体的一种新型的免疫标记技术^[28]。邵景东等^[29]利用GICA法研制出O₉群沙门菌胶体金检测试纸条,该试纸条对沙门菌O₉抗原的最小检出量为 4×10^5 cfu/条,对煮沸的沙门菌的最小检出量为 2×10^5 cfu/条。王中民等^[30]分别用抗沙门菌多价抗体和葡萄球菌A蛋白包被胶体金制备探针,采用免疫渗滤法可检出85%的引起食物中毒的沙门菌,灵敏度为 24×10^7 cfu/条,对最常见的鼠伤寒、猪霍乱和肠炎沙门菌的检出率达100%。

酶联免疫吸附试验(enzyme-linked immunoad-

sorbent assay, ELISA)是一种非放射性标记免疫分析技术,在20世纪70年代初由Engvall等^[31]在放射免疫分析的基础上建立起来的一种非均相的酶免疫检测技术。张艳红等^[32]利用单克隆抗体建立了一种竞争ELISA方法,与国标法相比灵敏度、特异性分别为94.4%和97.7%。杨静等^[33]利用2株单抗建立的直接ELISA方法对沙门菌属有高度的特异性,且对AF群代表菌株的最小检出量为10 cfu/L,显示出与国标法相比较的优势。

荧光酶标免疫分析(enzyme linked fluorescent immunoassay, ELFIA)是在ELISA的基础上发展起来的一种先进的现代食品微生物分析监测方法,该法操作简便,检测速度快,灵敏度高,而且无传染危险^[34]。ELFIA用于脱水蔬菜中沙门氏菌的检测,方法与禽肉制品、乳制品中沙门氏菌检测相近,结果同样较为准确可靠,检测时间也比常规培养方法大为缩短^[35]。此外,研究^[36]表明,ELFIA法检测金黄色葡萄球菌具有灵敏度高、特异性强、操作方便等优点,已逐步应用于食品卫生检测中。

4.3 PCR检测技术

聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)是1985年诞生的一项DNA体外扩增技术,目前在食品工程领域中致病微生物、转基因食品的检测等方面的应用也越来越受关注。杨百亮等^[37]通过条件优化建立了快速检测牛奶中单增李斯特菌的试剂盒,并在同年报道了以1对位于β-溶血素基因内的26 bp寡核苷酸为引物,用PCR对市售猪肉和牛奶中的单增李斯特菌的检测^[38]。此外,刘华伟等^[39]用PCR技术对各种不同血清型沙门氏菌和已知被该菌污染的鱼粉和动物产品的肉汤培养物进行了检测,结果显示,该方法特异性高,灵敏度好,检测快速,可在1d内完成。

PCR技术代表性方法Taqman荧光探针技术近年在食品中致病菌检测方面表现尤为突出。研究发现,刘渠等^[40]利用编码肠毒素基因*sea*建立的定量PCR体系,可检出最低45个拷贝的细菌DNA,特异性和重复性良好。苏裕心等^[41]利用金黄色葡萄球菌特异*nuc*基因设计引物和探针,以含*nuc*片段的线性质粒为模版,反应体系的灵敏度为5拷贝/μL,最低检测限为10 fg/μL。钟伟军等^[42]根据编码鼠伤寒沙门氏菌肠毒素*stn*基因建立了检测沙门氏菌的PCR方法,该

方法灵敏度可以达到4个/μL阳性质粒,在对已污染实际样品的检测中,将样品中初始含菌量调整为1 cfu/g,经12 h增菌后,即可得到阳性检测结果。此外,Taqman 荧光探针技术在铜绿假单胞菌^[43]及其他致病菌的检测方面也取得较好进展。

4.4 基因芯片检测技术

基因芯片技术是将各种基因寡核苷酸点样于芯片表面,微生物样品DNA经PCR扩增后制备荧光标记探针,再与芯片上寡核苷酸点杂交,最后通过扫描仪定量和分析荧光分布模式来确定检测样品是否存在某些特定微生物的检测技术^[44]。顾鸣等^[45]采用复合PCR方法扩增致病菌特异性DNA片段,结合基因芯片杂交技术鉴定不同的食源性致病菌,灵敏度达620 cfu/g,特异性高,基因芯片质量稳定。靳连群等^[46]利用基因芯片技术检测肠道中的致病菌,结果显示制备的基因芯片能够检测出沙门氏菌、志贺菌、葡萄球菌等,对于未知菌落利用基因芯片能够在3 h完成对未知菌属的鉴定。

5 食源性致病菌的预防及控制

食源性疾病的预防和控制是一项系统工程,应坚持预防为主、防治结合的原则。首先,食源性疾病是由摄食进入人体的各种致病因子引起的,通常具有感染性质或中毒性质的一类疾病,每个人都面临食源性疾病的风险^[47]。因而在日常生活中要选择安全食品,同时注意食品存放的条件及环境卫生等。

其次,食品生产企业要注重危害分析与关键控制点(hazard analysis and critical control point, HACCP)和良好生产规范(good manufacturing practice, GMP)系统的建立和推广应用。推广食品生产企业的GMP和HACCP管理,是保证工业化食品安全的重要措施,应将推广GMP和HACCP列为食品卫生监管工作的重点,加快推广进程^[48,49]。

此外,建立食源性疾病监测数据库,对食源性疾病的报告数据、主动监测数据、主动监测数、溯源监测数据和流行病学调查数据进行标准化管理,及时汇总并定期发布分析报告,达到疾病预警和资源共享的目的^[50]。目前,美国^[51]、澳大利亚^[52]和加拿大^[53]等国已经建立了食源性疾病监测系统,开展了食源性疾病监测工作。

6 结语与展望

综上所述,导致食源性疾病的致病菌主要有金黄色葡萄球菌、沙门菌、副溶血性弧菌和大肠杆菌等。因此要减少食源性致病菌对人体的危害,还要避免食品加工原料及配料的致病菌污染,严格控制食品生产过程中的环境卫生。同时,要建立食源性致病菌安全监管体系,强化对食品质量和环境安全的管理,还要建立完善的食源性疾病监测网络,对食源性疾病的报告数据、主动监测数据和流行病学调查数据等进行标准化管理,及时汇总并定期发布分析报告,达到疾病预警和资源共享的目的。

在我国的国家标准中食源性致病菌的快速检测方法仍然沿用传统的选择性增菌、生化鉴定等方法,耗时较长,且在基层检验和食品加工工厂检测中不能达到良好的时效性。因此,食源性疾病在基层检验中要普及较为快速、灵敏的方法,以提高致病菌检测的效率。同时,由于食品从原料来源、生产加工、贮藏运输直到餐桌的过程中,环节很多,稍有不慎就会引发致病菌的污染,因而要加强食源性致病菌的在线监测技术,快速准确地检测出食品生产不同加工过程中的致病菌,对食品致病菌污染起到有效的监控和预防作用。

此外,随着科学技术的发展,食源性致病菌检测技术也有了飞速发展。免疫学检测方法虽然能表现出良好的特异性、准确性和高效率等优点,但该方法一般需要提供数量较多的纯化细菌,且在待测物中含有目标菌的竞争性物质时,很可能出现假阳性,而PCR等分子学检测方法由于价格昂贵、基因测序的研究尚需完善等缺陷不利于推广。因此在不断发展新的检测技术的同时,综合现有的技术以得到更有效的检测方法是今后研究开发的重点。

参考文献

- [1] 袁宝君,戴月,符晓梅,等.江苏地区2008年~2009年食源性致病菌监测研究[J].江苏预防医学,2010,21(4):1-3.
Yuan BJ, Dai Y, Fu XM, et al. Surveillance on food-borne pathogens in Jiangsu province during 2008-2009 [J]. Jiangsu J Prev Med, 2010, 21(4): 1-3.
- [2] 张芳,马国柱,潘立,等.陕西省2002~2006年食源性致病菌污染状况[J].中国公共卫生,2008,24(2):222-224.
Zhang F, Ma GZ, Pan L, et al. Surveillance and analysis for food-borne pathogens in retailed foods in Shanxi province,

- 2002-2006 [J]. Chin J Public Health, 2008, 24(2): 222-224.
- [3] 炊慧霞, 张秀丽, 廖兴广, 等. 2007 年河南省食源性致病菌的监测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(1): 173-175.
- Cui HX, Zhang XL, Liao XG, *et al.* Monitoring and analysis for food-borne pathogens in Henan in 2007 [J]. Chin J Health Lab Technol, 2009, 19(1): 173-175.
- [4] Altekruze SF, Cohen ML, Swerklow DL, *et al.* Emerging food home diseases[J]. Emerg Infect Dis, 1997, 3(3): 285.
- [5] 陆长勇. 食源性致病菌多重 PCR 和基因芯片检测方法的建立[D]. 上海交通大学, 2009.
- Lu CY. Development of multiplex PCR and gene chip methods for detection of food-born pathogens [D]. Shanghai Jiao Tong University, 2009.
- [6] 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, 1(4): 182-188.
- Wang WH, Zhang XW, Zhou JB, *et al.* Research progress on fast detection methods of food-borne pathogenic microbe [J]. J Food Safe Qual, 2010, 1(4): 182-188.
- [7] 2006-2010 年全国乙型肝炎防治规划[S].
- The prevention of 2006-2008 national hepatitis virus [S].
- [8] 王燕梅, 乔昕, 袁宝君, 等. 2006-2009 年江苏省食品中食源性致病菌的监测分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2010, 22(5): 431-434.
- Wang YM, Qiao X, Yuan BJ, *et al.* Surveillance on food-borne pathogenic bacteria in foods in Jiangsu province between 2006 and 2009 [J]. Chin J Food Hyg, 2010, 22(5): 431-434.
- [9] 吴春敏, 陈萍, 周颖. 南平市 2007-2009 年食源性致病菌污染状况[J]. 中国自然医学杂志, 2010, 12(3): 164-166.
- Wu CM, Chen P, Zhou Y. A study of contamination of food-borne pathogens in food in Nanping city, 2007-2009 [J]. Chin J Nat Med, 2010, 12(3): 164-166.
- [10] 王敬辉, 宋超, 郭勇峰, 等. 2008-2010 年北京市西城区食品食源性致病菌监测结果[J]. 职业与健康, 2011, 27(17): 1967-1969.
- Wang JH, Song C, Guo YF, *et al.* Analysis on monitoring results of pathogens in food in Xicheng district of Beijing from 2008 to 2010 [J]. Occup Health, 2011, 27(17): 1967-1969.
- [11] 闫爱莉, 赵白雪, 刘丽, 等. 2010 年丹东市部分食品中食源性致病菌污染状况调查[J]. 实用预防医学, 2011, 18(10): 1894-1895.
- Yang AL, Zhao BX, Liu L, *et al.* Investigation on the status of contamination of food-bore pathogens in food in Dandong city in 2010 [J]. Pract Prev Med, 2011, 18(10): 1894-1895.
- [12] 邹文燕. 2010 年苏州市食品中食源性致病菌的监测分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(8): 2019-2021.
- Zou WY. Monitoring and analysis of food-borne pathogens in food of Suzhou city in 2010 [J]. Chin Journal Health Lab Technol, 2011, 21(8): 2019-2021.
- [13] 任淑敏. 2009~2010 年北京市延庆县食源性致病菌污染状况[J]. 首都公共卫生, 2012, 6(1): 36-38.
- Ren SM. Analysis of food-borne pathogen contamination during 2009-2010 in Yanqing county, Beijing [J]. Capital J Public Health, 2012, 6(1): 36-38.
- [14] 杜冬冬, 吴剑平, 李湘平, 等. 安康市 2010 年食源性致病菌污染监测与分析[J]. 中国卫生工程学, 2012, 11(5): 411-412, 414.
- Du DD, Wu JP, Li XP, *et al.* Analysis of food-borne pathogens in Ankang 2010[J]. Chin J of Public Health Eng, 2012, 11(5): 411-412, 414.
- [15] 郑雷军, 王颖, 彭少杰, 等. 2010 年上海市市售食品中食源性致病菌监测结果分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(3): 264-267.
- Zheng LJ, Wang Y, Peng SJ, *et al.* Analysis on monitoring data of pathogenic bacteria contamination in food from Shanghai markets in 2010 [J]. Chin J Food Hyg, 2012, 24(3): 264-267.
- [16] 郭树荣, 张岚, 吴双霞, 等. 2010-2012 年晋城市食品中食源性致病菌污染检测分析[J]. 长治医学院学报, 2013, 27(1): 19-21.
- Guo SR, Zhang L, Wu SX, *et al.* Results of monitoring food contamination with food-borne pathogenic in Jincheng in 2010-2012 [J]. J Changzhi Med Coll, 2013, 27(1): 19-21.
- [17] 吴正铜, 蒙俏俊, 谭壮志. 广西环江县 2011~2012 年食源性致病菌监测分析[J]. 中国热带医学, 2013, 13(4): 450-452.
- Wu ZT, Meng QJ, Tan ZZ. Monitoring and food-borne pathogens in Huangjiang county, Guangxi in 2011-2012 [J]. China Trop Med, 2013, 13(4): 450-452.
- [18] 秦田秀. 桂林市 2008-2011 年市售食品中食源性致病菌调查[J]. 中国热带医学, 2013, 13(4): 444-446.
- Qin TX. Survey of food-borne pathogenic bacteria contamination of commercial food in Guilin city in 2008-2011 [J]. China Trop Med April, 2013, 13(4): 444-446.
- [19] 庞璐, 张哲, 徐进. 2006-2010 年我国食源性疾病暴发简介[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(6): 560-563.
- Pang L, Zhang Z, Xu J. Surveillance of food-borne disease outbreaks in China in 2006-2010 [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(6): 560-563.
- [20] 杨平. 食品中 4 种致病微生物的多联 PCR 快速检测技术研究[D]. 重庆大学, 2007.
- Yang P. Study on the rapid detection of four food-borne pathogens in food by multiplex PCR [D]. Chongqing University, 2007.
- [21] 兰述, 徐红华, 李铁晶, 等. 几种食源性致病菌及其监控[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(11): 154-160.
- Lan S, Xu HH, Li TJ, *et al.* A few food-borne pathogens and their surveillance [J]. J Northeast Agr Univ, 2010, 41(11): 154-160.

- 154–160.
- [22] Schmidt H, Gentz C, Tarr PI, *et al.* Norr O₁₅₇H₇ pathogenic Shigatoxirr producing *Escherichia coli*: phenotypic and genetic profiling of virulence traits and evidence for clonality [J]. JID, 1999, 179(1): 115–123.
- [23] 许喜林, 郭祀远, 李琳. 食品生产中微生物危害的分析与控制[J]. 微生物学通报, 2002, 29(2): 67–71.
- Xu XL, Guo SY, Lin L. Analysis and control of microbiological hazards in food production [J]. Microbiology, 2002, 29(2): 67–71.
- [24] Velusamy V, Arshar K, Korostynsda O, *et al.* An overview of food-borne pathogen detection: in the perspective of biosensors [J]. Biotechnol Adv, 2009, 28(2): 232–254.
- [25] Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, *et al.* Food-borne illness acquired in the United-States-major pathogens [J]. Emerg Infect Dis, 2011, 17(1): 7–15.
- [26] 徐潇, 林兰, 崔生辉, 等. 食品中致病菌常用检测技术分析[J]. 中国药事, 2012, 26(2): 185–190.
- Xu X, Lin L, Cui SH, *et al.* The analysis of common food-borne pathogens detection [J]. Chin Pharm Aff, 2012, 26(2): 185–190.
- [27] 何洋, 周黎黎, 刘红露, 等. 基因芯片技术在食品致病菌检测中的应用[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(4): 92–94.
- He Y, Zhou LL, Liu HL, *et al.* Application of gene chip technology to detect pathogens in food [J]. J Microbiol, 2005, 25(4): 92–94.
- [28] 李薇. 食品微生物中致病菌监测技术浅谈[J]. 中国高新技术企业, 2010, (31): 25–36.
- Li W. Discussion on monitoring technique of food microorganism caused by bacteria [J]. China High-tech Enterprises, 2010, (31): 25–36.
- [29] 邵景东, 陈飞, 肖国平. O₉群沙门氏菌胶体金检测试剂盒的研制[J]. 检验检疫科学, 2005, 15(3): 30–32.
- Shan JD, Chen F, Xiao GP. Development of O₉ group *Salmonella* colloidal gold detection kit [J]. Inspect Quarant Sci, 2005, 15(3): 30–32.
- [30] 王中民, 李君文, 王新为, 等. 免疫金渗滤试验检测食品中沙门氏菌的研究[J]. 微生物学免疫学进展, 2001, 29(4): 45–47.
- Wang ZM, Li JW, Wang XW, *et al.* Study on detection *Salmonella* in food by IFA[J]. Progr Microbiol Immunol, 2001, 29(4): 45–47.
- [31] 黄韬睿, 李玉锋, 王鑫. PCR 和 ELISA 在食源性致病菌检测中的应用[J]. 现代农业科技, 2008, (9): 182–184.
- Huang TR, Li YF, Wang X. Application of PCR and ELISA in the detection of food-borne pathogens [J]. Mod Agr Sci Tec, 2008, (9): 182–184.
- [32] 张艳红, 杜元钊, 吴延功. 肠炎沙门氏菌快速检测方法的建立[J]. 中国动物检疫, 2002, 19(7): 25–28.
- Zhang YH, Du YZ, Wu YG. Establishment of a rapid method for the detection of *Salmonella enteritidis* [J]. Chin J Anim Quarant, 2002, 19(7): 25–28.
- [33] 杨静, 焦新安, 文其乙, 等. 沙门氏菌特异性单克隆抗体在快速检测中的应用[J]. 中国卫生检验杂志, 1997, 7(3): 136–139.
- Yang J, Jiao XA, Wen QY, *et al.* Application of monoclonal antibodies specific for *Salmonella* in rapid detection methods [J]. Chin J Health Lab Technol, 1997, 7(3): 136–139.
- [34] 田晓菊, 张宝善. 荧光酶标免疫分析在食品微生物检测中的应用[J]. 现代生物医学进展, 2006, 6(5): 47–48, 51.
- Tian XJ, Zhang BS. Application of enzyme-linked fluorescent immunoassay in microbiological detection of foods [J]. Progr Mod Biomed, 2006, 6(5): 47–48, 51.
- [35] 陈炜, 王德军, 马巧兰, 等. 脱水蔬菜中沙门氏菌不同检测方法的对比研究[J]. 宁夏农林科技, 2003, (1): 24–25.
- Chen W, Wang DJ, Ma QL, *et al.* A comparative study of different methods for detection of *Salmonella* in the dehydrated vegetable [J]. Ningxia J Agr For Sci Technol, 2003, (1): 24–25.
- [36] 王小红, 谢笔钧, 史贤明. 食品中金黄色葡萄球菌肠毒素检测方法的研究进展[J]. 山西食品工业, 2003, (3): 39–42.
- Wang XH, Xie BD, Shi XM. Research progress of *Staphylococcus aureus* enterotoxin detection method [J]. Shanxi Food Ind, 2003, (3): 39–42.
- [37] 杨百亮, 赵立平. 快速检测牛奶中单核细胞增多症李氏菌 PCR 试剂盒的研制[J]. 中国公共卫生, 1994, 10(7): 304–305.
- Yang BL, Zhao LP. Development of rapid detection of milk in monocytes hyperplasia *Listeria* PCR Kit [J]. Chin J Public Health, 1994, 10(7): 304–305.
- [38] 杨百亮, 周志江. 应用 PCR 检测单核细胞增多症李氏菌的研究[J]. 畜牧兽医学报, 1994, 25(4): 353–358.
- Yang BL, Zhou ZJ. Species-specific detection of *Listeria Monocytogenes* by using the polymerase chain reaction [J]. Chin J Anim Vet Sci 1994, 25(4): 353–358.
- [39] 刘华伟, 郭蔼光, 马立农, 等. PCR 技术在沙门氏菌快速检测中的应用[J]. 动物医学进展, 2004, 25(6): 55–58.
- Liu HW, Guo AG, Ma LN, *et al.* Application of PCR in the rapid detection of *salmanella*[J]. Progr Vet Med, 2004, 25(6): 55–58.
- [40] 刘渠, 廖玲玲, 徐亚军, 等. 荧光定量 PCR 检测金黄色葡萄球菌肠毒素 A 方法研究[J]. 中国卫生检疫杂志, 2010, (4): 788–789.
- Liu Q, Liao LL, Xu YJ, *et al.* Development of fluorescence quantitative PCR method for detection of enterotoxin A of *Staphylococcus aureus* [J]. Chin J Health Lab Technol, 2010, (4): 788–789.
- [41] 苏裕心, 高姗, 康琳, 等. 荧光定量 PCR 快速检测金黄色葡萄

- 球菌方法的建立[J]. 军事医学科学院院刊, 2010, 34(1): 25-29, 39.
- Su YX, Gao S, Kang L, *et al.* Establishment of real-time quantitative PCR-based methods for detection of *Staphylococcus aureus* in food [J]. Bull Acad Mil Med Sci, 2010, 34(1): 25-29, 39.
- [42] 钟伟军, 赵明秋, 邓中平, 等. 荧光定量 PCR 快速检测食品中沙门氏菌方法的建立及初步应用[J]. 中国预防兽医学报, 2008, 30(3): 220-224.
- Zhong WJ, Zhao MQ, Deng ZP, *et al.* Establishment and preliminary application of real-time PCR method for detection of *Salmonella* in food [J]. Chin J Prev Vet Med, 2008, 30(3): 220-224.
- [43] 伊璠, 蔡雪凤. Taqman 荧光探针技术在食源性致病菌检测中的应用[J]. 食品工业科技, 2013, (7): 374-377.
- Yi Y, Cai XF. Application of Taqman-based real-time PCR for detection genes of food-borne pathogens [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, (7): 374-377.
- [44] Jordan B. Large-scale expression measurement by hybridization method: from high-density membranes to DNACHIPS [J]. Jap Biochem Soc, 1998, (24): 215-218.
- [45] 顾鸣, 韩伟, 关嵘, 等. 常见食源性致病菌基因芯片鉴定技术[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15 (11): 1309-1312.
- Gu M, Han W, Guan R, *et al.* Agene chip method for identifying food-borne pathogenic microorganisms [J]. Chin J Health Lab Technol, 2005, 15 (11): 1309-1312.
- [46] 金大智, 文思远, 王升启. 基因芯片技术在检测肠道致病菌方面的应用[J]. 微生物学报, 2006, 46 (3): 500-503.
- Jin DZ, Wen SY, Wang SQ. DNA microarrays and their application in detecting and identifying intestinal pathogens[J]. Acta Microbiol Sin, 2006, 46 (3): 500-503.
- [47] WHO Food safety and food-borne illness [EB/OL] at <http://www.who.int/inf-fs/en/fact237.html>.
- [48] 张晨, 刘弘. 餐饮业的 HACCP 管理与食源性疾病预防[J]. 上海预防医学杂志, 2007, 19 (11): 558-560.
- Zhang C, Liu H. HACCP management with food-borne disease prevention of the catering industry [J]. Shanghai J Prev Med, 2007, 19 (11): 558-560.
- [49] 沈莹. 食源性疾病的现状与控制策略[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18 (10): 2178-2180.
- Shen Y. Present situation and the control strategy of food-borne disease[J]. Chin J Health Lab Technol, 2008, 18 (10): 2178-2180.
- [50] 彭楠, 李晓辉, 刘艳. 成都市 2004-2006 年食源性疾病现状及控制对策研究[J]. 职业卫生与病伤, 2007, 22 (2): 97-101.
- Peng R, Li X H, Liu Y. Current status of food-borne illnesses in Chengdu municipal in 2004-2006 and discussion of control strategy [J]. J Occup Health Damage, 2007, 22 (2): 97-101.
- [51] 曾红颖. 美国的食品安全项目 [EB/OL]. [2005-2008]. <http://www.tw128.com/server/shownews.asp?newsid=1843>.
- Zeng HY. The United States food safety project [EB/OL]. [2005-2008]. <http://www.tw128.com/server/shownews.asp?newsid=1843>.
- [52] 黄中夯, 李咏梅, 张立实. 国外食品安全控制与食源性疾病监控策略研究现状[J]. 国外医学卫生学分册, 2007, 34 (2): 116-119.
- Huang ZH, Li YM, Zhang LS. Research of food safety control and food-borne disease surveillance strategies in foreign countries [J]. Foreign Med Sci (Sect Hyg), 2007, 34 (2): 116-119.
- [53] Rocourt J, Moy G, Vierk K, *et al.* The present state of food-borne disease in OECD countries [R]. Geneva: WHO, 2003. <http://www.who.int/entity/food-safety/publications/food-borne-disease/oecd/en/index.html>.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



赵静, 博士, 研究员, 主要研究方向为环境毒理学。
E-mail: jjzhao@ucdavis.edu



冯叙桥, 博士, 教授, 主要研究方向为果蔬质量与安全控制。
E-mail: feng_xq@hotmail.com