

 中国轻工业“十三五”规划教材
全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

食品微生物 检验学

宁喜斌 主编

MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS



 中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

中国轻工业“十三五”规划教材
全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

食品微生物 检验学

宁喜斌 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物检验学/宁喜斌主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2019. 2
中国轻工业“十三五”规划教材 全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 2162 - 6

I. ①食… II. ①宁… III. ①食品微生物—食品检验—高等学校—教材 IV. ①TS207.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 240835 号

责任编辑: 马妍 王艳丽 责任终审: 滕炎福 整体设计: 锋尚设计
策划编辑: 马妍 责任校对: 晋洁 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 三河市国英印务有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2019 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 16.75

字数: 370 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 2162 - 6 定价: 42.00 元

邮购电话: 010 - 65241695

发行电话: 010 - 85119835 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

170261J1X101ZBW

全国第一套食品质量与安全专业教材 编审委员会

主 审	华南农业大学	孙远明
主 任	中国海洋大学	汪东风
副主任	西北农林科技大学	张建新
	南京农业大学	董明盛
	东北农业大学	刘 宁
	华南理工大学	李汴生
	哈尔滨商业大学	石彦国
	江苏大学	邹小波
秘书长	内蒙古农业大学	赵丽芹
委 员	(以下按姓氏拼音排序)	
	北京农学院	艾启俊
	郑州轻工业学院	白艳红
	湖南农业大学	邓放明
	内蒙古农业大学	董同力嘎
	云南农业大学	葛长荣
	浙江工商大学	韩剑众
	中国农业大学	何计国
	西南大学	贺稚非
	南京财经大学	鞠兴荣
	华中农业大学	李 斌
	广西大学	李全阳

中国海洋大学	林 洪
大连工业大学	林松毅
海南大学	刘四新
上海海洋大学	宁喜斌
福建农林大学	庞 杰
吉林农业大学	沈明浩
陕西科技大学	宋宏新
浙江工业大学	孙培龙
中国药科大学	王岁楼
山西农业大学	王晓闻
华南理工大学	王永华
沈阳农业大学	吴朝霞
江南大学	姚卫蓉
天津科技大学	王俊平
南昌大学	谢明勇
吉林大学	张铁华
河北农业大学	张 伟
仲恺农业工程学院	曾晓房
浙江大学	朱加进

本书编委会

主 编 宁喜斌（上海海洋大学）

副主编 刘 颖（广东海洋大学）

刘 玲（沈阳农业大学）

参编人员（按姓氏拼音顺序排名）

李晓晖（上海海洋大学）

刘 玲（沈阳农业大学）

刘 颖（广东海洋大学）

鲁艳莉（大连金州新区水产服务管理站）

宁喜斌（上海海洋大学）

唐海丰（上海市普陀区疾病预防控制中心）

王庆忠（上海市临床检验中心）

张苗苗（上海海洋大学）

赵 莉（华东理工大学）

周 英（华东理工大学）

食品是人类赖以生存的最基本物质,它为人类身体的生长发育、细胞更新、组织修复等提供了必需的营养物质和能量,而食品安全是关系到人类身体健康的最基本因素。在食品安全危害中,微生物危害是食品安全中最主要的危害,食品微生物检验是食品安全性评价、控制、管理的最重要技术和手段。本书系统介绍了食品微生物检验学科的现状与发展趋势;食品中微生物的来源与种类;食品微生物检验的质量控制;食品微生物检验的一般程序;食品微生物常规检测技术;不同种类食品微生物的检验及现代食品微生物检验技术。本书力求全面反映食品微生物检验的理论与实践,本书作者中除了有在食品微生物检验教学第一线的教师外,还包括微生物检验行业的工作人员,使内容更符合目前检验工作的需要。

全书共分7章,具体分工如下:第一章、第三章主要由上海海洋大学的宁喜斌编写,上海海洋大学的张苗苗参与了第一章部分内容的编写;第二章由华东理工大学的赵莉、周英编写;第四章、第五章第十节至第十五节由广东海洋大学的刘颖编写;第五章第一节至第四节由大连金州新区水产服务管理站的鲁艳莉编写;第五章第五节至第九节,第七章第四节由上海市临床检验中心的王庆忠、上海市普陀区疾病预防控制中心的唐海丰编写;第六章由沈阳农业大学的刘玲编写;第七章第一节至第三节由上海海洋大学的李晓晖编写;第八章由宁喜斌、张苗苗整理编写。全书教学课件由张苗苗制作。全书由宁喜斌、张苗苗统稿。上海出入境检验检疫局张继伦博士审阅了部分稿件,并给予了中肯的建议,在此深表谢意。

本书可供食品及相关专业学生作为教材使用,也可供从事食品安全管理、检验、研究等领域的工作人员参考。

编者
2018年10月

第一章	绪论	1
	第一节 食品微生物检验的意义和特点	1
	第二节 食品微生物检验的历史	5
	第三节 食品微生物检验的发展趋势	6
第二章	食品微生物的污染与控制	9
	第一节 食品中常见微生物	9
	第二节 微生物污染食品的危害	19
	第三节 食品中微生物的变化与控制	33
第三章	食品微生物检验的质量控制	44
	第一节 食品微生物检验实验室的基本要求	44
	第二节 实验室生物安全通用要求	49
	第三节 生物安全实验室良好工作行为	57
	第四节 试剂与培养基的质量控制	60
第四章	食品微生物检验的基本程序	66
	第一节 采样前准备	66
	第二节 食品样品采集方案与方法	67
	第三节 食品样品的检验	74
	第四节 检验结果报告与样品的处理	75

第五章	食品微生物常规检验方法	76
第一节	菌落总数测定	76
第二节	大肠菌群测定	79
第三节	金黄色葡萄球菌检验	83
第四节	沙门菌检验	89
第五节	致泻大肠埃希菌检验	95
第六节	志贺菌检验	105
第七节	单核细胞增生李斯特菌检验	111
第八节	致病性弧菌的定性检验	118
第九节	空肠弯曲菌检验	126
第十节	肉毒梭菌及肉毒素检验	131
第十一节	产气荚膜梭菌检验	138
第十二节	蜡样芽孢杆菌检验	142
第十三节	乳酸菌检验	149
第十四节	霉菌和酵母计数	154
第十五节	诺如病毒检验	157
第六章	食品产品微生物学检验	166
第一节	肉与肉制品检验	166
第二节	乳与乳制品检验	173
第三节	蛋与蛋制品检验	188
第四节	水产食品检验	191
第五节	饮料检验	194
第六节	调味品检验	195
第七节	冷食菜、豆制品检验	195
第八节	糖果、糕点、蜜饯检验	196
第九节	酒类检验	197
第七章	现代食品微生物检验方法	198
第一节	PCR 检验技术	198

第二节	免疫学检验技术	206
第三节	生物传感器检验技术	213
第四节	微生物自动鉴定系统	221
第八章	食品微生物检验常用培养基及试剂	224
第一节	常用试剂的配制与使用方法	224
第二节	常用培养基的配制与使用方法	229
第三节	RNase 的去除和无 RNase 溶液的配制	249
附 录	最可能数检索表	251
参考文献		253

近年来,食品安全问题已成为人们关注的主要社会问题,“国以民为本,民以食为天,食以安为先”。根据世界卫生组织(WHO)的估计,全球每年发生的食源性疾病约10亿人次,即使包括美国在内的一些经济发达国家发生食源性疾病的概率也相当高,平均每年有三分之一的人群感染食源性疾病。在已知的致病因子引起的食源性疾病中,微生物性食物中毒仍是首要危害。在工业化国家,最常见的食源性疾病病因是沙门菌、金黄色葡萄球菌、产气荚膜梭菌和副溶血性弧菌,但嗜热弯曲菌被认为更重要,沙门菌是世界上最常见引发食源性疾病的病原菌,也是全球报告最多的、公认的食源性疾病的首要病原菌;一些以生鱼为主要膳食的国家,副溶血性弧菌引起的疾病频繁发生,而在我国沿海地区,副溶血性弧菌是引起食物中毒的第一位致病菌。

第一节 食品微生物检验的意义和特点

食品中丰富的营养成分为微生物的生长、繁殖提供了充足的物质基础,是微生物良好的培养基。根据陈翠珍、吴虹检索结果,我国涉及细菌性食物中毒的细菌有116个种、亚种或血清型,以及一些只确定到属的细菌。涉及文献1460篇(1949—2013年),中毒事件1529起(1949—2012年)。在检出的1529起食物中毒事件中,共有1484起事件(构成比97.06%)明确记录了中毒人数,共90000人,平均每起中毒60.65人。

食品微生物检验关系到产品安全、人类健康和食品企业的发展。食品微生物检验是指按照一定的检验程序和质量控制措施,确定单位样品中某种或某类微生物的数量或存在状况。食品微生物检验学是应用微生物学的理论与方法,研究外界环境和食品中微生物的种类、数量、性质、活动规律、对人和动物健康的影响及其检验方法与确定食品卫生的微生物学标准的一门学科,其核心内容是食品微生物检验方法的研究与应用。自然界中微生物种类多、数量大。食品在原料来源地、加工、贮藏、运输等过程中都可能受到各类微生物及其代谢产物的污染,因此,食品微生物检验的对象以及研究范围十分广泛,且检验对象

在复杂的食品体系中与纯培养微生物检验有很大的区别，食品微生物检验结果与取样方式、前处理方式、操作人员的实践经验等均有很大的关系。

(一) 食品微生物检验学的任务

食品微生物检验用以确定食品的可食程度，控制食品的有害微生物及其代谢产物的污染，督促食品加工工艺的改进，改善生产卫生状况，防止人畜共患病传播，保证人类身体健康。

(1) 从感染性疾病流行地区的人群中或环境中，分离并检验致病性微生物，明确其种类、分布、数量、毒力等，以确定感染性疾病的致病菌、传染源、传播途径、易感人群、流行情况等，为制定预防及控制对策提供依据。

(2) 研究各类食品中微生物种类、分布及其特性。

(3) 研究微生物与食品贮藏的关系。

(4) 食品中致病性、中毒性、致腐性微生物研究。

(5) 各类食品中微生物检验方法及标准的研究。

(6) 根据国家标准或规范所确定的微生物学指标，对食品、环境及健康相关的微生物污染状况进行检验和卫生学评价，为制定相关管理措施以及建立法令、法规提供科学依据。

进行微生物检验首先要求目的明确，根据检验的目的不同来决定检验的类型（指示菌或致病菌）、检验方法（快速、准确、重复性、再现性等）、样本（生产线残留或终产品）、结果的解释及采取的行动（拒绝该批次、调查采样、过程的再调整等）。食品安全管理中的微生物检验见表 1-1。

表 1-1 食品安全管理中的微生物检验

检验类型	目的	使用者	样本类型	采样方案	微生物
可接受性	批次检验	政府	终产品	分级	致病菌 指示菌
可接受性	验证，已知	政府	终产品	分级	致病菌
	历史的批次	企业	原料	分级	指示菌
监测、检查	CCPs、生产线	企业	生产线样本	变量、分级	指示菌
环境采样	生产线、环境	企业	残留、尘埃、水	靶向、发现 污染来源	指示菌
验证	HACCP	企业	终产品	分级	致病菌 指示菌
监测	依从性	政府、企业	商业产品	分级（通常 $n=1$ ）	致病菌
调查	食物链	政府、企业	所有类型样本	调查、很少基于 统计学	致病菌

（二）食品微生物检验的特点

食品微生物检验具有以下特点。

（1）研究对象以及研究范围广 食品种类多，各地区有各地区的特色，分布不同，在食品来源、加工、运输等环节都可能受到各种微生物的污染；微生物有腐败菌和致病菌、好氧和厌氧、低温和中温、嗜盐嗜酸等多种。

（2）食品中待检微生物比率低 在食品中，往往待检验的种类的微生物所占比例较低，特别是致病菌。因此在检验时要排除杂菌的干扰或通过富集才能获得准确的结果，同时由于食品加工过程中产生的受伤菌，可能处于活的不可培养状态，也影响到检验的准确度。

（3）实用性及应用性强 食品微生物检验在促进人类健康方面起着重要的作用。通过检验，掌握微生物的特点及活动规律，识别有益的、腐败的、致病的微生物，在食品生产和保藏过程中，可以充分利用有益微生物为人类服务，同时控制腐败和病原微生物的活动，防止食品变质和杜绝因食品而引起的病害，保证食品安全。

（4）采用标准化的方法、操作流程及结果报告形式 既然食品微生物常规检验的指标已经确定，那么在全国各地甚至世界各国对指标检验时采用的方法、操作流程、结果报告等应该一致或是能被大家共同接受才具有推广意义。因此，在相应的范围内制定标准及标准的检验方法至关重要，我国颁布的 GB 4789 系列《食品安全国家标准 食品微生物学检验标准汇编》，确定以常规培养方法作为基准方法。

（5）食品微生物检验需要准确、快速 食品微生物检验用以判断食品及其加工环境的卫生状况，以及食品是否安全，因此，要求检验结果准确、可靠。同时，在食品安全执法等工作中，要求尽快出结果，快速又是微生物检验追求的另一个重要因素。

（6）涉及学科多样 食品微生物检验是以微生物学为基础，还涉及生物学、生物化学、工艺学、发酵学以及兽医学方面的知识等，根据不同的食品以及不同的微生物，采取的检验方法也不同。

（三）食品微生物检验的范围

食品微生物检验的范围包括以下几个方面。

- （1）生产环境的检验 包括生产车间用水、空气、地面、墙壁、操作台等。
- （2）原辅料的检验 包括动植物食品原料、添加剂等原辅料。
- （3）食品加工过程、贮藏、销售等环节的检验 包括从业人员的健康及卫生状况、加工工具、运输车辆、包装材料的检验等。
- （4）食品的检验 包括对出厂食品、可疑食品及食物中毒食品的检验。

（四）食品微生物的检验指标

我国原卫生部颁布的食品微生物检验指标有菌落总数、大肠菌群和致病菌三项。具体检验指标如下。

1. 菌落总数

通常采用平板计数法（SPC），它反映了食品的新鲜度、被细菌污染的程度、生产过程

中食品是否变质和食品生产的一般卫生状况等。因此，它是判断食品卫生质量的重要依据之一。

2. 大肠菌群

大肠菌群包括大肠杆菌和产气肠杆菌之间的一些生理上比较接近的中间类型的细菌（如肠杆菌属、柠檬酸杆菌属、埃希菌属和克雷伯菌属等）。这些细菌是寄居于人和温血动物肠道内常见的细菌，随着粪便排出体外。食品中大肠菌群的检出，表明食品直接或间接受到粪便污染，故以大肠菌群数作为粪便污染食品的卫生指标来评价食品的质量具有广泛意义。

3. 致病菌

致病菌是能导致人体发病的细菌，对不同的食品和不同的场合应选择对应的参考菌群进行检验。如海产品以副溶血性弧菌、沙门菌、志贺菌、金黄色葡萄球菌等作为参考菌群；蛋与蛋制品以沙门菌、志贺菌作为参考菌群；糕点、面包以沙门菌、志贺菌、金黄色葡萄球菌等作为参考菌群；软饮料以沙门菌、志贺菌、金黄色葡萄球菌等作为参考菌群。

4. 霉菌及其毒素

许多霉菌会产生毒素而引起急性或慢性疾病。霉菌的检验，目前主要是霉菌计数或同酵母一起计数以及黄曲霉毒素等霉菌毒素的检验，以了解霉菌污染程度和食物被霉菌毒素污染的状况。

5. 其他指标

微生物指标还应包括病毒，如诺如病毒、肝炎病毒、猪瘟疫病毒、鸡新城疫病毒、马立克病毒、狂犬病毒、口蹄疫病毒、猪水疱病毒等与人类健康有直接关系的病毒微生物，在一定场合下也是食品微生物检验的指标。

另外，从食品检验的角度考虑，寄生虫暴露于人群的几率近年来越来越高，也是食品微生物检验的重要指标。

（五）食品微生物检验的意义

微生物污染食品后很容易生长繁殖造成食品的变质，失去其应有的营养成分。更重要的是，一旦人们食用了被有害微生物污染的食物，会发生各种急性和慢性的中毒表现，甚至有致癌、致畸、致突变作用的远期效应。因此，食品在食用之前必须对其进行食品微生物检验。它是确保食品质量和食品安全的重要手段，也是食品卫生标准中的一个重要内容。

食品微生物检验与评价是食品卫生监督监测工作中不可缺少的重要手段。食品微生物指标检验的意义概括起来有三个方面。

（1）评价食品卫生质量，主要是检验国家标准所规定的食品卫生微生物学指标，即菌落总数、大肠菌群、致病菌以及霉菌和酵母菌数。

（2）通过食品微生物的检验，可以判断食品加工环境及食品卫生环境，能够对食品被细菌污染程度做出正确的评价，为各项卫生管理工作提供科学依据，为传染病和食物中毒

提供防治措施。

(3) 制定防治措施,发生食物中毒时,要检验引起食物中毒的微生物及其产生的毒素,为流行病学调查和临床诊断提供病原学依据,以便采取有效的防治措施。

(4) 提高生产及储存工艺水平,对于发生质变的食品,从中分离、鉴定其中导致质变的微生物,追溯污染来源并研究发生质变的环境条件,以便采取正确措施,防止质变的再发生。

第二节 食品微生物检验的历史

人类从原始社会进入农耕时代后,生产出的食品(农产品)开始有了剩余,伴随着微生物引起食品的腐败及食物中毒,经验型食品微生物检验技术诞生,其历史悠久,检验水平随着微生物学科的发展而不断提高。

1. 感官检验

人类自进入早期文明,在长期的生活实践中,逐步摸索出一些预防食品安全问题的实践经验。如2500年前,孔子就提出著名的食品“五不食”原则:“食而,鱼馁而肉败,不食;色恶,不食;臭恶,不食;失饪,不食;不时,不食”。在西方文化中占有重要位置的《圣经》中也有许多关于食物的禁忌。尽管当时人们并不知道微生物的存在,但是他们通过观察、总结出来的经验,确实对控制食品腐败、疾病传播起到了一定的作用。

即使到了今天,人们在日常生活中仍然可以通过观察食品表面有无霉斑、霉状物、粒状物、粉状物、毛状物;色泽是否变灰、变黄等;有无霉味及其他异味,如食品内部是否发霉变质,从而确定食品的霉变程度,达到预防食源性疾病的目的。

2. 直接镜检

直接镜检是对送检样品在显微镜下直接进行观察及菌体计数测定。

1676年荷兰人列文虎克(Antonie van Leeuwenhoek, 1632—1723)用自磨镜片制造了世界上第一台显微镜(约放大300倍),并从雨水、牙垢等标本中第一次观察并描述了各种形态的微生物。

法国科学家巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)在解决法国葡萄酒变酸问题时,通过显微镜观察及实验,证明了有机物质的发酵与腐败是微生物作用的结果,酒类变质就是因为污染了杂菌。

现在仍然使用的血球计数板直接在显微镜下计数酵母菌细胞和霉菌孢子的数目,是一种常用的微生物总数计数法。它具有直观、简便、快速等优点。在细菌的活细胞计数中,也以一定浓度的美蓝染色液对细菌细胞液进行适当的染色,然后在计数室中分别数活细胞和死细胞的数量。

3. 培养检验

根据食品的特点和分析目的,选择适宜的培养方法求得带菌量。在我国的国家标准 GB 4789 系列中,大部分采用的测定食品中微生物数量的方法,是在严格规定的培养方法和培养条件(样品处理、培养基种类、培养温度、pH、培养时间、计数方法等)下进行的,使得适应这些条件的每一个活菌细胞都能够生成一个肉眼可见的菌落,然后通过菌落计数、形态观察、生化试验、血清学分型、噬菌体分型、毒性试验、血清凝集等测得试验结果,或通过间接的产生特定现象的试管数来换算,即 MPN 法。

这些传统微生物检验方法目前仍然是我国食品行业最权威的、使用最广泛的方法。

4. 现代微生物学检验方法

聚合酶链式反应(PCR)技术诞生于1985年,它是一种DNA体外扩增技术。该技术在食品微生物检验方面展示了很好的应用潜力,如国家标准中致泻性大肠埃希菌检验采用PCR方法进行确证;诺如病毒检验就是采用实时荧光RT-PCR方法。PCR方法具有快速、简单、敏感、特异性强、结果分析简单等优点,在食品微生物检验中具有广阔的前景。

在免疫学技术方面,Coons 等于1941年首次采用荧光素进行标记而获得成功,这种以荧光物质标记抗体而进行抗原定位的技术称为荧光抗体技术,免疫荧光技术具有将免疫学的特异性和敏感性及显微形态学的精确性相结合的特点,我国已成功应用免疫荧光显微技术从食品中快速检出沙门菌、金黄色葡萄球菌、溶血性链球菌等。

随着分子生物学和微电子技术飞速发展,快速、准确、特异性检验微生物的新技术、新方法不断涌现,微生物检验技术由培养水平向分子水平迈进,并向仪器化、自动化、标准化方向发展,提高了食品微生物检验工作的高效性、准确性和可靠性。

第三节 食品微生物检验的发展趋势

随着食品微生物检验技术的日新月异,检验方法也逐渐增多,在多种方法中综合衡量,择优以提高检验的精准度,达到微生物检验的规范化、制度化。定量的检验过程中要严格按照制度进行操作,确保食品安全。

保障食品安全的关键在于对食品细菌进行快速准确的检验和鉴定。传统食品微生物检验方法具有周期长、主观性强、对一些生长速度较慢或者新型的微生物难以进行有效检验等缺点,已无法满足现代化食品工业以及社会发展对食品安全快速检验的需求。快速、简单、高通量的食品微生物污染检验方法成为目前研究的重点。

1. 传统微生物检验技术的改良

生产各种预灌装无菌成品培养基可以有效提高微生物的分离、培养和鉴定的效率,研究更加高效的生理生化试剂盒,以及灵敏度高的各种微生物检验试纸片(例如:PetriFilm™

细菌总数测试片) 是传统微生物检验发展的趋势, 并且先进的自动化微生物快速培养与鉴定系统替代传统人工测定的方法, 可以有效提高实验效率, 减少实验操作的误差 (例如: VITEK - 全自动微生物鉴定系统和 DADE - 美国戴德) 等。

2. 微生物免疫学检验技术

基于抗原抗体的特异性反应对微生物进行鉴定, 发展该方法的前提一般需要制备待检微生物的特异抗体, 根据检验模式和检验信号的不同, 主要分为酶联免疫试剂盒和胶体金检验卡两类。

ELISA (酶联免疫) 试剂盒 (例如: BIOCONTROL 公司开发的 Transia 系列, 荷兰 Biocheck 酶联免疫 ELISA 试剂盒) 技术比较成熟, 只要获得致病微生物特异性抗原抗体, 便可以开发快速检验 ELISA 试剂盒, 微生物检验一般采用夹心模式, 因此具有非常好的灵敏度和特异性。在 ELISA 试剂盒的基础上研制了全自动免疫荧光酶标仪, 集固相吸附、酶联免疫、荧光检验和乳胶凝集诸方法优点于一体的综合性检验系统是一个研究方向。

3. 聚合酶链式反应 (PCR) 技术

与传统微生物检验方法相比, 基于分子生物学的 PCR 技术对增菌培养依赖程度小, 快速灵敏, 特异性强, 很好弥补了传统方法的缺陷。最近十年来, 伴随分子生物学技术与研究方法的不断突破进展, 产生出新的检验手段, 如实时荧光定量 PCR、多重 PCR、等温 PCR、数字 PCR, 使食品微生物检验精度大为提高, 检验能力也达到了一个新的水平。全自动 PCR 技术可以减少 PCR 操作的复杂性, 提高检验的效率。

现阶段 PCR 技术是微生物检验的基础。由于等温 PCR 技术的扩增效率更高, 设备要求方面相对于普通 PCR 技术更简单经济, 使得更多的研究者对等温 PCR 十分关注, 等温技术在食品致病微生物检验中将会占有越来越重要的地位。

传统的 PCR 技术包括荧光定量 PCR 技术只能相对定量, 或者依据参照基因所做的标准曲线进行定量。而数字 PCR 技术的出现, 则能够直接统计 DNA 分子的个数, 是对起始样品的绝对定量, 这项技术的成功使用将会使得基于 PCR 技术的食源性微生物的半定量检验真正成为定量检验。

4. DNA 探针

核酸探针是指带有标记的特异 DNA 片段。根据碱基互补原则, 核酸探针能特异性地与目的 DNA 杂交, 最后用特定的方法测定标记物。随着该技术的发展, 核酸探针技术将在食品微生物检验上有较多的应用。

对于食源性微生物检验来说, 多重检验就显得尤为重要。目前的大多数快速检验方法都是单指标检验, 也即一次只检验一种致病菌, 多种致病菌需要不同的试剂和方法去检验。DNA 探针可以进行多重检验, 但是检验的致病菌种类越多, 设计的引物和探针也就越多, 导致在扩增以及后面的杂交时, 发生非特异性反应的可能性也就越高, 容易引起检验误差。

5. 各种技术的综合利用

目前微生物的分类鉴定方法很多, 每种方法都各有优缺点, 综合利用各种检验技术也