

食品安全标准中微生物检验指标的问题分析及建议

苏 涛, 毛永杨*, 田金兰, 李智高

(大理州食品检验检测院, 大理 671000)

摘 要: 微生物源污染是食源性疾病爆发事件中最主要的原因, 科学设置食品安全标准体系中微生物指标及其限量对预防微生物源食源性疾病的爆发具有重要的意义。本文根据我国食品安全标准体系, 将现行有效的食品标准中微生物检验指标总结归纳为“卫生指标菌”“致病菌”“商业无菌”“病毒”“抗菌指标”5 个类别, 分析了标准体系中指标设置、限量值规定、方法更新和标准应用方面的问题与不足, 并提出了合理建议, 以期为国家食品安全标准体系的修订提供参考。

关键词: 食品安全标准; 微生物指标; 限量值

Analysis and suggestion on microbiological examination index in food safety standard

SU Tao, MAO Yong-Yang*, TIAN Jin-Lan, LI Zhi-Gao

(Dali Institute for Food Control, Dali 671000, China)

ABSTRACT: Microbial contamination is the main reason of food-borne disease outbreaks. Scientifically setting microbial indexes and their limits in food safety standard system is of great significance to prevent microbial origin food-borne disease outbreaks. According to China's food safety standard system, this paper summarized the microbial indexes in currently effective food standards into 5 categories: Hygiene index bacteria, pathogenic bacteria, commercial sterility, virus and antimicrobial index, analyzed the problems and deficiencies existed in index setting, limited value provision, method updating and standard application of standard system, and put forward reasonable suggestions, in order to provide reference for revision of national food safety standard system.

KEY WORDS: food safety standards; microbial index; limited value

1 引 言

食品中致病因素进入人体引起的感染性、中毒性等疾病, 包括食物中毒, 称为食源性疾病^[1,2], 是当前世界上最突出的卫生问题。据世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 2015 年发布的“全球食源性疾病负担的估算报告”统计, 2010 年发生了 6 亿例食源性疾病, 导致

42 万人死亡^[3]。Dewey-Mattia 等^[4]对 2009-2015 年美国的食源性疾病监测分析报告指出, 引发食源性疾病爆发事件最多的是细菌性因素(47%)和病毒性因素(46%)。罗海波等^[5]统计分析了 2004-2013 年我国的食物中毒事件, 指出微生物源食物中毒人数一直是最多的, 占历年总中毒人数的 58%~72%。因此, 微生物源污染是食源性疾病爆发事件中最主要的原因^[6,7]。

*通讯作者: 毛永杨, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全与质量检测。E-mail: maoyongyang@163.com

*Corresponding author: MAO Yong-Yang, Master, Engineer, Dali Institute for Food Control, East Longshan Road, Dali Economic Development Zone, Dali 671000, China. E-mail: maoyongyang@163.com

食品安全标准作为满足食品无毒、无害以及符合健康需求等要求制定并经公认机构批准,以供共同使用和重复使用的规范性文件^[8],主要包括了国家标准、行业标准、地方标准、企业标准等,是国家和社会各层次对食品卫生、质量和品质要求的标尺和干预食品不同毒害风险的措施。根据食品受到微生物污染的风险高低、致病微生物感染剂量和危害特征设置食品安全标准中微生物指标及其限量规定,能有效地主动干预微生物源食源性疾病爆发事件发生,确保人民群众舌尖上的安全。

本文归纳总结了我国现行食品安全标准体系中微生物检验指标类别和检验方法,分析了标准体系中指标设置、限量值规定、方法更新和标准应用方面的问题与不足,并提出了合理的建议,以期为国家食品安全标准体系的修订提供参考。

2 食品安全标准中微生物检验指标及其问题分析

我国食品安全标准中,各类食品中微生物限量呈现为菌落总数、大肠菌群、沙门氏菌、商业无菌等具体的指标限定,同时指明各项指标相应的检验方法依据。目前,国内现行的食品安全标准中微生物检验指标可归纳为卫生指标菌、致病菌、商业无菌、病毒、抗菌指标(微生物法)等几种类别^[9]。

2.1 微生物检验指标

2.1.1 卫生指标菌

菌落总数、大肠菌群、霉菌和酵母等通常作为食品受污染程度和食品卫生质量的指标菌^[10-12],采用定量检测后以数值大小判断产品卫生状况。其中,菌落总数指食品检样经过处理,在一定条件下(如培养基、培养温度和培养时间等)培养后,所得每 g(mL)检样中形成的微生物菌落总数^[13]。大肠菌群指在一定培养条件下能发酵乳糖、产酸产气的需氧和兼性厌氧革兰氏阴性无芽胞杆菌^[14]。指标菌的检验方法有平板计数法和 MPN(most probable number)法:(1)平板计数法,是将待测样品适当稀释之后,微生物分散成的单个细胞在平板上培养后生长繁殖形成肉眼可见的菌落,统计菌落数便可换算出样品中的含菌数。根据接种方式,平板计数法又衍生出涂布法和膜过滤法,可以防止严格好氧菌因被固定在琼脂中间缺乏氧气而影响生长^[15,16]。(2)MPN 法,是将待测样品经系列稀释并培养后,根据其未生长的最低稀释度与生长的最高稀释度,应用统计学概率论推算出待测样品中大肠菌群的最大可能数^[14]。

由于培养条件的限定,各项卫生指标菌检验所培养的细菌均为条件优势菌,并非所检验食品中各单位所含微生物的量。如菌落总数主要生长的是好氧微生物或者兼性厌氧微生物,而厌氧微生物生长受到抑制;在大肠菌群的检验中,乳糖分解能力弱或对乳糖不能分解的微生物可能

也属于大肠菌群,但因其为条件劣势菌而不能被检出^[17,18]。因此,在检验过程中存在漏检的情况,检验结果只能作为食品卫生质量的初步判断。

2.1.2 致病菌

食源性致病菌,如沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、蜡样芽胞杆菌、大肠埃希氏菌 O157:H7 等,是引发食源性疾病的主要原因^[19]。致病菌的检验方法分为定性检验和定量检验:(1)定性检验主要是进行生化阳性判定。一般流程是,将检样进行增菌处理,然后在选择性培养基上进行纯化分离,挑取可疑菌落进行生化、免疫反应或分子生物学鉴定,根据生化、免疫反应现象或分子生物学鉴定结果判定是否为阳性。在关键的鉴定阶段,可采用各类仪器如全自动生化鉴定仪^[20-22]、PCR 仪^[23]等代替传统繁杂的手工生化鉴定,提高效率和准确率。(2)定量检验方法有传统培养法^[24]、细胞计数法^[25,26]和实时荧光定量 PCR 法^[27]。传统培养法是对选择性培养基上生长的可疑和典型菌落进行计数,再对可疑和典型菌落阳性比例进行确认,根据阳性比例换算出样品中致病菌含量的方法,其中阳性比例的确认方式同定性检验流程;细胞计数法是将荧光染料、针对靶向病原的特异性多克隆抗体和细胞计数门控系统(cytometer gating logic)进行组合,直接对特异性致病菌单体进行计数的方法^[28];实时荧光定量 PCR 法是通过生物信息学、分子生物学等方法分析,遴选出各病原菌的特异性基因,建立基于 TaqMan 探针的几种多重 qPCR 方法^[29]。

致病菌的限量规定是对食品安全爆发事件主动干预的措施,不同食品的致病菌指标设置和限量值规定应在充分考虑致病菌污染风险、致病菌感染剂量及其危害特征,应用统计学和流行病学理论进行模型演化和风险控制论证之后再行制定。2013 年,在结合 2005-2011 年食源性疾病爆发事件分析、食品致病菌风险监测和风险评估结果的基础上,参考国际食品法典委员会(Codex Alimentarius Commission, CAC)食品微生物标准的制定和应用原则、联合国粮农组织/世界卫生组织食品微生物风险评估专家委员会评估报告、国际食品微生物标准委员会(International Commission on Microbiological Specifications for Foods, ICMSF)微生物危害及其潜在风险分析及分级采样方案后,我国制定了 GB29921-2013《食品安全国家标准 食品中致病菌限量》^[30]。该标准针对 11 类食品的 5 个致病菌指标做出了明确的限量要求。

2.1.3 商业无菌

食品经适度的热杀菌以后,不含致病性微生物,也不含在通常温度下能在其中繁殖的非致病性微生物,这种状态称为商业无菌^[31]。商业无菌的检验方法和流程主要包括产品外观观察和称重、保温试验、感官检验、pH 测定和涂片镜检,检验周期较长^[32]。一般的,罐头食品、调制乳、灭菌乳等以无菌生产工艺生产的食品均要求符合商业无

菌。随着食品安全体系的进一步规范和完善,未来会有越来越多的食品在无菌生产线上生产,商业无菌检验方法和流程也将更加细化和改进。

商业无菌没有规定所检验具体微生物种类及限量,但不等同于细菌学的绝对无菌概念。在一定程度上,商业无菌允许食品中残存某些微生物或芽孢,在其真空、酸性包装环境中处于休眠状态,且要求在通常的商品流通及贮藏过程中,这些残留微生物或芽孢不能生长繁殖,不会引起食品腐败变质或致病菌产生毒素而影响人体健康^[33]。因此,在应用商业无菌指标检验和判定食品卫生和安全时,应注意避免“无菌”概念的预设,对异常状态食品重点分析流通和贮藏过程中的问题,不宜轻易消极评价整批次食品。

2.1.4 病毒

食源性病毒,主要指胃肠感染性病毒,如诺如病毒、轮状病毒、星状病毒等,是部分国家和地区的主要食源性疾病病因。病毒无细胞结构,仅由衣壳蛋白和包被在衣壳蛋白内的核酸(DNA或RNA)两部分组成,缺乏完整的酶系统及能量转化系统,需寄生特定的宿主细胞并利用宿主细胞的代谢系统和生物合成功能才能繁殖^[34]。由于病毒的特殊结构条件和繁殖特性,不能用光学显微镜观察和普通培养基培养,无法进行生化鉴定,所以基本采用分子生物学方法鉴定。目前食源性病毒分子生物学检测方法通常包括3个步骤:病毒的浓缩和提取、病毒遗传物质的纯化和病毒核酸分子的检测^[35]。由于大多食源性病毒为RNA病毒,且RT-PCR方法因其应用性强、特异性好、较易操作等特点,因此大部分食源性病毒的检验采用了基于RT-PCR的方法^[36,37]。

食源性病毒与食源性致病菌的主要区别在于感染剂量极小,严格细胞内寄生,不能在水和食物中繁殖,对抗生素不敏感而对干扰素敏感^[38],并且病毒具有较强的抗逆性,传统的食品微生物抑制工艺如pH值、温度、水分活度的控制并不能很好地消除病毒^[39]。

生鲜食品是食源性病毒传播的最主要途径,特别是贝类,其滤食习性对水中的病毒具有大量和快速的富集特性,是病毒污染的高风险食品^[40]。相关研究显示,贝类食品中的诺如病毒检出率高达8.4%,多起食源性病毒爆发证实与生食牡蛎和血蛤等贝类有关^[41]。对于此类食品,监管部门和卫生部门应时常进行病毒监测,时刻预警病毒感染风险,引导人们养成熟食的饮食习惯。

2.1.5 抗菌指标(微生物法)

动物源性食品中抗生素残留、微生物源酶制剂的抗菌活性等指标可以统称为抗菌指标,检验方法有色谱分析法、免疫检测法和微生物抑制法等^[42]。微生物抑制法检验程序为,将含待测试样的纸片置于铺有均匀菌液的检测平板上,培养后测定抑菌圈直径,与阴性对照和阳性对照对比后判定是否有抑制反应,从而推断检样中的抗生素残留

量^[43,44]。另一种方法是,将菌种接种入检样中进行恒温培养,通过代谢底物或pH指示剂的颜色变化,对比阴性对照和阳性对照,推断微生物菌种是否活跃代谢,进而判断检样中抗生素含量是否高出检出限^[45]。

在养殖过程中对禽畜过量应用各种抗生素兽药,容易使抗生素药物在动物体内蓄积,导致肉、蛋、乳、鱼等动物源性食品中抗生素残留。人食用含有抗生素残留的肉、蛋、乳、鱼等动物性食品后,一般不表现急性毒理作用。但若长时间摄入,会造成抗生素在体内蓄积,引起各种组织器官病变、甚至癌变^[46]。因此,国家对动物源性食品抗生素残留进行安全限量^[47]并对其进行监控。

大部分食品用酶制剂是由微生物产生的,生产酶制剂的微生物菌种一般情况下是无害的,但相同菌种中某些菌株在长期筛选过程中会发生非产毒菌株自发性突变或基因漂移变为产毒株,导致菌株在产生大量目的化合物的同时,也产生一些有毒代谢产物或有抗菌活性的生物活性物质。为确保微生物源酶制剂的稳定性和安全性,世界各国都要求其不得含有抗菌活性^[48]。我国也规定微生物源酶制剂中不得检出抗菌活性物质^[49]。

2.2 微生物检验指标问题分析

食品安全标准体系中,产品标准中一般都含微生物检验指标规定,其指标的设定和限量值的规定是基于其受到各种微生物源污染的风险评估和流行病学感染剂量的研究,反应了公众、社会和监管部门对其卫生、质量和品质的基本要求。目前,从国家标准、行业标准、地方标准、企业标准4个层次对食品的规范化要求进行覆盖,基本能够杜绝大多数食品高风险污染因子漏检而流入市场情况发生,但在推广使用中也有着诸多不足。

2.2.1 指标设置问题

食品安全标准体系中,国家标准和行业标准中规定了各项微生物检验指标(包括病毒)检验方法,而大部分指标并未设置到产品标准中作为常规的检验项目,主要是因为我国食品安全风险评估工作起步较晚,缺乏对不同类别食品的污染高风险致病微生物的系统科学的风险评估数据^[50],出于经济高效原则,不可能将大量指标随意纳入产品质量和卫生要求。部分食品的产品标准中微生物指标的制定参考了国外相关标准或评估资料,纳入了常见的食品卫生指标菌和致病菌指标,但某些污染高风险致病微生物并未在对应食品的产品标准中进行限量规定,如米、面和豆类食品的污染高风险致病微生物蜡样芽孢杆菌未在其产品标准中规定限量;此外,食品标准中微生物检验指标并未涉及病毒,而美国食源性疾病暴发监测系统(food-borne disease outbreak surveillance system, FDOSS)2016年食源性疾病监督报告提出,病原体与食物组合中引起食源性疾病爆发次数最多微生物源是诺如病毒,其次才是沙门氏菌^[51]。病毒污染风险可谓不得忽视,应在其污染高风险对应的食品中

进行指标设置和限量规定。

2.2.2 限量值规定与检验方法衔接问题

在食品微生物检验指标限量中,有些检验指标的限量规定和其标准检验方法的规定衔接不畅,给检验工作带来技术风险。如 GB 14963-2011《食品安全国家标准 蜂蜜》^[52]中,嗜渗酵母计数限量值为“ ≤ 200 CFU/g”,其附录规定的检验方法中,每个稀释度接种量为 0.1 mL。结果报告公式为:菌落总数/(0.1 mL 稀释度),最低稀释度为 10^{-1} ,故 10^{-1} 级平板有 3 CFU 生长就能报告结果为 300 CFU/g 而不合格,与此法的菌落计数规则“选择菌落数量在 15~150 之间的平板,计数菌落数量”不相符合。

此外,部分检验指标的限量规定是结合二级采样方案的限量值“ n, c, m ”表示的^[53],GB 29921-2013《食品安全国家标准 食品中致病菌》^[54]标准中沙门氏菌、单核细胞增生李斯特氏菌和大肠埃希氏菌 O157:H7 指标要求二级采样方案的“ n, c, m ”限量,均为“ $n=5, c=0, m=0$ ”。即在被检的 5 份样品中,不允许任一样品检出,对应检验方法为定性检验方法^[30]。在检验过程中,对微生物限量为“ $n=5, c=0, m=0$ ”的检验结果报告上就容易产生歧义,因为 m 代表所检验指标的最高安全限量值,“ $m=0$ ”严格意义上是一种定量表示。而定性检验方法标准中规定的结果报告方式均为“符合”“不符合”“检出”“未检出”“阳性”“阴性”等,并无结果为 0 的报告方式。所以在检验结果报送时存在分歧,合格样品若贴合限量规定应报告“5 个‘0’”;若遵从检验方法规定时应报告“5 个‘未检出’”。这给检验工作带来较大的技术风险。

2.2.3 标准应用问题

微生物检验方法更新速度快,2000 年后,我国食品安全标准体系中微生物检验方法就已经历了 2003 版、2008 版、2010 版、2016 版 4 个版本的更新,且后版对前版基本上是替代关系。然而,食品的产品标准繁多,可从企业标准、地方标准、行业标准、国家标准各层次制定来规范生产和进行监管。常见食品如糕点在多个层次均可找到其归属分类,在国家标准局中就有强制性和推荐性 2 个产品标准可归属。

在同一时间,各层次各类食品产品标准设置的检验指标及限量规定可能差别很大。甚至有的现行产品标准已十余年未更新,其卫生要求中微生物检验指标限量值和检验方法规定仍为 2003 版国家标准检验方法,如 GB/T 22474-2008《果酱》^[55]和某些地方标准和企业标准。这也导致了 GB 4789 微生物检验方法系列中,陈旧的检验方法 GB 4789.3-2003《食品卫生微生物学检验 大肠菌群测定》^[56]一直沿用至今不被完全替代。

此外,由于食品分类不明晰,很多常见食品和新式食品(如辣条)也存在产品执行标准引用混乱问题,给检验机构和监管机构增加了工作难度。

3 建议

3.1 统一食品分类框架体系

我国当前的食品安全国家标准体系尚未形成统一的食品分类,不同层次产品标准难以衔接和沟通,很多常见食品和新式食品归属混乱,如“含乳饮料”和“蛋白饮料”“挤压糕点”和“面筋制品”,这也给检验工作和监管工作带来难度。建议将食品分类框架体系在标准制定的顶层设计上进行统一,根据食品原配料、生产工艺、食品特性进行科学分类和界定,规范产品标准的术语名词,明确食品分类界限,细化食品分类说明。同时关注和界定新式食品和地方特有食品,科学合理制定产品标准和设置检验指标。

3.2 更新食品产品标准

我国食品安全标准微生物检验方法标准基本五年更新一次,而某些食品的产品标准更新却落后很多,其卫生限量规定指定运用相应版次的检验方法,导致一些检验指标的老旧低效的检验方法一直沿用至今,造成检验和监管资源浪费和工作艰难。建议定期审查各级各类食品产品标准,根据各类食品风险评估数据和流行病学感染剂量研究,合理设置微生物检验指标、限量值和对应检验方法,加强限量规定和检验方法之间的呼应。

3.3 加强食品安全风险监测和评估工作

我国食品安全风险评估工作起步较晚,缺乏系统科学的微生物风险评估数据^[57-59],从而无法科学合理设置特定食品类别的更广泛地致病微生物限量指标。建议关注国际和地方食品交流情况,收集国内外食源性疾病预防报告数据,对我国各类食品的微生物污染风险进行系统科学地预判和评估,启动“食品-致病微生物”组合的风险评估项目,尽早将各类食品的污染高风险微生物指标纳入国家食品安全标准体系。

3.4 应用新技术新方法

随着研究不断深入,越来越多的检验技术和方法已应用到食品微生物检验中,生理生化技术、分子学、免疫学、质谱技术、生物传感器技术及指纹图谱技术等将成为食品微生物检验的强有力手段^[60,61]。国际国内食品交流速度加快,从食品安全监管和食源性疾病预防爆发应急处理角度来说,食品微生物快速检验技术需要得到应用和发展^[62,63]。建议积极应用新技术新方法,将经济、快捷、可靠的微生物检验方法通过下级标准或推荐性标准等方式逐步更新和应用。

4 结语

近年来,国际食品交流不断深入,食品安全标准体系已成为各国进出口食品质量与安全的重要评价依据。加强食品风险监测和评估工作,更新标准检验技术方法,同时

紧跟国际食品质量与安全要求,对食品安全标准中微生物指标、限量规定及检验方法进行科学合理的制定,加强食品安全标准的针对性和应用性,主动干预微生物源食源性疾病事件的发生。同时避免食品进出口中的贸易壁垒。

参考文献

- [1] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国食品安全法[Z]. 2015. Standing Committee of the National People's Congress. Food Safety Law of the People's Republic of China [Z]. 2015.
- [2] 李明刚. 中华人民共和国食品安全法解读[M]. 北京: 中国法制出版社, 2015.
Li MG. Interpretation of the food safety law of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Legal Publishing House, 2015.
- [3] WHO. Estimates of the global burden of food-borne diseases [EB/OL]. [2015].
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/200046/WHO_FOS_15.0_2_eng.pdf.
- [4] Dewey-Mattia D, Manikonda K, Hall AJ, et al. Surveillance for food-borne disease outbreaks-United States, 2009-2015 [R]. MMWR Surveill Summ, 2018, 67(10): 1-11.
- [5] 罗海波, 何来英, 叶伟杰, 等. 2004-2013年中国大陆食物中毒情况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(1): 45-49.
Lou HB, He LY, Ye WJ, et al. Analysis of the food poisoning in China from 2004 to 2013 [J]. Chin J Food Hyg, 2015, 27(1): 45-49.
- [6] 包丽娟. 国内外微生物源食源性疾病监测及其防控进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2990-2994.
Bao LJ. Surveillance, prevention and control progress of microbial food-borne diseases at home and abroad [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(7): 2990-2994.
- [7] Wu Y, Chen Y. Food safety in China [J]. J Epidemiol Comm Health, 2013, 67(6): 478-479.
- [8] 徐子涵, 徐加卫, 郑世来, 等. 浅析我国的食品安全标准体系[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 269-272.
Xu ZH, Xu JW, Zheng SL, et al. The analysis of China's food safety standard system [J]. Food Ind, 2016, 37(1): 269-272.
- [9] 唐秋霞. 关于食品微生物检验方法及质量控制的探讨[J]. 现代食品, 2018, (4): 119-120, 123.
Tang QX. Discussion on the inspection methods and quality control of food microorganisms [J]. Mod Food, 2018, (4): 119-120, 123.
- [10] 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. The inspection items and technique of microorganism in food [J]. Sci Technol Cereals Oils Foods, 2010, 18(3): 40-43.
- [11] 张毅. 关于食品微生物检验的方法分析[J]. 中外食品工业, 2014, (4): 56.
Zhang Y. Analysis on the method of food microorganism testing [J]. Sino-Foreign Food Ind, 2014, (4): 56.
- [12] 王雯雯. 食品微生物检验方法问题探讨[J]. 食品安全导刊, 2016, (29): 27.
Wang WW. Probe into the method of food microorganism testing [J]. China Food Saf Magaz, 2016, (29): 27.
- [13] GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Aerobic plate count [S].
- [14] GB 4789.3-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群测定[S].
GB 4789.3-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Coliform group [S].
- [15] 裴晓燕, 刘秀梅. 食源性致病菌定量检测方法研究进展[J]. 环境卫生学杂志, 2004, 31(5): 257-264.
Pei XY, Liu XM. Advances in quantitative detection of food-borne pathogens [J]. J Environ Hyg, 2004, 31(5): 257-264.
- [16] 徐维昌, 陈波, 杨永春, 等. 平板涂布法在酱油菌落总数检验中的应用研究[J]. 食品安全导刊, 2017, (12): 115.
Xu WC, Chen B, Yang YC, et al. Study on the application of plate coating method in the detection of total colony in soy sauce [J]. China Food Saf Magaz, 2017, (12): 115.
- [17] 董爱凤, 李振伟. 食品微生物检验方法问题探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(9): 2332.
Dong AF, Li ZW. Probe into the method of food microorganism testing [J]. Chin J Health Lab Technol, 2011, 21(9): 2332.
- [18] 张代真. 食品微生物检验方法问题探讨[J]. 中国社区医师(医学专业), 2011, 13(23): 325-326.
Zhang DZ. Probe into the method of food microorganism testing [J]. Chin Comm Doc (Med Spec), 2011, 13(23): 325-326.
- [19] 徐伟兵, 叶石兴, 李伟旗. 2017年惠州市惠阳区重点品种食品安全状况监测分析[J]. 中国医药科学, 2018, 8(7): 135-137, 200.
Xu WB, Ye SX, Li WQ. Monitoring and analysis of food safety situation of key varieties in Huiyang district of Huizhou in 2017 [J]. China Med Pharm, 2018, 8(7): 135-137, 200.
- [20] GB 4789.4-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验[S].
GB 4789.4-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Salmonella [S].
- [21] GB 4789.30-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 单核细胞增生李斯特氏菌检验[S].
GB 4789.30-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Listeria monocytogenes [S].
- [22] GB 4789.40-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 克罗诺杆菌属(阪崎肠杆菌)检验[S].
GB 4789.40-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Cronobacter spp. (Enterobacter sakazakii) [S].
- [23] GB 4789.6-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 致泻大肠埃希氏菌检验[S].
GB 4789.6-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Diarrheogenic Escherichia coli [S].
- [24] GB 4789.10-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验[S].
GB 4789.10-2016 National food safety standard-Food microbiological examination-Staphylococcus aureus [S].
- [25] 焦振泉, 郭云昌, 裴晓燕, 等. 食源性致病菌检测方法研究进展-I.传统检测方法[J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(1): 58-62.
Jiao ZQ, Guo YC, Pei XY, et al. Current progress in methods for detection of food-borne pathogens part I: Traditional detection methods [J]. Chin J Food Hyg, 2007, 19(1): 58-62.
- [26] 梅仕良, 姜凯, 张娜娜, 等. 流式细胞仪检测技术在食源性致病菌检测中的应用[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2017, 46(5): 757-761.
Mei SL, Jiang K, Zhang NN, et al. Application of flow cytometry technique in detection of food-borne pathogens [J]. J Shanghai Norm Univ

- (Nat Sci Ed), 2017, 46(5): 757-761.
- [27] 吕艳芳, 马春颖, 励建荣. 实时荧光定量 PCR 技术在食源性致病菌检测中的应用[J]. 食品与发酵科技, 2014, (2): 80-84.
Lv YF, Ma CY, Li JR. Application of real-time fluorescent quantitative PCR for the detection of food-borne pathogenic bacteria [J]. Food Ferment Technol, 2014, (2): 80-84.
- [28] 刘军. 食源性致病菌定量检测技术研究近况[J]. 中国卫生检验杂志, 2016, 26(2): 302-304.
Liu J. Recent research on quantitative detection of food-borne pathogens [J]. Chin J Health Lab Technol, 2016, 26(2): 302-304.
- [29] 苏裕心. 几种食源性致病菌荧光定量 PCR 检测方法的建立[D]. 广州: 南方医科大学, 2010.
Su YX. Development of real-time quantitative PCR method for detection of several food-borne pathogens [D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2010.
- [30] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 《食品中致病菌限量》(GB 29921—2013)问答[EB/OL]. [2014-03-06]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3594/201403/db2dc26b9938424cb8ecc52463a90792.shtml>.
National Health Commission of the People's Republic of China. Question and Answer on "Limitation of Pathogenic Bacteria in Food" (GB 29921-2013) [EB/OL]. [2014-03-06]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3594/201403/db2dc26b9938424cb8ecc52463a90792.shtml>.
- [31] 薛亚珊. 食品微生物检验中罐头食品商业无菌的检验[J]. 宁夏农林科技, 2013, 54(12): 149-150.
Xue YS. Commercial sterility test of canned food in food microbiology testing [J]. Ningxia J Agric Forest Sci Technol, 2013, 54(12): 149-150.
- [32] GB 4789.26-2013 食品微生物学检验 商业无菌检验[S].
GB 4789.26-2013 Food microbiological examination-Commercial sterilization [S].
- [33] 郑雄. 《罐头食品商业无菌的检验》标准的特征及其意义[J]. 食品工业, 2012, 33(9): 137-139.
Zheng X. The Examination of commercial sterilization of canned food standard feature and its significance [J]. Food Ind, 2012, 33(9): 137-139.
- [34] 韩丽丽, 贺纪正. 病毒生态学进展[J]. 生态学报, 2016, 36(16): 4988-4996.
Han LL, He JZ. Advances in viral ecology research [J]. Acta Ecol Sin, 2016, 36(16): 4988-4996.
- [35] 廖宁波, 李静, 孙亮, 等. 食品中病毒提取与检测方法研究进展[J]. 中国公共卫生, 2017, 33(12): 1792-1797.
Liao NB, Li J, Sun L, et al. Research progress in extraction and detection of food-borne viruses from food samples [J]. Chin J Public Health, 2017, 33(12): 1792-1797.
- [36] SN/T 2518-2010 贝类食品中食源性病毒检测方法 纳米磁珠-基因芯片法[S].
SN/T 2518-2010 Detection of food-borne viruses in shellfish-MNP-Gene chip method [S].
- [37] Li Y, Zhang C, Xing D. Fast identification of food-borne pathogenic viruses using continuous-flow reverse transcription-PCR with fluorescence detection [J]. Microfluid Nanofluid, 2011, 10(2): 367-380.
- [38] 张吉, 张鹏, 黄振. 食源性病毒及其防控[J]. 农业工程, 2017, 7(5): 79-82.
Zhang J, Zhang P, Huang Z. Prevention and control of food-borne virus [J]. Agric Eng, 2017, 7(5): 79-82.
- [39] 孙月娥, 孙远. 食源性病毒及其预防与控制[J]. 食品科学, 2010, 31(21): 405-408.
Sun YE, Sun Y. Prevention and control of food-borne viruses [J]. Food Sci, 2010, 31(21): 405-408.
- [40] 刘丽娟, 任利华, 姜芳, 等. 海水双壳贝类微生物安全风险研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2015, 5(2): 42-48.
Liu LJ, Ren LH, Jiang F, et al. Progress on the risk assessment of microorganism in marine bivalves [J]. Chin Fish Qual Stand, 2015, 5(2): 42-48.
- [41] 骆海朋, 高飞, 于海瑶, 等. 北京市市售贝类、蔬菜、浆果、即食海产品中诸如病毒污染状况检测及检测方法探析[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(2): 218-222.
Luo HP, Gao F, Yu HY, et al. Survey on the contamination of Norovirus in shellfish, vegetable, fruit and ready-to-eat seafood from markets in Beijing [J]. Chin J Food Hyg, 2017, 29(2): 218-222.
- [42] 李周敏, 孙艳艳, 姚开安, 等. 动物源性食品中抗生素残留检测前处理及其分析方法研究进展[J]. 药物分析杂志, 2013, (6): 901-906.
Li ZM, Sun YY, Yao KA, et al. Progress of pretreatment and analytical methods for antibiotic residues in animal derived food [J]. Chin J Pharm Anal, 2013, (6): 901-906.
- [43] SN/T 2423-2010 动物源性食品中甲砒霉素和氟甲砒霉素药物残留检测方法 微生物抑制法[S].
SN/T 2423-2010 Detection of thiamphenicol and florfenicol residues in animal derived food-Microbial inhibition method [S].
- [44] SN/T 1777.3-2008 进出口动物源食品中大环内酯类抗生素残留检测方法 微生物抑制法[S].
SN/T 1777.3-2008 Detection of macrolide residues in animal-origin food-Part 3: Microbial inhibition method [S].
- [45] GB/T 4789.27-2008 食品卫生微生物学检验 鲜乳中抗生素残留检验[S].
GB/T 4789.27-2008 Microbiological determination of food sanitary-Antibiotic residue in fresh milk [S].
- [46] 张远, 王永强, 高世君, 等. 动物性食品中抗生素残留的危害及防控[J]. 广西农业科学, 2006, 37(1): 97-99.
Zhang Y, Wang YQ, Gao SJ, et al. Harm and control of antibiotic residues in animal-derived food [J]. Guangxi Agric Sci, 2006, 37(1): 97-99.
- [47] 中华人民共和国农业部. 动物性食品中兽药最高残留限量[EB/OL]. [2002-12-24]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/gg/200302/t20030226_59300.htm.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Maximum residue limit of veterinary drugs in animal foods [EB/OL]. [2002-12-24]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/gg/200302/t20030226_59300.htm.
- [48] 韩小敏, 李玉伟, 张宏元, 等. 微生物源酶制剂抗菌活性测定方法研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, (6): 515-519.
Han XM, Li YW, Zhang HY, et al. Study on detection of antimicrobial activity of enzyme preparations derived from microorganisms [J]. Chin J Food Hyg, 2013, (6): 515-519.
- [49] GB 1886.174-2016 食品安全国家标准 食品添加剂 食品工业用酶制剂[S].
GB 1886.174-2016 National food safety standard-Food additives-Enzyme preparations for food industry [S].
- [50] 池文华, 邓芳伟, 卢芳. 食品微生物检验方法与质控途径研究[J]. 现代食品, 2018, (3): 85-87.
Chi WH, Deng FW, Lu F. Study on food microbiological testing method

- and quality control method [J]. *Mod Food*, 2018, (3): 85–87.
- [51] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Surveillance for food-borne disease outbreaks, United States, 2016, annual report [R]. Atlanta, Georgia: U.S. Department of Health and Human Services, CDC, 2018.
- [52] GB 14963-2011 食品安全国家标准 蜂蜜[S].
GB 14963-2011 National food safety standard-Honey [S].
- [53] 朱晨. 国内外食品卫生微生物学标准设置比较[J]. *粮食与食品工业*, 2011, 18(2): 47–49.
Zhu C. Comparison of domestic and international microbiological standard of food hygiene [J]. *Cereal Food Ind*, 2011, 18(2): 47–49.
- [54] GB 29921-2013 食品安全国家标准 食品中致病菌限量[S].
GB 29921-2013 National food safety standard-Limit of pathogenic bacteria in food [S].
- [55] GB/T 22474-2008 果酱[S].
GB/T 22474-2008 Jam [S].
- [56] GB/T 4789.3-2003 食品卫生微生物学检验 大肠菌群测定[S].
GB/T 4789.3-2003 Microbiological determination of food sanitary -Coliform group [S].
- [57] 陶健, 王龙霞, 陈欣欣, 等. 致病菌限量食品安全国家标准执行中存在的问题及建议分析[J]. *食品科技*, 2016, 41(11): 287–290.
Tao J, Wang LX, Chen XX, *et al.* The improvement of the food-borne pathogenic microorganisms limits standard [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 41(11): 287–290.
- [58] 李少彤, 栾玉明, 蒋卓勤. 食源性致病菌检测现状与食品微生物危险性评估的研究进展[J]. *现代预防医学*, 2006, 33(9): 1556–1557.
Li ST, Luan YM, Jiang ZQ. Current status of detection of food-borne pathogens and research progress in food microbial risk assessment [J]. *Mod Prev Med*, 2006, 33(9): 1556–1557.
- [59] 袁蒲, 杨丽, 李杉, 等. 我国食源性疾病监测研究现状与管理建议[J]. *中国卫生产业*, 2018, 15(6): 136–137.
Yuan P, Yang L, Li S, *et al.* Current status of food-borne disease surveillance and management suggestions in China [J]. *Chin Health Ind*, 2018, 15(6): 136–137.
- [60] 刘生峰, 杨俊, 陆丽华. 食品微生物检验技术研究进展[J]. *微生物学杂志*, 2017, 37(5): 120–124.
Liu SF, Yang J, Lu LH. Advances in food microorganism inspection technology [J]. *J Microbiol*, 2017, 37(5): 120–124.
- [61] 徐方旭, 刘诗扬, 兰桃芳, 等. 食源性致病菌污染状况及其应对策略[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(1): 98–101.
Xu FX, Liu SY, Lan TF, *et al.* Pollution situation and coping strategies of food-borne pathogens [J]. *Food Res Dev*, 2014, 35(1): 98–101.
- [62] 洪炳财, 陈向标, 赖明河. 食品中微生物快速检测方法的研究进展[J]. *中国食物与营养*, 2013, 19(5): 15–18.
Hong BC, Chen XB, Lai MH. Research progress on rapid detection technology of microorganism in food [J]. *Food Nutr China*, 2013, 19(5): 15–18.
- [63] 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): 32–33, 53.
Liu ZY. Research progress of technologies for rapid detection of food-borne pathogens [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2014, 42(16): 32–33, 53.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



苏涛, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全与质量检测。
E-mail: stermi@163.com



毛永杨, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全与质量检测。
E-mail: maoyongyang@163.com