

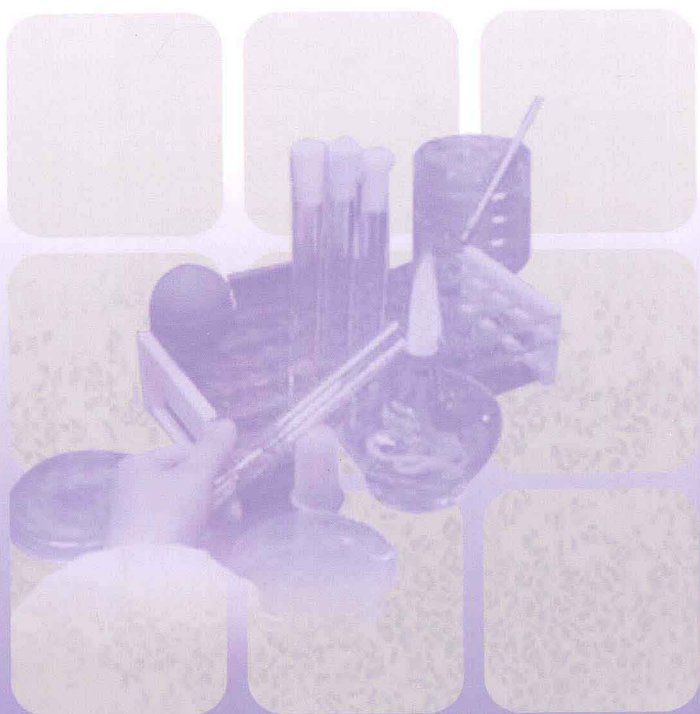



“十二五”普通高等教育规划教材

食品微生物检验技术

SHIPIN WEISHENGWU JIANYAN JISHU

● 何国庆 张伟 主编



 中国质检出版社
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

Shipin Weishengwu Jianyan Jishu

食品微生物检验技术

何国庆 张 伟 主编

中国质检出版社
中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物检验技术/何国庆,张伟主编. —北京:中国质检出版社, 2013. 11
“十二五”普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-5026-3857-3

I. ①食… II. ①何… ②张… III. ①食品微生物—食品检验 IV. ①TS207.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 170174 号

内 容 提 要

本书理论突出“必需、够用、实用”的原则,侧重实际操作、检验方法,介绍了食品微生物检验实验室与设备、食品微生物检验基本程序(3W)、基础实验技术、现代食品微生物检验技术、卫生指标细菌的检验、致病细菌的检验、真菌的检验、其他检验项目。本书可作为高等院校食品加工、食品生物技术、食品营养检测、食品储运与营销、农产品安全检验等专业的教材,也可供相关企业技术人员参考。

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www. spc. net. cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 550 千字

2013 年 11 月第一版 2013 年 11 月第一次印刷

*

定价: 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68510107

— 审 定 委 员 会 —

陈宗道 (西南大学)

谢明勇 (南昌大学)

殷涌光 (吉林大学)

李云飞 (上海交通大学)

何国庆 (浙江大学)

王锡昌 (上海海洋大学)

林 洪 (中国海洋大学)

徐幸莲 (南京农业大学)

吉鹤立 (上海市食品添加剂行业协会)

巢强国 (上海市质量技术监督局)

— 本 书 编 委 会 —

主 编 何国庆 (浙江大学)

张 伟 (河北农业大学)

副 主 编 宁喜斌 (上海海洋大学)

孙力军 (广东海洋大学)

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马晓燕 (河北农业大学)

王 革 (中国计量学院)

邓 靖 (湖南工业大学)

孙力军 (广东海洋大学)

宁喜斌 (上海海洋大学)

李 云 (浙江大学)

吕 娜 (浙江万里学院)

张 帅 (哈尔滨商业大学)

张 伟 (河北农业大学)

何国庆 (浙江大学)

陈秋平 (浙江万里学院)

陈 静 (浙江海洋学院)

赵文红 (仲恺农学院)

袁勇军 (浙江万里学院)

黄现青 (河南农业大学)

序 言

近年来，人们对食品安全的关注度日益增强，食品行业已成为支撑国民经济的重要产业和社会的敏感领域。随着食品产业的进一步发展，食品安全问题层出不穷，对整个社会的发展造成了一定的不利影响。为了保障食品安全，规制食品产业的有序发展，近期国家对食品安全的监管和整治力度不断加强。经过各相关主管部门的不懈努力，我国已基本形成并明确了卫生与农业部门实施食品原材料监管、质监部门承担食品生产环节监管、工商部门从事食品流通环节监管的制度完善的食品安全监管体系。

在整个食品行业快速发展的同时，行业自身的结构性调整也不断深化，这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求，而与此相关的高等教育正是对食品科学与工程各项理论的实际应用层面培养专业人才的重要渠道，因此，近年来教育部对食品类各专业的高等教育发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校食品类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重基础理论的教育模式中脱离出来，使其真正成为为国家培养应用型的高级技术人才的专业教育，“十二五”期间，这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校食品类各专业所需的教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社牵头组织了“十二五”普通高等教育规划教材（食品类）的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的食品类各相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了西南大学、南昌大学、上海交通大学、浙江大学、上海海洋大学、中国海洋大学、南京农业大学、华中农业大学以及河北农业大学等 40 多所相关高校、科研院所以及行业协会中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容

新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品类专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内对建立食品安全体系的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高食品类专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校食品类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，而且也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国食品类高等教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材审定委员会

2013年2月

前 言

• FOREWORD •

食品安全直接关系到广大人民群众的身体健康和生命安全，影响着国民经济的发展和社会稳定。世界上越来越多的国家把食品安全视为国家公共安全的重要组成部分，各国政府对其高度重视。而食源性疾病是食品安全主要问题，其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。在食源性疾病中，由病原微生物引起的疾病往往占多数，因此，世界卫生组织和各国的食品安全管理部门，对食品微生物污染问题给予了充分关注。食品微生物检验是食品质量安全控制的重要技术之一，对于控制微生物引起的食源性疾病具有重要作用。

为了保证食品安全，保障公众身体健康和生命安全，我国于2009年6月1日起实施《食品安全法》，并对食品检验做出了相关规定。新的食品卫生微生物学检验的国家标准也已于2010年6月1日正式实施。编者在新的食品卫生微生物学检验国家标准和近年来食品微生物检测技术最新发展的基础上，吸取近年来国内外同类教材的优点，编写了这本《食品微生物检验技术》，以飨读者。本书系统地介绍了食品微生物检验的生理生化试验、基本程序、原理、方法和新技术，以及实验室设计和仪器设备等。除食品病原菌以外，还介绍了部分致腐性微

生物的检验方法。本书注重理论与实践相结合，力求通俗易懂，深入浅出。本书适用于本专科生以及从事食品检验的技术人员使用，既可以作为理论教材，也可以作为实验指导书或技术参考书。

本书由何国庆教授、张伟教授、宁喜斌教授、孙力军教授等人编写。编写分工为：第一章、第二章由何国庆、李云编写，第三章由王革编写，第四章由马晓燕编写，第五章、第七章第五节、第十二节、第十三节由张伟编写，第六章由陈静编写，第七章第一节、第二节由宁喜斌编写，第七章第三节、第四节由黄现青编写，第七章第六节、第七节由张帅编写，第七章第八节、第九节、第十节、第十一节由孙力军编写，第七章第十四节、第十五节由赵文红编写，第八章由邓靖编写，第九章由袁勇军、陈秋平、吕娜编写。全书由何国庆、张伟统一审定和校阅。

本书倾注了每位编者的心血，但由于编写人员的学识和写作水平有限，书中难免出现缺陷和疏漏，敬请读者和同行专家批评指正，以便今后修订、补充和完善。

编 者

2013年6月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪论	(1)
第一节 食品微生物检验概述	(1)
第二节 食品中的微生物	(4)
第二章 食品微生物检验实验室与设备	(13)
第一节 食品微生物检验实验室的设计	(13)
第二节 食品微生物检验实验室主要的仪器与设备	(21)
第三章 食品微生物检验基本程序 (3W)	(34)
第一节 检验前的准备	(35)
第二节 样品的采集	(36)
第三节 样品的送检	(44)
第四节 样品的处理	(45)
第五节 致病菌检验参考菌群的选择	(54)
第六节 样品的检验	(58)
第七节 检验结果的报告	(60)
第八节 检验后样品的处理	(60)
第四章 基础实验技术	(69)
第一节 生理生化试验	(69)
第二节 血清学试验	(80)
第三节 动物实验	(84)
第五章 现代食品微生物检验技术	(91)
第一节 现代免疫检测技术检测食品微生物	(91)
第二节 分子生物学技术检测食品中微生物	(100)

第三节	生物传感器技术检测食品中微生物	(117)
第四节	食品微生物自动化仪器检测	(121)
第六章	卫生指标细菌的检验	(129)
第一节	食品中菌落总数的测定	(129)
第二节	食品中大肠菌群计数	(138)
第三节	食品中粪大肠菌群计数	(147)
第四节	食品中大肠杆菌计数	(151)
第七章	致病细菌的检验	(157)
第一节	沙门氏菌的检验	(157)
第二节	志贺氏菌的检验	(175)
第三节	致泻性大肠埃希氏菌的检验	(185)
第四节	小肠结肠炎耶尔森氏菌的检验	(195)
第五节	空肠弯曲菌的检验	(201)
第六节	阪崎肠杆菌的检验	(208)
第七节	变形杆菌的检验	(215)
第八节	副溶血性弧菌的检验	(223)
第九节	金黄色葡萄球菌的检验	(231)
第十节	溶血性链球菌的检验	(240)
第十一节	单核细胞增生李斯特菌的检验	(246)
第十二节	肉毒梭菌及其毒素的检验	(251)
第十三节	产气荚膜梭菌的检验	(256)
第十四节	蜡样芽孢杆菌的检验	(261)
第十五节	椰毒假单胞菌酵米面亚种检验	(268)
第八章	真菌的检验	(274)
第一节	食品中霉菌和酵母菌计数	(274)
第二节	食品中产毒霉菌的鉴定	(280)
第九章	其他检验项目	(291)
第一节	罐头食品商业无菌的检验	(291)
第二节	乳酸菌的检验	(297)
第三节	食品中其他厌氧菌检测	(312)
第四节	食品中常见腐败菌的检测	(318)
参考文献	(329)

第一章 绪 论

人类加工食品的历史可以追溯到8 000年前,直到现代食品工业的出现和发展,如何防止食品腐败和避免食源性疾病的传播一直是食品加工过程中需解决的基本问题。食品微生物检测在现代食品加工中起到了重要的作用,检测食品原料、加工、运输、销售和贮藏等过程中微生物种类和数量的变化,已作为监控食品品质、保证食品安全的重要手段。近年来,全球范围内重大食品安全事件不断发生,其中病原微生物引起的食源性疾病是影响食品安全的最主要的因素之一,如大肠杆菌 O157: H7、志贺氏菌、单增李斯特氏菌、空肠弯曲菌、副溶血性弧菌、耶尔森氏菌等,被公认为是主要的食源性病原微生物。此外,一些有害微生物产生的生物性毒素,如黄曲霉素、赭曲霉素等真菌毒素和肠毒素等细菌毒素,已成为食品中有害物质污染和中毒的主要因素。

第一节 食品微生物检验概述

一、食品微生物检验的概念及特点

食品微生物检验是在应用微生物学的理论与方法,研究食品中微生物种类、分布、生物学特性及作用机理的基础上,解决食品中有关微生物的污染、毒害、检验方法、卫生标准等问题的一门学科。食品微生物检验是微生物学的一个分支,是近年来形成的一门新的学科。食品微生物检验是食品检验、食品加工以及公共卫生方面的从业人员必须熟悉和掌握的专业知识之一。

不同种类的食品以及食品在不同的生产加工过程与条件下,食品中含有微生物的种类、数量、分布存在较大差异,研究各类食品中存在的微生物种类、分布及其与食品的关系,才能辨别食品中有益的、无害的、致病的、致腐的或者中毒的微生物,以便对食品的卫生作出正确评价,为制定各类食品的微生物学标准提供科学依据。食品在生产、贮藏和销售过程中,存在微生物对食品的污染问题。研究微生物对食品污染的来源与途径,采取合理措施,加强食品卫生监督和管理,防止微生物对食品污染,从根本上提高食品的卫生质量。研究食品中的致病性微生物和产毒素微生物,弄清食品中微生物污染来源及其在食品中的消长变化规律,制定控制措施和无害处理方法,研究各类食品中微生物检验指标及方法,实现对食品中微生物监测控制,是食品微生物检验学的重要任务。

食品微生物检验的主要特点如下:

1. 食品微生物检验涉及的微生物范围广,采集样品比较复杂

食品中微生物种类繁多,包括引起食品污染和腐败的微生物,食源性病原微生物以及有益的微生物。

2. 食品微生物检验需要准确性、快速性和可靠性

食品微生物检验是判断食品及食品加工环境的卫生状况,正确分析食品的微生物污染途



径,预防食物中毒与食源性感染发生的重要依据,需要检验工作尽快获得结果,对检验方法的准确性和可靠性提出了很高的要求。

3. 食品中待检测细菌数量少,杂菌数量多,对检验工作干扰严重

食品中的致病菌数量很少,却能造成很大危害。进行检验时,有大量的非致病性微生物干扰,两者之间比例悬殊。此外有些致病菌在热加工、冷加工中受了损伤,使目的菌不易检出。上述这些因素给检验工作带来一定困难,影响检验结果。

4. 食品微生物检验受法规约束,具有一定法律性质

世界各国及相关国际组织机构已建立了食品安全管理体系和法规,均规定了食品微生物检验指标和统一的相关标准检验方法,并以法规的形式颁布,食品微生物检验的实验方法、操作流程和结果报告都必须遵守相关法规标准的规定。

二、食品微生物检验的意义

食品微生物检验的广泛应用和不断改进,是制定和完善有关法律法规的基础和执行的依据,是制定各级预防、监控和预警系统的重要组成部分,是食品微生物污染的溯源、控制和降低由此引起的一系列重大损失的重要有效手段,对促进人民身体健康、经济可持续发展和社会稳定都很重要,具有较大的经济和社会意义。

食品微生物检验是衡量食品卫生质量的重要指标之一,是判断被检食品能否食用的科学依据之一。通过食品微生物检测,可以判断食品加工环境及食品卫生环境,能够对食品的微生物污染程度做出正确的评价,为各级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。食品微生物检测能够有效地防止或减少食物中毒、人畜共患病现象的发生。食品微生物检验技术对提高产品质量、避免经济损失、保证出口等方面具有重要意义。

三、食品微生物检验的发展方向

食品微生物检验的传统方法有形态染色、细胞培养、生化试验、血清学分型、噬菌体分型、毒性试验及血清试管凝聚试验等。传统的食品微生物检测技术主要依靠微生物培养和生理生化实验,耗时长、效率低、敏感性差,不能及时检出食品中的病原菌。发展快速、准确、高效的现代食品微生物检测技术,可以快速检出食品中的病原微生物,迅速对食品的卫生质量作出评价,防止食物中毒的发生,有效地控制食源性疾病。随着分子生物学和微电子技术的飞速发展,快速、准确、特异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。

(一) 基于培养基生理生化特征的检测技术

1. 电阻抗法

电阻抗法是近年发展起来的一项生物学技术,原理是细菌在培养基内生长繁殖的过程中,可以使培养基中的大分子电中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,就可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。该法目前已经用于细菌总数、霉菌、酵母菌、大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡

萄球菌等的检测。

2. 微量生化法

随着人们对快速测定细菌生化特性需求的增加,使高精密度(90%)和高重现性的商业试剂盒得以快速发展。常见的微生物鉴定用试剂盒有 MICRO-ID、API 等。API 20E 生化鉴定试剂盒由一组 20 只塑料小管组成,固定在一卡片纸上。每管中的培养基用于进行酶促反应或糖发酵试验。从营养琼脂平板上挑取可疑菌落,用生理盐水制备成适当的菌悬液,用吸管分注于各管内,滴加无菌石蜡油,然后把卡片垫板放至塑料盘中,于 36℃ 培养 18~24h,培养后观察颜色变化,并记录,输入 APILAB Plus 软件得出结果。API 创建了独特的数值鉴定法,可鉴定 15 个系列、600 多个细菌种,具有简单、快速、可靠等特点。

3. 快速酶触反应及代谢产物的检测

快速酶触反应是根据细菌在生长繁殖过程中可合成和释放某些特异性的酶,根据酶的特性,选用相应的底物和指示剂,反应的测定结果有助于细菌快速诊断。例如,美国 3M Petrifilm™ 微生物测试片可分别快速测定细菌总数、霉菌、酵母菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、大肠菌群等。

(二) 分子生物学快速检测技术

1. 核酸探针技术

将已知核苷酸序列 DNA 片段用同位素或其他方法标记,加入已变性的被检 DNA 样品中,在一定条件下即可与该样品中有同源序列的 DNA 区段形成杂交双链,从而达到鉴定样品中 DNA 的目的,这种能认识到特异性核苷酸序列有标记的单链 DNA 分子称为核酸探针或基因探针。根据核酸探针中核苷酸成分的不同,可将其分成 DNA 探针或 RNA 探针;根据选用基因的不同分成两种,一种探针能同微生物中全部 DNA 分子中的一部分发生反应,它对某些菌属、菌种、菌株有特异性;另一种探针只能限制性同微生物中某一基因组 DNA 发生杂交反应,它对某种微生物中的一种菌株或仅对微生物中某一菌属有特异性。核酸探针检测技术的最大优点是特异性和敏感性。但探针检测技术中也存在一定的问题,如检测一种菌就需要制备一种探针;要达到检测量还要对样品进行一定时间的培养;探针检测是分析基因序列,对一些微生物毒素污染但不含产毒菌的食品无法检测。近年来,DNA 探针杂交技术在食品微生物检测中的应用研究十分活跃,目前,已可以用 DNA 探针检测食品中的大肠杆菌、沙门氏菌、志贺氏菌、李斯特氏菌、金黄色葡萄球菌等。

2. 聚合酶链式反应(PCR)技术

聚合酶链式反应(Polymerase Chain Reaction,PCR)技术是 1985 年诞生的一项 DNA 体外扩增技术。该技术通过对人工难以培养的微生物相应 DNA 片段进行扩增,检测扩增产物含量,从而快速地对食品中致病菌含量进行检测。检测时,首先在高温下(95℃)使得蛋白质变性,DNA 双链变成单链,再迅速降温(55℃),使单链 DNA 退火,然后进行延伸(72℃),之后温度重新上升到 95℃,开始新的循环。经一套扩增循环(21~31 次)将一个单分子 DNA 扩增到 10^7 个分子。整个过程可以在 1h 内通过自动热量循环器完成。理论上,只要样品中含有 1 个分子微生物的 DNA,就完全可以通过 PCR 技术在短时间内检测到。这种测定方法的优点是测定结果迅速,灵敏度和特异性高,检测成本低。PCR 技术采用 DNA 扩增和自动化程序对特定的致病菌进行检测,已经成功地对沙门氏菌、大肠杆菌 O157:H7、单核增生李斯特氏菌等致病菌进行



了有效测定。

实时定量 PCR (Real-time Quantitative Polymerase Chain Reaction, RQ-PCR) 技术是从传统 PCR 技术发展而来的新技术,其基本原理相同,但定量技术原理不同,是在 PCR 反应体系中加入荧光基团,利用荧光信号的积累实时监测整个 PCR 进程,通过标准曲线对未知模板进行定量分析的方法。这种方法既保持了 PCR 技术灵敏、快速的特点,又克服了以往 PCR 技术中存在的假阳性污染和不能进行准确定量的缺点。另外,还有重复性好、省力、费用低等优点,对定量检测细菌、病毒、衣原体、支原体等均有良好的检测效果。

(三) 免疫学快速检测技术

1. 荧光抗体检测技术 (IFA)

用以快速检测细菌的荧光抗体技术主要有直接法和间接法。直接荧光抗体检测法是在检样上直接滴加已知特异性荧光标记的抗血清,经洗涤后在荧光显微镜下观察结果。间接法是在检样上滴加已知细菌特异性抗血清,待作用后经洗涤,再加入荧光标记的抗体后在荧光显微镜下观察结果。此技术可用于沙门氏菌、炭疽杆菌检测等。IFA 方法简便、快速、经济,但有时受到样本中非特异性荧光的干扰,影响结果的判定,并且需要昂贵的荧光显微镜。

2. 免疫酶技术 (EIA)

免疫酶技术是将抗原、抗体特异性反应和酶的高效催化作用原理有机结合的一种新颖、实用的免疫学分析技术。它通过共价结合将酶与抗原或抗体结合,形成酶标抗原或抗体,或通过免疫方法使酶与抗酶抗体结合,形成酶抗体复合物。这些酶标抗体(抗原)或酶抗体复合物仍保持免疫学活性和酶活性,可以与相应的抗原(抗体)结合,形成酶标记的抗原-抗体复合物。在遇到相应的底物时,这些酶可催化底物反应,从而生成可溶或不溶的有色产物或发光产物,可用仪器进行定性或定量。常用的酶技术分为固相免疫酶测定技术、免疫酶定位技术、免疫酶沉淀技术。固相免疫酶测定技术分为限量抗原底物酶法、酶联免疫吸附试验 (ELISA)。酶联免疫吸附试验又分为间接法、竞争法、双抗体夹心法、酶-抗酶复合物法、生物素-亲和素系统。在病原菌和真菌毒素检测中,应用较多的是竞争法、双抗体夹心法。

第二节 食品中的微生物

一、食品中常见的微生物

(一) 食品中常见细菌

1. 革兰氏阴性菌

(1) 假单胞菌属 (*Pseudomonas*)

革兰氏阴性需氧菌,无芽孢,端生鞭毛,能运动或不运动,有些菌能产生水溶性萤光色素。化能有机营养型,自然界中分布广泛,某些菌株有强烈分解脂肪和蛋白质的能力,污染食品后能在食品表面迅速生长引起变质,影响食品气味,如荧光假单胞菌 (*P. fluorescens*) 能在低温下生长,使肉类腐败;生黑腐假单胞菌 (*P. nigrificiens*) 能在动物性食品上产生黑色素;菠萝软腐假单胞菌 (*P. ananas*) 使菠萝腐烂。

(2) 醋酸杆菌属 (*Acetobacter*)

杆菌。幼龄菌为革兰氏阴性,老龄菌常为革兰氏阳性,无芽孢,需氧性,周生鞭毛,能运动或不运动。有较强的氧化能力,能将酒精氧化为醋酸,可用于制醋,但能引起果蔬和酒类的败坏。如纹膜醋酸菌(*Acetobacter aceti*),一般粮食发酵、果蔬腐败、酒类及果汁变酸等都有本菌参与,胶醋酸杆菌(*Acetobacter xylinum*)能产生大量黏液而对醋的生产不利。

(3) 无色杆菌属 (*Achromobacter*)

革兰氏阴性菌,有鞭毛,能运动。多数能分解葡萄糖及其他糖类,产酸不产气,能使禽肉和海产品变质发黏,分布于水和土壤中。

(4) 产碱杆菌属 (*Alcaligenes*)

革兰氏阴性菌,不能分解糖类产酸,能产生灰黄、棕黄和黄色的色素,引起乳品及其他动物性食品发黏变质,能在培养基上产碱。广泛分布于水、土壤、饲料和人畜的肠道中。

(5) 黄色杆菌属 (*Flavobacterium*)

革兰氏阴性菌,有鞭毛,能运动,对碳水化合物作用弱,能产生多种脂溶性而难溶于水的色素,如黄、橙、红等颜色。能在低温中生长,能引起乳、禽、鱼、蛋等食物的腐败变质。广泛分布于海水、淡水、土壤、鱼类、蔬菜和牛奶中。

(6) 埃希氏杆菌属 (*Escherichia*) 和肠杆菌属 (*Enterobacter*)

革兰氏阴性菌,前者又叫大肠杆菌属,短杆、单生或成对排列,周生鞭毛,能分解乳糖、葡萄糖产酸产气,能利用醋酸盐,不利用柠檬酸盐。大量存在于人和牲畜的肠道内,也分布于水和土壤中。在食品检验中,一旦发现了大肠杆菌,就意味着这种食品直接或间接地被粪便污染。也是食品中常见腐败菌,使乳及乳制品腐败。肠杆菌属与前者相似,但其中有些是低温菌,能在0~4℃繁殖,造成包装食品在冷藏过程中腐败变质。

(7) 沙门氏菌属 (*Salmonella*) 和志贺氏菌属 (*Shigella*)

都是革兰氏阴性杆菌,前者周生鞭毛,形态类似于大肠杆菌,但不发酵乳糖,可利用柠檬酸盐,后者不生鞭毛,它们都是重要的肠道致病菌,常污染蛋、乳和其他食品,误食污染后的食品会引起食物中毒或痢疾。

(8) 变形杆菌属 (*Proteus*)

周生鞭毛,能运动,菌体常不规则,呈现多形性,对蛋白质有很强的分解能力,是食品的腐败菌,并能引起人类食物中毒。广泛存在于人及动物的肠道、土壤、水域和食品中。

2. 革兰氏阳性菌

(1) 乳酸杆菌属 (*Lactobacillus*)

不运动,菌体杆状,常呈链状排列,常发现于牛奶和植物性食品的产品之中,如干酪乳杆菌、保加利亚杆菌、嗜酸乳杆菌,这些菌常用来作为干酪、酸乳等乳制品的发酵剂。

(2) 链球菌属 (*Streptococcus*)

球菌,呈短链或长链状排列,其中有些是人畜的病原菌,如引起牛乳房炎的无乳链球菌和引起人类咽喉炎的溶血性链球菌;有些菌种能引起食品变质,如粪链球菌、液化链球菌;有些菌种用于制造发酵食品,例如乳链球菌、乳酪链球菌,是用于乳制品发酵的菌种。

(3) 明串珠菌属 (*Leuconostoc*)

球状,成对或链状排列,能在高浓度盐和糖的食品中生长,引起糖浆、冰淇淋配料等酸败,常存在于水果、蔬菜之中。如蚀橙明串珠菌和戊糖明串珠菌可作为乳制品的发酵剂,戊糖明串



珠菌及肠膜明串珠菌产生的右旋糖酐可用于制造代血浆。

(4) 芽孢杆菌属 (*Bacillus*)

需氧菌,产生芽孢,该属中的炭疽杆菌是毒性很强的病原菌,其他的一些菌都是食品中常见的腐败菌,广泛分布于自然界中(土壤及空气中更为常见)。

(5) 梭状芽孢菌属 (*Clostridium*)

厌气或微需氧芽孢菌,能产生芽孢,肉毒杆菌是毒性极大的病原菌,嗜热解糖梭状芽孢菌 (*Clostridium thomosaccharolyticum*) 是分解糖类的专性厌氧芽孢菌,常引起蔬菜类罐头产气变质,腐败梭菌 (*Clostridium putrefaciens*) 等能引起蛋白性食品变质,广泛生存于土壤、水体、动物和排泄物中。

(6) 微球菌属 (*Micrococcus*) 和葡萄球菌属 (*Staphylococcus*)

需氧性菌或兼性厌氧菌,在自然界分布广泛,如空气、水体、不洁净的容器、工具、人及动物的体表都能存在。某些菌种能产生色素,如黄色小球菌产生黄色,玫瑰色小球菌产生粉红色。这些菌的生长使食品变质,并具有较高耐热性和耐盐性,有些菌种也能在低温下生长引起冷藏食品败坏,金黄色葡萄球菌能产生肠毒素引起食物中毒。

(二) 食品中常见酵母

1. 酵母菌属 (*Saccharomyces*)

细胞圆形、卵圆形,常形成假菌丝,通常进行出芽及多极出芽繁殖,有性繁殖能产生 1~4 个子囊孢子。能发酵葡萄糖、蔗糖、半乳糖和棉子糖等多种糖类,产生乙醇及二氧化碳,但不发酵乳糖,可用于酿酒及面包发酵等。但也可引起果蔬、果酱等发酵变质,并能在酱油表面成白色皮膜。如鲁氏酵母 (*Saccharomyces rouxii*)、蜂蜜酵母 (*Saccharomyces mellis*) 和啤酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)。

2. 毕氏酵母属 (*Pichia*)

细胞圆筒形,可形成假菌丝,子囊孢子为球形或帽形,子囊内的子囊孢子数为 1~4 个,分解糖的能力弱,不产生酒精,能氧化酒精,能耐高温浓度酒精,常使酒类和酱油变质,并形成浮膜,例如:粉状毕氏酵母 (*Pichia farinosa*)。

3. 汉逊氏酵母属 (*Hansenula*)

细胞球形、卵形、圆柱形,常形成假菌丝,子囊孢子 1~4 个,孢子形状为帽形或球形,在液体中可形成浮膜。对糖有很强的发酵作用,主要产物是酯类而不是酒精,常危害酒类和饮料,例如:异常汉逊氏酵母 (*Hansenula anomala*)。

4. 假丝酵母属 (*Candida*)

细胞球形或圆筒形,有时连成假丝状,借多端出芽或分裂繁殖。在液体表面常形成浮膜,对糖分解作用强,有些菌种能氧化有机酸,如浮膜假丝酵母 (*Candida mycoderma*)。

5. 红酵母属 (*Rhodotorula*)

细胞球形、卵圆、圆筒形,借多端出芽繁殖,菌落特别黏稠,能产生赤色、橙色和灰黄色等色素,该属都具有积聚大量脂肪的能力,细胞内含脂量可高达 60%,但蛋白质含量低于其他酵母。在食品上生长可形成赤色斑点,如黏红酵母 (*Rhodotorula glutinis*)、胶红酵母 (*Rhodotorula mucilaginoso*)。